

EL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (LAI) EN MASAS DE ABEDUL (*BETULA CELTIBERICA* ROTHM. ET VASC.) EN GALICIA

Mónica Calvo Polanco, Francisco Javier Silva-Pando, M^a José Rozados Lorenzo, Marta Díaz Blanco, Patricia Rodríguez Dorriba e Ivonne Duo Suárez

Departamento de Ecología. CIFA de Lourizán. D.X. de Desenvolvemento Sostible. C.M.A. Xunta de Galicia. Apartado 127. 36080-PONTEVEDRA (España). Correo electrónico: jsilva.cifal@siam-cma.org

Resumen

El índice de área foliar (LAI) es un parámetro escasamente estudiado en las masas forestales españolas. En masas naturales y repoblaciones de abedul (*Betula celtiberica* Rothm. et Vasc.) de un amplio rango de edades, densidades y estaciones, localizados en Galicia se ha medido el LAI con un analizador de dosel arbóreo Li-Cor LAI 2000. Los resultados obtenidos muestran valores entre 0,5 y 4,7, con un valor medio de 2,6, siendo éste equiparable al de otras especies de abedul en Europa y América. No se han detectado correlaciones significativas del LAI con los parámetros de masa (densidad, diámetro, área basimétrica, calidad de estación, biomasa o regeneración), aunque sí se ha encontrado que los mayores valores de LAI se corresponden con un área basimétrica mayor y una menor regeneración. Se ha observado una correlación mayor con los tipos de masa (monte alto y monte bajo). La gestión selvícola y el carácter intolerante del abedul pueden explicar las bajas correlaciones observadas.

Palabras clave: *Analizador dosel arbóreo, Li-Cor LAI-2000, Parámetros dasocráticos, Arbolado, Atlántico*

INTRODUCCIÓN

La estructura de las masas es la distribución espacial y temporal de los árboles en la masa (OLIVER & LARSON, 1990). CAMPBELL & NORMAN (1989) definen la estructura del dosel de plantas como la distribución espacial de los órganos vivos de las plantas en una comunidad vegetal. Las hojas y demás órganos fotosintetizadores de las plantas sirven como colectores solares y como intercambiadores de gases y su distribución influye en la interceptación, dispersión y emisión de radiación, así como en otros procesos, como la transpiración, elongación celular, crecimiento, fotomorfogénesis y compe-

tencia específica microclimática (CAMPBELL & NORMAN, 1989; VICENTE Y LEGAZ, 1984, etc.).

El índice de área foliar (LAI) representa la proyección sobre el plano del suelo del área foliar, el área del conjunto de las hojas por unidad de suelo (VICENTE Y LEGAZ, 1984), considerando la superficie de una cara en el caso de hojas planifolias. El LAI representa la principal superficie de intercambio entre la copa y la atmósfera (LE DANTEC et al., 2000), siendo su valor la propiedad estructural de la copa que determina la interceptación de la radiación.

Una estimación precisa del LAI es fundamental para comprender el funcionamiento de los procesos de los ecosistemas, incluyendo la

interceptación de lluvia y CO₂ y los flujos de vapor de agua, así como la cuantificación de la productividad de los ecosistemas. PERRY (1994) indica que los valores máximos de LAI para bosques caducifolios templados están entre 7 y 10.

El cálculo de LAI por métodos directos requiere tiempo y medidas tediosas, por lo que el desarrollo de otros métodos indirectos (fotografía hemisférica, línea de sensores de PAR, ceptómetro de pulsos de radiación, transmitancia del espectro por la copa y el analizador de dosel arbóreo) (DUFRENE & BREDA, 1995; COMEAU et al., 1998) se ha buscado como una alternativa a los primeros, siendo normalmente sencillos y requiriendo poco tiempo. Entre los anteriores, el analizador de dosel arbóreo Li-Cor LAI-2000 se basa en sensores de luz que comparan la radiación del interior de la masa con la exterior y suministran en unos minutos el valor buscado (BREDA et al., 2002).

El abedul (*Betula celtibérica* Rothm. et Vasc.) es una especie muy común en el Noroeste de la Península Ibérica, formando masas puras o mezcladas con otras caducifolias o en repoblaciones de coníferas.

De acuerdo a la bibliografía consultada hay pocas referencias de LAI para las especies arbóreas españolas, destacando entre los autores extranjeros los valores indicados por COMEAU et al. (1998, 1999) para *Betula papyrifera* Marsh y JOHANSSON (1989) para *Betula alba* L., no existiendo ningún trabajo para la especie en España.

El objetivo de la presente comunicación es conocer la relación entre el LAI y los parámetros dasocráticos de masa de abedul (*Betula celtibérica* Rothm. & Vasc.), utilizando un analizador portátil de dosel arbóreo Li-Cor LAI-2000

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio abarca Galicia, donde el abedul presenta una abundancia notable, preferentemente por encima de los 300-400 m de altitud. El terreno es ondulado, con sustratos ácidos (granito, esquistos, pizarras) que producen suelos de tipo ranker, cambisoles y regosoles. El clima es atlántico, con temperaturas medias entre 3 a 14°C y precipitaciones anuales altas (1400 a 2500 mm. año⁻¹). Las parcelas se sitúan

normalmente sobre terrenos de escasa o nula pendiente, que en muchos casos sufren periodos más o menos largos de encharcamiento.

Se han muestreado 71 masas entre 300 y 1500 m de altitud, todas monoespecíficas, de entre 20 y 40 años, predominando las masas de monte medio sobre las de monte alto o bajo. Predominan las masas derivadas de regeneración natural, habiéndose muestreado algunas repoblaciones.

En todas las parcelas se ha medido el diámetro a la altura del pecho-DAP (1,30 m), altura, número de pies, regeneración y biomasa. La edad se midió por conteo de anillos, pero no se pudo realizar en todas las parcelas, mientras la calidad de estación se calculó a partir de GRANDAS (2001). La mayoría de las parcelas tienen una pendiente nula.

El LAI se ha medido con un analizador portátil de dosel arbóreo Li-Cor LAI-2000 (PCA). En todos los casos se ha mantenido el sensor en posición horizontal, siempre en la misma dirección. Las medidas se realizaron en los años 2001 y 2002, usando una visera de 45°. En cada localidad se realizó un muestreo en 3 subparcelas de 10 m x 10 m y se muestrearon 3 puntos bajo cubierta y uno exterior por subparcela.

Los valores obtenidos por este método indirecto (PCA) corresponden al índice de área de planta (PAI) que engloba el conjunto de componentes aéreos de la planta, y se puede descomponer en dos fracciones, el LAI y el índice de área leñosa o no foliar (WAI), de forma que PAI = LAI + NLAI (DUFRENE & BRÉDA, 1995); estos autores señalan que en la estima del PAI con el PCA, los valores que se obtienen son similares a los de LAI obtenidos por medida de la hojarasca caída, aunque CUTINI et al. (1998) indica que si se omite la lectura del anillo externo (68° de ángulo zenital), se obtiene una estima un 11% menor que el valor medido por el método de la hojarasca. Para la discusión asimilaremos el PAI obtenido con nuestro aparato al LAI de la masa.

RESULTADOS

Las parcelas estudiadas cubren las distintas condiciones de desarrollo de la especie en Galicia, caracterizada por la gran influencia

antrópica, ya que comparte un área considerable de su hábitat con zonas agrícolas. Algunas masas se originan a partir del abandono de terrenos agrícolas o en áreas afectadas por incendios, donde el abedul se regenera fácilmente; otras masas, que se han dedicado a la extracción de leñas, están constituidas por gran número de pies procedentes de cepa y algunas de las parcelas son repoblaciones. En general, presentan marcadas diferencias en los parámetros de densidad y estructurales, lo que va a incidir en el régimen lumínico dentro de la masa.

En la tabla 1 se presentan los valores de los diferentes parámetros medidos. Se obtiene un valor medio de LAI de 2,67, con la mayoría de los valores entre 1,5 y 4,5, dentro del rango inferior para especies caducifolias, incluso si tenemos en cuenta el valor máximo medido, 4,66.

Al estudiar las relaciones entre el LAI y los diferentes parámetros estructurales no se encuentran correlaciones significativas, aunque se pueden apreciar algunas tendencias. En la figura 2 se presentan la relación del LAI con la regeneración y la biomasa, mostrando correlaciones muy bajas con la regeneración y la biomasa del sotobosque. Se observa que hay una tendencia a la disminución de la regeneración al

augmentar el LAI, debido a la menor cantidad de luz que alcanza el sotobosque, ya que el abedul es una especie intolerante a la sombra.

Sin embargo, se obtienen mayores correlaciones mayores entre la densidad arbórea y el LAI en varias comarcas donde se tomaron los datos, con valores de R^2 hasta de 0,4934 (Baleira, LU) y 0,2448 (Villalba, LU), lo que puede indicar una sectorización espacial de la diversidad. El error que introduce la variabilidad existente entre las distintas localidades se hace evidente cuando se estudian correlaciones entre el LAI y densidad en áreas geográficas más restringidas, ya que en el conjunto de todos los datos no se han encontrado correlaciones significativas (Figura 2).

La regeneración es predominantemente de roble (*Quercus robur* L.), especie más resistente a la sombra que el abedul, y la de abedul es, en su mayoría, de cepa con una vida muy corta a la sombra.

Al agrupar los datos en función del tipo de masa, se observa que en los abedulares que constituyen monte alto la correlación del LAI con la edad y con el área basimétrica presenta un $R^2 = 0'2667$ y $0'2517$ respectivamente (Figura

	N	DAP	G	Hmed.	H0	Regeneración	Edad	Biomasa	LAI
	pies.ha ⁻¹	cm	m ² .h ⁻¹	m	m	pies.ha ⁻¹	años	gr.m ⁻²	m ² .m ⁻²
Media	2373	13,35	33,08	14,44	17,80	12210	36	86	2,67
DesvSt	1057	3,74	11,49	2,88	3,81	10108	12	43	0,81
Mediana	2217	13,30	31,19	14,49	17,72	10002	34	74	2,67
Max	5867	23,98	66,08	21,91	28,30	50000	66	202	4,66
Min	929	7,74	9,94	2,24	3,01	1429	10	21	0,51

Tabla 1. Estadísticos básicos de las parcelas estudiadas (n = 71). Parámetros: N = densidad; DAP = diámetro a la altura del pecho; G = área basimétrica; Hmed. = altura media; H0 = altura dominante

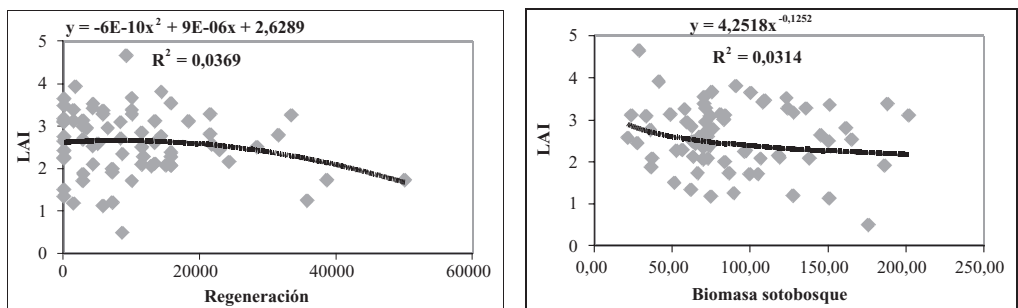


Figura 1. Relación entre el LAI y la regeneración (izquierda) y biomasa (derecha) del sotobosque

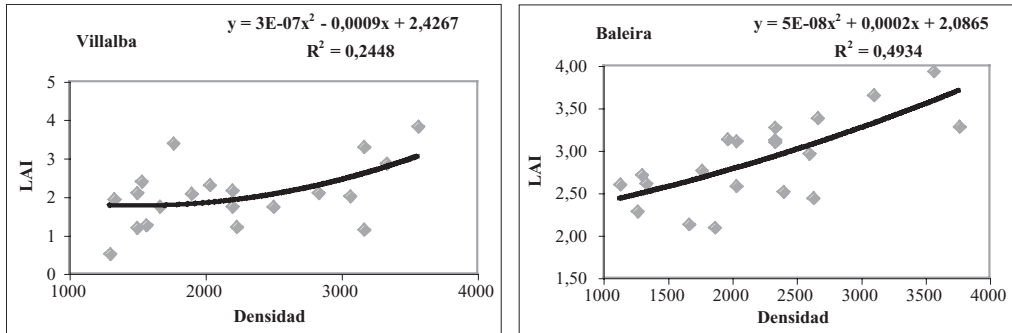


Figura 2. Relación entre la densidad arbórea (pies.ha⁻¹) y LAI en dos áreas de la provincia de Lugo.

3), siendo esta tendencia lineal en la relación con el área basimétrica.

La relación del LAI con la calidad de estación es similar en monte alto y monte bajo con R² = 0'2764 y 0'2946, respectivamente (Figura 4), presentando una tendencia lineal en las parcelas de monte bajo.

DISCUSIÓN

La acción antrópica ejerce una notable influencia en los abedulares, debido a la práctica de pequeñas cortas y al pastoreo (aspecto no presentado en este trabajo), lo que puede explicar la ausencia de correlación entre el LAI y los parámetros de masa.

Los valores encontrados para *Betula papyrifera* por COMEAU et al. (1998 y 1999) oscilan entre 0'853 y 2'060, ligeramente menores a los obtenidos en este estudio. JOHANSSON (1989) obtiene para *Betula pubescens* valores mayores

a los citados, pero corresponden a plantaciones jóvenes de alta densidad. Con relación a otras frondosas en zonas alejadas de Galicia, las masas de abedul gallegas presentan valores ligeramente inferiores (PERRY, 1994; BREDA et al., 2002), probablemente por corresponder a una especie de carácter intolerante a la sombra.

La ausencia de correlación entre el LAI y los parámetros de masa ha sido señalada por BREDA et al. (2002), tanto para frondosas como para coníferas. Estos autores encuentran una fuerte dispersión para cada grupo de especies y que el área basimétrica es el parámetro estructural con una correlación mayor con el LAI (>0,4), mientras que en nuestro caso no existe correlación. El LAI tiende a disminuir al hacerlo el número de pies y el diámetro (DAP). La relación existente entre G o DAP con el LAI puede ser interpretada en términos de balance de carbono puesto que el crecimiento del tronco es el resultado de la fotosíntesis, que, a su vez depende del LAI (LE DANTEC et al., 2000). Por otro lado, múltiples

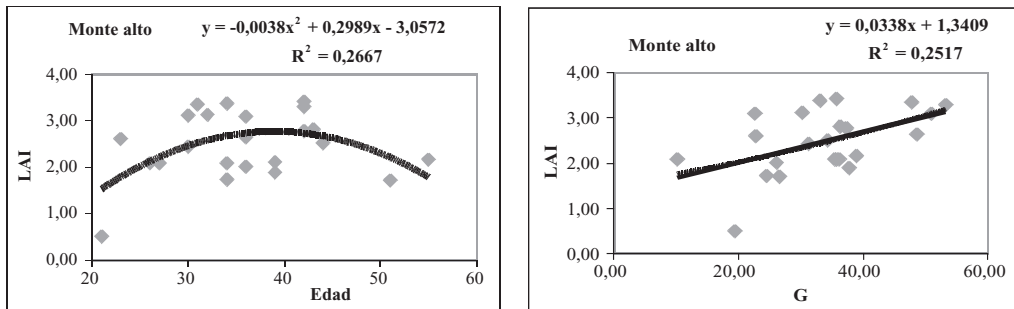


Figura 3. Relación entre el LAI y la edad (izquierda) y el área basimétrica (derecha) en abedulares de monte alto.

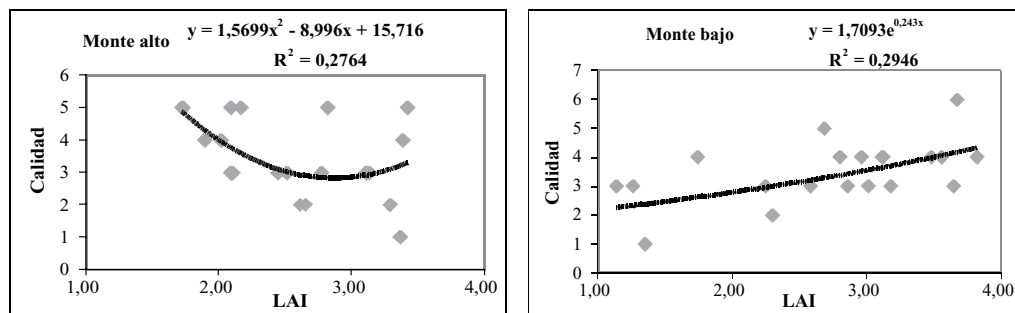


Figura 4. Relación entre la calidad de estación y LAI según el tipo de masa, monte alto (izquierda) y monte bajo (derecha)

autores (cf. JACK & LONG, 1991) consideran que el LAI permanece constante y es independiente de la densidad, lo que permitiría explicar parcialmente las bajas correlaciones encontradas.

JACK & LONG (1991) indican que la diferencia fundamental entre LAI y N puede estar en la respuesta diferencial del área foliar del árbol individual a la densidad y que esta está asociada a la tolerancia a la sombra, siendo menor la correlación en especies intolerantes que en las tolerantes. También el tipo de masa puede jugar un papel en esas correlaciones.

BREDA *et al.* (2002) señalan como causas de las bajas correlaciones y de la incapacidad de predicción, que las variables dendrométricas utilizadas integran toda la vida de la masa, mientras que el LAI es un parámetro dinámico, ligado a la época de medida, heterogeneidad de la estación, territorio y gestión de las masas. LE DANTEC *et al.* (2000) indican que la gestión forestal parece ser la principal causa de las variaciones del LAI. Ya se señaló el posible efecto de la acción antrópica en nuestras masas. Las mayores correlaciones obtenidas para algún parámetro al estudiarlos por comarcas puede apoyar lo señalado anteriormente.

En el estudio de masas aclaradas sistemáticamente (COMEAU *et al.*, 1989; 1999), los valores de LAI presentan una correlación y homogeneidad mayores.

Las masas de abedul tienen un valor de LAI menor que el encontrado en la mayoría de las especies caducifolias, debido probablemente a su carácter intolerante a la sombra. La gestión forestal de los abedulares gallegos y la intolerancia a la sombra de la especie pueden ser los principales factores que determinen la escasa

correlación entre los parámetros estructurales y el LAI en masas naturales y de diversas localidades y situaciones. La importancia del tipo de masa (monte alto o bajo) no puede ser obviada a la hora de interpretar las correlaciones.

Agradecimientos

A Áurea Pazos Pereira y Enrique Diz Dios por su ayuda en los trabajos de campo. Este trabajo fue financiado por el proyecto INIA SC00-028 “El género *Betula* en el Noroeste de la Península Ibérica: Ecología y Silvicultura” y el incentivo de la Secretaría Xeral de I + D de la Xunta de Galicia PGIDT02PXIC50202PN.

BIBLIOGRAFÍA

- BREDA, N.; SOUDANI, K. & BERGONZINI, J.C.; 2002. *Mesure de l'indice foliare en forêt*. Ecofor. Clamecy.
- CAMPBELL, G.S. & NORMAN, J.M.; 1989. *Plant Canopies: Their Growth, Form, and Function* (Eds. Russell, G., Marshall, B. and Jarvis, P.) Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- COMEAU, P.; GENDRON, F. & LETCHFORD, T.; 1998. A comparison of several methods for estimating light under a paper birch mixedwood stand. *Can. J. Forest Res.* 28: 1843-1850.
- COMEAU, P.; WANG, J.; LETCHFORD, T. & COOPERSMITH, D.; 1999. Effects of Spacing Paper Birch-Mixedwood Stands in central British Columbia FRBC Project HQ96423-RE (MOF EP 1193). *Extension Note* 29: 1-7.

- Ministry of Forest Research Program. British Columbia. Vancouver. Canadá.
- CUTINI, A.; MATTEUCCI, G. & MUGNOZZA, G.S.; 1998. Estimation of leaf area index with Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests. *Forest Ecol. Manag.* 105: 55-65.
- DUFRENE, E. & BRÉDA, N.; 1995. Estimation of deciduous forest leaf area index using direct and indirect methods. *Oecologia* 104: 156-162.
- GRANDAS ARIAS, J.A.; 2001. *Curvas de calidad de estación de Betula celtibérica Rothm. Et Vasc. en Galicia*. Trabajo de Investigación Tutelado. Dpto. Ingeniería Agroforestal. EPS. Ed. Univ. Santiago de Compostela. Lugo.
- JACK, S.B. & LONG, J.N.; 1991. Response of leaf area index to density for two contrasting tree species. *Can. J. Forest Res.* 21: 1760-1764.
- JOHANSSON, T.; 1989. Irradiance within Canopies of Young Trees of European Aspen (*Populus tremula*) and European birch (*Betula pubescens*) in Stands of Different Spacings. *Forest Ecol. Manag.* 28: 217-236.
- LE DANTEC, V.; DUFRENE, E. & SAUGIER, B.; 2000. Interannual and spatial variation in maximum leaf area index of temperate deciduous stands. *Forest Ecol. Manag.* 134: 71-81.
- OLIVER, C.D. & LARSON, B.C.; 1990. *Forest Stand Dynamics*. McGraw-Hill, Inc. New York.
- PERRY, D.A.; 1994. *Forest Ecosystems*. The John Hopkins University Press. Baltimore.
- VICENTE CÓRDOBA, C. Y LEGAZ GONZÁLEZ, M.E.; 1984. *Fitofísica Ambiental*. Ed. Pirámide. Madrid.