

Variación de las condiciones medioambientales en una masa de pino negral (*Pinus pinaster* Ait.) bajo diferentes tratamientos selvícolas

Guerra, B.¹ y Bravo, F¹

Dept. de Producción Vegetal y Recursos Forestales
E.T.S. de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid
Avda. de Madrid 44 34004 Palencia
Tlfno. 979 108427 Fax 979 108440 correo electrónico bguerra@pvs.uva.es

Resumen

En el contexto de la gestión forestal actual, decisiones esenciales como la relativa al tratamiento selvícola a aplicar con el objetivo de regenerar una masa deben estar fundadas en lo posible en datos experimentalmente comprobados. De entre los aspectos que es importante evaluar podemos señalar la disponibilidad de recursos como la luz o el agua y las condiciones de competencia y cobertura del medio, que dependen directamente de la intensidad y evolución de la corta. Dentro de un estudio más amplio sobre regeneración natural del pino negral (*Pinus pinaster* Ait.) en la Meseta Castellana, se han evaluado determinados factores ambientales que pueden influir en la regeneración y su relación con el tipo de intervención selvícola aplicada. Para ello se analizan las condiciones existentes bajo el dosel arbóreo sometido a cortas de regeneración de diferente intensidad, en una zona homogénea de pinar. Se dispone de 45 fotografías hemisféricas para definir y contrastar el ambiente lumínico en diferentes condiciones de cobertura. Posteriormente se trata de relacionar su distribución con el tratamiento selvícola. Se concluye que los factores ambientales analizados presentan una variación suficiente para condicionar la presencia de regeneración que ha sido muy escasa en el período analizado debido probablemente a las condiciones climatológicas, por lo que es necesario continuar con las mediciones en años sucesivos.

Palabras clave : Fotografía hemisférica, Ambiente lumínico, LAI, Intensidad de corta, dosel forestal.

INTRODUCCIÓN

La tendencia actual hacia una gestión forestal sostenible y adaptada a las condiciones locales del ecosistema (MONTERO y CAÑELLAS, 1999; PUETTMAN, K.J, 2004), hace que el empleo de tratamientos selvícolas de regeneración basados en procesos naturales, sin aportación de planta ni semilla exterior, deban ser analizados para su correcta aplicación. Para ello es preciso un conocimiento de los factores condicionantes de la aparición y desarrollo de la regeneración y de la variación que experimentan estas condiciones ambientales al modificarse la intensidad, graduación y momento de la corta de regeneración.

La luminosidad bajo el dosel forestal es esencial en un gran rango de procesos ecológicos, tales como la regeneración natural o la sucesión de especies de diferentes estratos (KUPPERS *et al*, 1996; LIEFFERS *et al*, 1999). Aunque hay diferentes métodos de análisis de las condiciones lumínicas como sensores de diferentes tipos: Analizadores del dosel forestal, tipo LAI-2000 (Li-Cor, Lincoln Inc., NE USA), así como densiómetros; la fotografía hemisférica es un método bastante empleado para evaluar el ambiente lumínico bajo el dosel arbóreo (RICH, 1990; NICOTRA *et al*, 1999; HALE, 2001). Se entiende por luz en la mayoría de los estudios de las condiciones ambientales del dosel, la densidad del flujo de fotones fotosintéticos (Photosynthetic photon flux density, PPF) 400-700 nm y la transmitancia como la proporción de PPF que atraviesa el dosel. Esta última variables depende tanto de la superficie de proyección de las hojas (representado por el Índice LAI) como de la distribución y tamaño de los huecos en el dosel (JENNINGS *et al*, 1999)

Las diferencias en abundancia y riqueza de especies de regenerados está influida por una interacción compleja de factores ecológicos que actúan a nivel de micrositio o rodal; como puede ser los mecanismos de dispersión, la profundidad y perturbación del suelo, la disponibilidad de recursos, la competencia y el efecto de herbívoros y patógenos. Esta complejidad implica que la cantidad de variación atribuible a un solo factor probablemente sea relativa. Sin embargo, la energía lumínica se ha encontrado que limita el crecimiento e influye fuertemente en la supervivencia de los regenerados (AUSPURGER 1984; CHAZDON *et al*, 1996).

KOZLOWSKI (2002) en una recopilación sobre la relación de la gestión con la ecología y los

procesos fisiológicos de la regeneración natural, describe el posible efecto de la luz (su intensidad, calidad y el fotoperíodo) en la germinación y desarrollo posterior de los regenerados. La mayoría de las plantas leñosas de zonas templadas no presentan unos requerimientos estrictos, para la germinación pero algunos como las semillas de *Betula* y *Pinus* suelen requerir baja iluminación para germinar. Además se ha comprobado el efecto de la longitud de onda en la germinación de especies como *Pinus palustris*, *Pinus strobus*, *Pinus thumbergii* y *P virginiana*, de forma que la germinación es estimulada por la luz roja e inhibida por la infrarroja (TAYLORSON & HENDRICKS 1976, HART 1988).

La relación entre la cantidad y propiedades de la luz que atraviesa el dosel arbóreo y la aparición, distribución y desarrollo de regenerado ha sido analizado previamente (NICOTRA *et al* 1999; CLARK *et al*, 1996). Los resultados demuestran que existen patrones espaciales de la luz y los regenerados diferente según el tipo e intensidad de las cortas de regeneración aplicadas las intervenciones sufridas en la masa, y aunque no se encontró una relación clara entre ambas distribuciones en los primeros dos estudios mencionados, sí en el último.

La dificultad de describir el ambiente lumínico se debe a que se llevan a cabo medidas puntuales que no reflejan las múltiples variaciones en el tiempo de la luz en un punto (CHAZDON, 1988), así como a las variaciones espaciales a pequeña escala detectadas que obligan a mediciones cada vez más finas (NICOTRA *et al*, 1999) y al hecho de que no sólo la cantidad de luz sino la calidad (ratio rojo/infrarrojo) pueden influir en los fenómenos subyacentes en el ecosistema (CHAZDON *et al*, 1984). Asimismo otro problema para el cálculo de un índice tan útil como es el LAI, consiste en que los supuestos de aleatoriedad en la distribución de las acículas se ve debilitado por los fenómenos de agrupamientos ("clumping").

Los objetivos concretos de este estudio consisten en determinar cuantitativamente las variaciones en las condiciones lumínicas, bajo diferentes intensidades de corta y la relación entre parámetros de caracterización lumínica con parámetros dasométricos o selvícolas a través de ecuaciones alométricas sencillas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización y dispositivo experimental

El dispositivo experimental está en Mata de Cuellar (Segovia), en concreto se sitúa dentro del MUP nº 32 denominado "Común de la Torre y Jaramiela" perteneciente a la comunidad de Villa y Tierra de Cuellar, (coordenadas UTM (375896.5; 4581637.612)). Se trata de una masa prácticamente monoespecífica de *Pinus pinaster*, en la que individuos de *Pinus pinea* aparecen de forma puntual en algunos rodales. El clima corresponde a la zona mediterránea continental con inviernos fríos y veranos calurosos (13° de temperatura media anual) y una precipitación anual bastante escasa (256 mm). El relieve es llano y el sotobosque, donde abundan especies como *Cytissus sp.*, *Retama sp.* o *Halimium* es bastante ralo, pero en condiciones de puesta en luz, es también un factor de competencia a tener en cuenta en el análisis de la regeneración.

Durante el año 2004 se procedió a la instalación de un dispositivo experimental consistente en 10 parcelas de 0,5 ha cada una, en la que se llevaron a cabo cortas de diferente intensidad, que afectaban al 25, 50 y 100% del Área Basimétrica total inicial. De cada tratamiento se llevaron a cabo tres repeticiones, y una parcela adicional se mantuvo como testigo sin intervención. El diseño experimental se define como un split-plot, al disponer de sub-parcelas de mayor intensidad de muestreo en el interior de estas 10 parcelas (Figura 1a). De los árboles presentes en las parcelas se dispone de la posición, de los datos dendrométricos básicos (diámetro, altura) y de otros más específicos como son la proyección de la copa, la altura de copa y la altura donde alcanza su máxima anchura. Las características medias de estas variables para cada una de las parcelas mencionadas se puede observar en la Tabla 1.

Fotografía hemisférica

Para la caracterización luminosa de cada una de las parcelas se localizaron cinco puntos de muestreo en los extremos y en el centro de la misma, separados una distancia máxima de 35,4 m. Todas las fotografías fueron tomadas entre junio y julio de 2004 en días cubiertos o en el momento de amanecer y el atardecer, captando únicamente la radiación difusa para permitir un correcto análisis de la fotografía. Las fotos se tomaron con una cámara EOS-300 provista de una lente ojo de pez (Sigma 8 mm F4, Sigma Corporation, Tokio, Japan) que produce una proyección estereográfica de ángulos equivalentes, con un campo de visión de 180°, se empleó una película de color (400 ASA). El enfoque se dirigía a la parte alta del dosel fijando una apertura baja del diafragma y un alto grado de exposición

(1 o 2 segundos) para intentar lograr la mayor profundidad de campo posible. La cámara se situaba sobre un trípode de 1,3 m de altura y se procedía a su nivelación y a orientar al norte la parte superior de la cámara.

Una vez convertidas las imágenes al formato bitmap mediante escaneado, se analizaron con el software especializado Gap Light Analyzer (GLA versión 2.0) (FRAZER & CANHAM, 1999). El procesado de la imagen comprende la transformación de las posiciones de los pixels de la imagen a coordenadas angulares, la división de intensidades de píxel en clases de cielo y dosel, mediante la definición de un umbral que se concreta para cada fotografía y el cálculo de distribuciones de luminosidad del cielo. Estos datos se combinan posteriormente para estimar diferentes parámetros. La geometría del dosel se define así, a través de dos parámetros: la cobertura del dosel (CO) y el mencionado LAI (Índice de área foliar efectiva sobre un m² de suelo). La cantidad de radiación total transmitida (directa y difusa), durante la estación de crecimiento

El cálculo de los parámetros en GLA está basado en la teoría de fracciones descubiertas propuesta por WELLES & NORMAN (1991). Este algoritmo es el mismo que emplea el estimador de cobertura LAI-2000, y a pesar de no tener en cuenta la agrupación de las acículas y por tanto subestimar el valor de LAI (Leaf area Index) en zonas con muchos agrupamientos, tiene la ventaja de permitir considerar la pendiente y analiza la foto, dividiéndola en pixels muy finos. Otra hipótesis básica consiste en asumir que la luz procede de forma uniforme de todo el hemisferio, para lo cual se aplica el modelo UOC (Uniform Overcast Sky, MONTEITH & UNSWORTH 1990).

Análisis de datos

Una vez obtenidos todos los parámetros, para la evaluación y relación entre los mismos se empleo el programa estadístico SAS/ STAT (1999). Primero se comprobó la distribución y normalidad de los datos y posteriormente se determinó el efecto del tratamiento de corta y de la parcela de forma independiente y también relativa mediante test ANOVA. Además se llevan a cabo diferentes Test para comprobar la separación de medias como son los de Duncan, Boferroni y Scheffe, para permitir otro enfoque El nivel de significación se fijo en 0.05. Asimismo se trató de relacionar variables de tipo Área Basimétrica o distancia de los n vecinos más cercanos al punto de muestreo con las diferentes variables representativas de la luz recibida, primeramente a través de coeficientes de correlación y posteriormente tratando de ajustar ecuaciones mediante la función PROC REG (SAS). La estructura general de estos modelos lineales es la siguiente:

$$VL=a+b*VD$$

Donde:

-VL= Variable lumínica (LAI, Transmisión directa, Transmisión difusa, % de transmisión directa y de transmisión difusa sobre el total de radiación)

-VD= Variable dendrométricas (AB y Distancia a los n árboles más cercanos).

- a y b son los parámetros específicos de la ecuación que son determinados cada vez que se ajusta a través de la orden MODEL de SAS y pueden interpretarse como una relación directa o inversa entre las variables de diferentes índole

Además de relacionar directamente estas variables, se sometieron las variables dendrométricas a diferentes transformaciones matemáticas (exponencial, logarítmico, cuadrado o raíz) para tratar de mejorar el ajuste y se ensayan diferentes combinaciones entre ellas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios y extremos y la variabilidad expresada por la desviación estándar de los parámetros lumínicos obtenidos a través del mencionado programa GLA calculados para cada uno de los 45 punto de muestreo y de las variables dasométricas asociadas, pueden observarse en la tabla 2, mientras en la tabla 3 se observan los valores medios de las características para cada tipo de corta.

Analizando las medidas lumínicas como la apertura del dosel CO (media de 71,36, coeficiente de variación de 16,43%) podemos concluir que se trata de una zona bastante abierta, incluso en el caso de dejar todos los pies maduros en pie. Si se compara con estudios previos como el realizado por MODRY *et al* (2004) para *Fagus sylvatica*, con unos valores de 5.6 a 24.1 y un valor medio de 15,4%, esto también nos lo indica el LAI, con un valor medio de 0,28 y un valor máximo de 1,02 en el punto de mayor cobertura. Los valores de apertura del dosel bajo bosques boreales en Canadá son típicamente de (0,13-0,38) para *Picea mariana* o 0,18-0,30 en *Pinus banksiana* (Lamb) (CHEN *et al*,1997; FOURNIER *et al*,1997) Valores similares fueron encontrados en masas maduras de *Picea abies* y *Pinus sylvestris* (KUUSIPALO *et al* ,1985).

A través del análisis de la varianza se observa que el efecto de la corta produce diferencias

significativas ($P < 0,001$) en la apertura del dosel, como puede observarse en la tabla 4. Al aplicar los tests de rango múltiple de Duncan, de Bonferroni y de Scheffé se encontraron siempre agrupaciones de las parcelas coincidentes con la intensidad de corta. En cambio cuando se trata de introducir el efecto de cada una de las 9 parcelas (3 repeticiones de cada tipo) únicamente hay un agrupamiento claro al aplicar el test de Duncan, en el caso de la corta del 100% del área basimétrica (parcelas 1,3 y 9), que no resulta tan claramente identificado al aplicar otros tests como el de Bonferroni, o Scheffé, donde los resultados confirman la ausencia de diferencias significativas encontrados al hacer el test ANOVA para probar su efecto independiente o añadido al de la intensidad de corta (tabla 4).

La variación de condiciones lumínicas en distintas situaciones de la masa ha sido analizada por diversos autores. WALTER & HIMMLER (1996) encontraron la máxima variabilidad en las masas jóvenes y las maduras, frente a las de una edad media. Analizando la estructura espacial, estos autores encontraron una correlación espacial en todos los casos de unos 10 m. BEAUDET & MESIER (2002) al analizar la variación provocada por cortas de selección en la cobertura y su evolución en el tiempo, observaron en una masa de frondosas pluriespecífica, que la relación entre las zonas cortas y no intervenidas se podía modelizar con una forma logarítmica. En las cortas más recientes la apertura del dosel (CO) resultaba de 2,3 a 2,5 veces mayor de media que en la control, mientras en las cortas de mayor antigüedad la misma variable resultaba ser únicamente 1,6 a 1,7 veces que la control.

En la segunda aproximación a la variabilidad de ambientes lumínicos, tratando de relacionar los parámetros que caracterizan estas condiciones (CO; LAI etc..) con variables de tipo dasométrico o selvícola (AB, distancia) encontramos que tanto esta variable como sus transformación en forma de valores medios de clases, se encontraban bastante relacionados (R^2 ajustado de 48 a 63% con las diferentes variables (tabla 5). Los modelos mostrados presentaban una adecuada normalidad en los residuos obtenidos del ajuste. Otras variables que se trataron de analizar como las dimensiones de copa o distancia a pies más cercanos, resultaron en una relación menos clara. Además este segundo grupo de variables carecía de las condiciones de normalidad y tuvieron que ser afectadas por diversas transformaciones, las cuales no se encontraron previamente determinadas en estudios previos, debiendo probar multitud de combinaciones.

BELLOW & FAIR (2003) trataron de relacionar parámetros de arquitectura de copas, como el diámetro o la cobertura del dosel y la densidad de la masa con la transmisión de PAR (radiación fotosintéticamente activa) y encontraron que las relaciones no eran suficientemente buenas para poder llevar a cabo una estimación indirecta del ambiente lumínico. En la evaluación de cinco métodos diferentes de medición de la luz, FERMENT *et al* (2001) tampoco encontraron correlaciones significativas entre las medidas de la luz y el número de árboles y su área basimétrica en 10 m alrededor del punto de muestreo. Sin embargo en estudios de la luz llevados a cabo en una dehesa, MONTERO y MORENO (2004) establecen que la variabilidad en las condiciones de la luz, representado por la radiación transmitida, esta relacionada mediante una regresión múltiple con la distancia al árbol más cercano, el DBH y la anchura de copa del mismo; explicándose el 94,4% de su variabilidad, lo que indica, la dependencia de las condiciones lumínicas de la densidad y edad de la masa de quercíneas, ya que la reducción de la luz sólo resulta significativa en la proximidad de los árboles.

BORMANN (1990) encontró una relación entre el área foliar y el diámetro de un árbol que debía ser desarrollada para cada zona concreta. Por otro lado, el modelo de SHINOZAKI *et al*, (1964) sugiere que existe una relación más general entre el área de albura y el área foliar, sin embargo esto también varía entre localidades. Basándose en estas relaciones y asumiendo una proporción de alguna constatación del área basimétrica, el área foliar de una masa y por tanto la transmitancia de luz debería poder relacionarse con el área basimétrica, sin embargo en nuestro caso concreto, tanto el parámetro COB como LAI están mejor explicados por la distancia al árbol más cercano.

Previamente (JONSON & LAKSO, 1991) se ha demostrado que hay una alta correlación entre la altura media del árbol y la transmisión PAR. El diámetro de la copa se relacionaba negativamente con PAR transmitida, especialmente al disminuir la variación en altura. La densidad resultó estar más negativamente correlacionada con el grado de transmisión de la luz en clases de altura elevadas (> 14 m) que en las bajas (< 10 m), lo cual es de esperar porque bajo un dosel más corto la influencia horizontal de árboles vecinos es menor en comparación con doseles más elevados. En nuestro caso esta relación no se ha comprobado directamente con el factor densidad, por considerar que esta variable tendría igual valor para cada las subparcelas del interior de una misma parcela; sin embargo si se considera que este valor está representado por la clase de intensidad de corta; el análisis de la varianza

definido anteriormente ratifica la existencia de esta relación que podrá comprobarse cuando se disponga de más datos.

CONCLUSIONES

Se concluye como en anteriores análisis que las características de la masa no determinan por sí solas la transmisión de PAR, pero que el efecto de las cortas es cuantitativamente significativo si distinguimos intensidades (25, 50 y 100%). Asimismo se observa que algunas variables dendrométricas de los pies más cercanos al punto de caracterización lumínica del dosel, presentan una relación clara detectada a través de una ecuación que sin embargo deja abierta la posibilidad de existencia de otros factores como las relacionadas con la caracterización de la copa, pero más como composición de los parámetros descriptivos de la misma (Volumen de copa o área de la misma) que serán desarrollados en ampliaciones de este estudio preliminar.

Las variables lumínicas que más relacionadas parecen estar con otras variables de la masa, son COB o LAI, lo cual coincide con estudios previos que relacionan sobretodo esta última variable con la disponibilidad de recursos y con y con la producción primaria neta. El objetivo a más largo plazo de este trabajo es proporcionar unos valores guía para los gestores sobre como la manipulación del dosel puede crear un ambiente adecuado para el desarrollo de los regenerados. La información obtenidos indica como las masas pueden ser manipuladas en función de la luz incidente necesaria.

Agradecimientos: Este estudio se desarrolló gracias al Proyecto: 'Dinámica de rodales de pino negral (*Pinus pinaster* Ait.) en el Sistema Ibérico Meridional: Estructura genética, regeneración y dinámica forestal' (AGL2001-1780) y a una beca F.P.U. del Ministerio de Educación y Cultura.

BIBLIOGRAFÍA

- AUSPURGER, C.; 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival." *Journal of Ecology*. 72: 777-795.
- BEAUDET, M, & MESSIER C.; 2002. Variation in Canopy openness and light transmission following selection cutting in northern hardwood stands: an assessment based on hemispherical photographs *Agricultural and Forest Meteorology*.110:217-228.
- BELLOW, J.G.; NAIR, P.K.R.; 2003. Comparing common methods for assessing understory light availability in shaded-perennial agroforestry systems. *Agric. For. Meteorol.* 114:197-211
- BORMANN, B.T.;1990.Diameter-based biomass regression models ignore large sapwood-related variation in Sitka spruce. *Can. J. For. Res.* 20:098-1104
- CLARK, D.A.; CLARK, D.D.; RICH, P.M.; WEISS, S. & OBERBAUER S.F.;1996. Landscape-scale análisis of forest structure and understory light environments in a neotropical lowland rain forest. *Can. J. of For. Res.* 26: 747-757
- CHAZDON, R. L., R. W. PEARCY, D. W. LEE AND N. FETCHER. 1996. Photosynthetic responses to contrasting light environments. In: MULKEY, S., CHAZDON, R. AND SMITH, A. P. (eds.) *Tropical Forest Plant Ecophysiology*, 5-55. Chapman and Hall.
- CHAZDON R.L.;1988. Sunflecks and their importance to forest understorey plants. *Advances in Ecological Research*. 18:1-63.
- CHAZDON R.L.& FETCHER N.;1984. Photosynthetic light environments in a lowland tropical rain forest in Costa Rica. *Journal of Ecology*. 72:553-564.
- CHEN, J.M.P.; BLANKEN, T.A.; BLACK, M.; GUILBEAULT, M. & CHEN, 1997. Radiation regime and canopy architecture of a boreal aspen forest. *Agr. and For. t Met.* 86:107-125
- FERMENT A.; PICARD, N.; GOURLET-FLEURY S. & BARALOTO C.; 2001. A comparison of five indirect methods for characterizing the light environment in a tropical forest *Ann. For. Sci.* 58:877-891.
- FRAZER G.W.& CANHAM C.D.;1999.*GLA version 2: Gap Light Analyzer*. Copyright © 1999: Simon Frazer. University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York. [http:// www.ecostudies.org](http://www.ecostudies.org) .
- HALE S.E.;2001. Light regime beneath Sitka spruce plantations in Northern Britain: preliminary results. *Forest Ecology and management* 151:61-66.
- JOHNSON, S.& LAKSO, A.; 1991. Approaches to modelling light interception in orchards. *Hortscience*.26: 1002-1012.
- KOZLOWSKI T.T.; 2002. Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. *Forest Ecology and management* 158:195-221.
- KUPPERS, M.; TIMM, H.; ORTH, F.; STEGEMANN, J.; STOBER, R.; SCHNEIDER, H.;

- PALIWAL, K.; KARUNAICHAMY, K.; ORTIZ, R.;1996. Effects of light environment and successional status on light fleck use by understorey trees of temperate and tropical forests. *Tree Physiol.* 16 (1/2): 69–80.
- KUUSIPALO, J.; 1985. On the use of tree stand parameters in estimating light conditions below the canopy. *Silva Fennica* 19 (2), 185-196.
- JENNINGS S.B.; BROWN, N.D.; SHEIL, D.;1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry* 72(1) 59-73.
- Lieffers, V.J.; Messier, C.; Stadt, K.T., Gendron, F., Comeau, P.G.; 1999 Predicting and managing light in the understorey of boreal forests. *Can. J. of For. Res.* 29, 796-811
- MODRY M.; HUBENY D.; REJSEK K. 2004. Differential response of naturally regenerated European shade tolerant tree species to soil type and light availability *Forest Ecology and Management*, 188, 1,185-195(11)
- MONTEITH, J.L. & M.H UNSWORTH. 1990. *Principles of Environmental Physics*. London: Edward Arnold.
- MONTERO G. Y CANELLAS I.;1999. Silvicultura y gestión sostenible de sistemas forestales. En “*Primeros Encuentros Científicos del Parque Natural de Peñalara y del Valle de El Paular*”.Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.
- MONTERO, M.J., MORENO, G.;2004. Light availability for understorey pasture in Holm-oak dehesas En: *Silvopastoralism and Sustainable land management*" CAB INTERNATIONAL
- NICOTRA A.B., CHAZDON. R.L. & IRIARTE S.V.B.1999. Spatial heterogeneity of light and woody seedlings regeneration in tropical wet forests. *Ecology* 80(6)1908-1926
- PUETTMANN, K.J., 2004 Research approaches to regeneration. In *Conference Proceedings of IUFRO Conference Regenerating Mountain Forests*
- Rich, P., 1990 Characterizing plant canopies with hemispherical photographs. *Remote Sens Rv* 5 (1) 13-29
- SHINOZAKI, K., YODA, K., HOZUMI, K., KIRA, T. 1964. A quantitative analysis of plant form: the Pipemodel theory. I. Basic analyses. *Japanese Journal of Ecology*.14: 97-105
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INC., 1999. *SAS User's guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1290+956 pp.
- Taylorson, R.B. Hendricks, S.B.; 1976; Aspects of dormancy in vascular plants. *Bioscience*.26.95-101
- WALTER, J.M.N. & HIMMLER, C.G.;1996. Spatial heterogeneity of a Scots pine canopy: an assessment by hemispherical photographs. *Can. J. of For Res.* 26:1610–1619
- WELLES, J.M. & J.M. NORMAN.;1991. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. *Agron. J.* 83: 818-825.

Parcela	Pies /ha inicial	pies /ha final	AB (m ² /ha) inicial	AB (m ² /ha) cortada	Altura total (dm)	H base de copa (dm)	H max anchura (dm)	Intensidad de corta
1	134	0	16,30	16,30	144,63	72,10	92,72	100%
2	138	78	16,67	4,32	142,63	48,36	72,6	25%
3	124	0	17,53	17,53	167,6	94,75	111,35	100%
4	158	92	17,67	4,521	148,79	77,5	97,57	25%
5	170	120	20,91	5,34	177,61	104,28	123,66	25%
6	184	82	20,55	10,45	179,05	106,38	125,88	50%
7	112	44	13,77	6,90	159,89	70,05	91,64	50%
8	128	60	14,76	7,48	138,00	68,94	89,11	50%
9	150	0	18,53	18,53	165,45	99,2	115,8	100%
MEDIA	144,22	52,89	17,42	10,15	158,18	82,39	102,16	

Tabla 1 Características medias de diferentes variables las parcelas sometidas a diferentes intensidades de corta.

	Apertura dosel %	LAI	Trasdir	transdif	transtot	% transdir	% trandif	% transtot	AB (árbol + cercano)	Distancia (m)
MEDIA	71,36	0,28	14,20	13,64	27,84	83,02	79,77	81,40	0,09	9,08
DESVEST	2,66	14,28	0,23	0,19	2,46	2,18	4,47	13,07	0,08	7,66
CV	16,43	81,00	17,48	16,02	16,14	17,48	16,02	16,14	90,61	87,23

Tabla 2. Variables características del ambiente lumínico: LAI es el Leaf Area Index (Índice de cobertura foliar), cantidad de absoluta luz directa (transdir), luz difusa (transdif), luz total (transtot), todas ellas en mol/m²/d o MJ/m²/d y sus respectivos porcentajes sobre la luz que incide inicialmente en la zona.

CORTA	Apertura dosel %	LAI	Trasdir	transdif	transtot	%transdir	%trandif	%transtot	
1	X (Sv)	62,13 (16,91)	0,47 (0,45)	12,36 (5,13)	11,90 (3,35)	24,26 (7,80)	72,25 (30)	69,58 (19,61)	70,92 (23,34)
	CV	12,78	44,39	19,5	13,23	15,44	19,49	13,23	15,45
2	X (Sv)	68,56 (12,94)	0,31 (0,31)	13,59 (4,13)	13,25 (4,13)	26,84 (6,54)	79,49 (24,16)	77,44 (17,11)	78,55 (19,13)
	CV	8,86	47,07	14,27	10,37	11,44	14,27	10,37	11,45
3	X (Sv)	84,73 (13,76)	0,04 (0,12)	16,56 (1,64)	16,08 (1,51)	32,64 (2,99)	96,82 (9,59)	94,04 (8,85)	95,43 (8,75)
	CV	7,63	142,36	4,65	4,41	4,30	4,65	4,42	4,30

Tabla 3. Media, desviación típica y coeficiente de variación de casa una de las variables lumínicas cuya descripción corresponde con la de la tabla anterior y que se evalúan separadamente

	Df	Anova SS	MS	F-Valor	
Modelo	2	4508,15	563,52	14,78	<0,0001
Error	42	1372,89	38,13		
Total corregido	44	5881,04			
R ²	0,76655	CV	8,5872	MSE raiz	6,175

Tabla 4 . Resultado de aplicar una anova de la variable cobertura % sobre fotografías de las tres tipologías de corta

	Df	Anova SS	MS	F-Valor	
Corta	2	4497,11	2248,55	60,4814,78	<0,0001
parcela	8	550,55	391,76	2,47	0,0399

Tabla 5 . Resultado de aplicar una ANOVA de la variable cobertura % sobre agrupamientos de fotografías tomadas en cada uno de las tres tipologías de corta y teniendo en cuenta también el posible efecto de la parcela.

	AB	Clases AB	AB Distancia	Distancia
CO	0,4011	0,5257	0,6529	0,5861
LAI	0,3622			0,3848

Tabla 6. Evaluación comparativa de las relaciones alométricas entre variables lumínicas (CO y LAI) y dasométricas (los valores representan el coeficiente de determinación) .