

**MODELIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL ACEBO (*ILEX AQUIFOLIUM* L.)
EN LAS ACEBEDAS DEL SISTEMA IBÉRICO NORTE:
CRECIMIENTO Y BIOMASA**

GARCÍA, D.¹; SAN MARTÍN, R.².

¹ Dpto. de Investigación Forestal de Valonsadero. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. Apartado 175. Soria.

² Dpto. de Estadística e Investigación Operativa. E.T.S. de Ingenierías Agrarias, Palencia. Universidad de Valladolid C/ Avda. de Madrid 57 Palencia 34071.

RESUMEN

Este estudio se ubica en el Acebal de Garagüeta, Monte de Utilidad Pública nº 110 situado en los municipios de Arévalo y Torrearévalo de la Sierra (Soria). Su objetivo es la modelización del crecimiento y biomasa del acebo definiendo sus pautas de comportamiento en diferentes densidades de la masa.

P.C.: *Ilex aquifolium*, acebo, modelo de crecimiento, producción, biomasa.

SUMMARY

This study focuses its aims on the holly wood of Garagüeta (municipal forest number 110), located in the municipalities of Torrearévalo y Arévalo de la Sierra (Soria). Its main goal is modelling the biomass and growth, in order to predict the growth patterns in several stand densities.

K.W.: *Ilex aquifolium*, holly, growth model, yield, biomass.

INTRODUCCIÓN.

En el Sistema Ibérico Norte se encuentran algunas de las más importantes acebedas de la Península Ibérica. Su núcleo principal está situado al norte de la provincia de Soria, entre el puerto de Piqueras y la Sierra del Rodadero (al este del puerto de Oncala), ocupando las Sierras de Cebollera, Montes Claros, Rodadero, Tabanera, y el Valle del Alto Tera.

En estas masas tradicionalmente desde hace siglos, se ha venido cortando y podando el acebo (*Ilex aquifolium* L.) para su aprovechamiento, bien para leña, o bien para alimentar al ganado. A partir de los años 50 se comienzan a corta ramillas de acebo para su venta con fines ornamentales en Navidad.

El acebo es desde hace unos años una especie protegida en casi la totalidad del territorio español, protección surgida como reacción a los aprovechamientos abusivos aparecidos a consecuencia de la moda de adornar en Navidad con sus ramillas con frutos. Desde 1984 está protegido en Castilla y León, en el decreto 341/1991, de 28 de Noviembre se establece el régimen de protección del acebo (*Ilex aquifolium*) en el territorio de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, y se manifiesta la necesidad de realizar los estudios y trabajos oportunos para la conservación y mejora de las acebedas. La ordenación de las principales acebedas de esta región fue aprobada en febrero de 1996 regulándose en ella sus aprovechamientos. Actualmente en Castilla y León está prohibida su comercialización, excepto en origen, aunque existe la voluntad política y la iniciativa de cambiar la normativa permitiéndose la comercialización del acebo procedente de los aprovechamientos de masas ordenadas a este fin.

Por todo ello, y ante el abandono de sus usos tradicionales y el deterioro progresivo de estas masas forestales, la Junta de Castilla y León, a través del Departamento de Investigación Forestal de Valonsadero, abordó la realización de una serie de estudios con el objetivo primordial de conservar estas masas, de origen claramente antropozoogeno, aprovechándolas.

Con este trabajo se trata de realizar modelos sencillos y prácticos que permitan cuantificar los aprovechamientos, garantizando su persistencia a través de un aprovechamiento sostenible integral.

Estas masas están compuestas por tres zonas de vegetación claramente diferenciadas: una zona de pastos, sin vegetación arbórea y con algo de matorral, principalmente de rosáceas y leguminosas en las vaguadas y zonas más húmedas; otra zona que podríamos definir como una dehesa de acebo con abundante matorral entre ellos; y finalmente una masa pura de acebo con espesura completa, más o menos extensa y continua, según la superficie de la acebeda.

MATERIAL Y METODOS.

Se han utilizado un total de 353 árboles de acebo seleccionados a lo largo de toda la acebeda de Garagüeta, de los cuales 241 pertenecían a la zona adhesada y 112 a la zona densa, y 32 cepas de acebo de la zona adhesada con crecimiento libre sin competencia lateral. La selección de la muestra y la descripción de estructura de la masa puede consultarse en GARCÍA¹ (2001).

De los árboles una vez medidos y apeados, se separaron las distintas fracciones de la biomasa que fueron pesadas en fresco y se obtuvieron secciones transversales cada metro desde la base, a 1,3 m y a 2/3 de su altura, y las muestras de biomasa para su posterior secado.

El fraccionamiento del árbol realizado según las distintas componentes de la biomasa fue el siguiente:

- Leña gruesa: Fuste y ramas gruesas de diámetro con corteza mayor de 7 cm.
- Leña fina: Toda la leña con diámetro entre 7 y 2,5 cm (incluido el rabeón del fuste entre los 7 y los 2,5 cm de diámetro).
- Chasca: Toda la leña de diámetro inferior a 2,5 cm (incluidas las hojas y el extremo superior del fuste, con menos de 2,5 cm de diámetro).

Se estudio también la biomasa de hojas, principal localización fotosintética que una planta posee, y que es un parámetro interesante a la hora de estudiar el vigor de los árboles. En una segunda fase, de la chasca se separaron las ramillas, hojas y frutos. Para ello se utilizaron un total de 114 muestras (64 de la zona adhesada y 50 de la zona densa) que comprendían entre 1 y 2 kg de peso en verde.

En el análisis de troncos se midieron los crecimientos radiales anuales del acebo en el radio mayor corrigiéndose posteriormente los crecimientos medidos proporcionalmente al cociente entre el radio medio de la sección transversal considerada y el radio medido.

Para la medición de los anillos de crecimiento se utilizaron dos técnicas diferentes. Las rodajas obtenidas de los pies de la zona adhesada fueron medidas mediante un medidor automático WINDENDROTM con un escáner de 2.000 ppi de resolución (REGENT INSTRUMENT Inc., 1997), mientras que las secciones transversales de las zonas densas, por sus menores crecimientos, se midieron con un medidor semiautomático con lupa óptica, registrándose automáticamente las medidas con el programa informático T.S.A.P. (Time Series Analysis and Presentation). Las medidas se tomaron con 10⁻² mm de precisión.

El ajuste de las funciones de crecimiento, tanto en altura como diametral, de los pies de acebo se han realizado independientemente para cada uno de los 4 estratos definidos según la densidad de la masa en la zona densa y la zona adhesada por separado. Mientras que las funciones de estimación de la biomasa se han ajustado para los estratos 2, 3 y 4 de la zona densa conjuntamente al no encontrarse diferencias significativas en la cantidad y composición de la biomasa entre ellos (GARCÍA², 2001). En la tabla 4 pueden verse las características de cada uno de los estratos de la zona densa.

Para la modelización del crecimiento, tanto en altura como en diámetro, se ha utilizado la función de Richards con tres parámetros. El ajuste se ha realizado mediante regresión no lineal con el método de Mardquart. Se han utilizado diversas metodologías para estos ajustes seleccionándose finalmente la que, siendo matemática y estadísticamente correcta, presentase un mejor ajuste y una interpretación biológica coherente.

Se ha modelizado la biomasa total, la leña fina, la leña gruesa y las hojas para todas las zonas definidas, y además en la zona adhesada se ha modelizado también la chasca. Las variables utilizadas en los modelos ensayados fueron la altura total y el diámetro normal de los pies de acebo, y el diámetro de copa, su perímetro y la altura total para las cepas de la zona adhesada. Se ensayaron modelos con ecuaciones alométricas, polinómicas y exponenciales de estas variables, sus productos y potencias, todos ellos lineales o linealizables. El ajuste de las funciones se ha

realizado por regresión lineal. Para el ajuste de estas funciones fue necesaria realizar una transformación logarítmica para cumplir las hipótesis de normalidad, independencia, media cero y varianza constante de los residuos.

La selección de los mejores modelos se ha efectuado siguiendo los criterios de los mínimos cuadrados medios residuales y la adecuada distribución de los residuos. A igualdad de ambos, se han aceptado los modelos con menor número de parámetros, las expresiones más sencillas y las de mayor significado biológico.

Se ha utilizado la metodología desarrollada por CUNIA (1979) para retransformar a unidades aritméticas las variables logarítmicas de las ecuaciones seleccionadas que se elaboran con fines productivos.

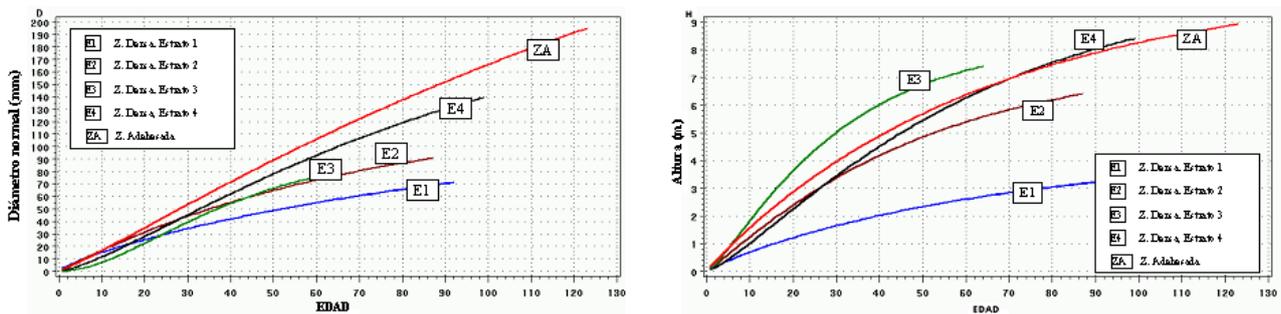
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Dada la amplitud de este trabajo en este artículo solo se presentarán los modelos seleccionados, su precisión, su ámbito de aplicación y se discutirán brevemente sus implicaciones biológicas más importantes.

Modelos Crecimiento

Diámetro y altura de los troncos de acebo

En la figura siguiente se puede observar la representación gráfica de las funciones ajustadas al diámetro de los troncos de acebo para cada zona de la acebeda (Figuras 1 y 2).



Figuras 1 y 2. Representación gráfica de las curvas ajustadas a la altura (m) y el diámetro (mm) de los troncos de acebo de las cepas de la zona adhesada y de cada uno de los estratos de la zona densa

Al observar las curvas ajustadas para el diámetro (Figura 1) se aprecia que estas se cruzan entre sí en las primeras edades, aunque los diámetros de todas las zonas son muy similares. En los estratos más densos, estratos 1 y 2, los modelos no presentan punto de inflexión, su crecimiento anual máximo aparece en el primer año de vida. Posteriormente su tasa de crecimiento decrece muy rápidamente, probablemente debido a la competencia, y a partir de edades tempranas, aproximadamente 15 años, ya empiezan a ser mayores los diámetros de los troncos en masas de menor densidad.

La tendencia del crecimiento diametral en la zona adhesada y los estratos 3 y 4 es muy parecida. Estas tres zonas presentan una evolución similar de la tasa de crecimiento anual en diámetro, y sus puntos de inflexión se presentan a edades similares, entorno a los 20-25 años de edad.

El diámetro de los troncos de la zona adhesada presentan valores superiores al resto de las zonas en todas las edades, excepto para el estrato 1 de la zona densa en los primeros 8 años de edad. Además los troncos de acebo a los 120 años de edad aún mantienen una tasa de crecimiento anual elevada, no presentando aun un crecimiento asintótico.

En las curvas de crecimiento ajustadas para la altura llama la atención que el modelo ajustado para el estrato 4 no sigue las mismas pautas de crecimiento que el resto, y aunque la altura predicha para sus troncos es siempre mayor que la del estrato 1, no ocurre lo mismo con los otros dos estratos, no superando en altura al estrato 2 a los 25 años de edad y al estrato 3 hasta los 75 (Figura 2).

Para dar una explicación a la posición relativa de estos modelos hay que reflexionar sobre los efectos de signo contrario que la densidad puede producir en el crecimiento en altura de las masas monoespecíficas. Por un lado la densidad elevada de las masas supone una competencia por los nutrientes y el agua que reduce la potencialidad de crecimiento de los árboles que la forman, y por otro se produce una competencia por la luz que estimula este crecimiento en masas de densidades mayores.

En los estratos 1 y 2 de la zona densa de la acebeda la competencia por los nutrientes y el agua es tan grande que anula e invierte el efecto estimulante del crecimiento en altura de la competencia por la luz. Sin embargo, en el estrato 3 no se produce esta limitación del crecimiento por los nutrientes y el crecimiento en altura se ve fuertemente estimulado en las primeras edades por la competencia por la luz. Mientras que en el estrato 4 y en la zona adhesada el crecimiento en altura de los árboles jóvenes es menor que en el anterior estrato ya que este estimulo por alcanzar la altura del dosel no existe. En la madurez la altura de los acebos del estrato 4 sigue siendo superior a la de la zona adhesada, probablemente debido al efecto de la fertilización que el ganado hace en amplias zonas del estrato 4 al utilizar los bosquetes de menor densidad de la zona densa de la acebeda como refugio o sesti.

En el crecimiento en altura la tasa de crecimiento máximo se produce en los primeros años de vida del árbol. Las curvas ajustadas al estrato 1 y a la zona adhesada no presentan punto de inflexión, y los estratos 2, 3 y 4 tienen sus puntos de inflexión a los 5, 7 y 15 años respectivamente. En todos los casos esta aparece antes que en el crecimiento diametral. También, el decaimiento del ritmo de crecimiento se produce antes en el crecimiento diametral que en la altura, como era de esperar.

A diferencia de lo que ocurría para el diámetro, los valores predichos para la altura de los troncos de acebo en los estratos 2 y 3 presentan valores significativamente diferentes para todas las edades.

Dentro de las edades de los troncos presentes en estas cepas, sin competencia lateral, de la zona adhesada de las acebedas según las predicciones de altura del modelo ajustado no se ha producido aún el decaimiento del crecimiento en altura. Es posible, por tanto, que este hecho no se produzca hasta que la competencia entre los troncos de cepas colindantes limite el crecimiento de los mismos.

En la tabla siguiente se adjuntan las ecuaciones de las curvas ajustadas y el error cuadrático medio de cada modelo.

Zona de Aplicación	Altura (m)		Diámetro normal (cm)	
	Modelo	ECM	Modelo	ECM
Zona Densa. Estrato 1	$h = 4.4089 \cdot (1 - e^{-0.0136t})^{1/1.047}$	0.63	$d = 9.99484 \cdot (1 - e^{-0.0357t})^{1/0.4489}$	0.21
Zona Densa. Estrato 2	$h = 7.7092 \cdot (1 - e^{-0.0215t})^{1/0.8963}$	0.49	$d = 12.84201 \cdot (1 - e^{-0.0142t})^{1/0.9873}$	0.17
Zona Densa.				

individual y de cepa, que permiten la estimación de la producción de los principales aprovechamientos de las acebedas del Sistema Ibérico Norte , a partir de un inventario forestal sencillo de la masa.

BIBLIOGRAFÍA

GARCÍA GONZÁLEZ, D.¹, (2001). *Estructura de las masas puras de acebo (illex aquifolium L.) en el Sistema Ibérico Norte*. III Congreso Forestal Español. Granada.

GARCÍA GONZÁLEZ, D.; SAN MARTÍN, R. ², (2001). *Estudio del crecimiento y biomasa del acebo en las masas de espesura trabada en la acebeda de Garagüeta (Soria)*. III Congreso Forestal Español. Granada.

CUNIA, T. (1979) *On sampling trees for biomass tables construction: some statistical comments*. For. Res. Inven. Workshop Proceedings. Vol. 2. Colorado.