



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-273

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Crecimientos de masas gestionadas de eucalipto en la provincia de Huelva

DOMINGO-SANTOS J.M.¹, CORRAL PAZOS DE PROVENS, E.¹; VÁZQUEZ PIQUÉ, F.J.¹; RAPP ARRARÁS, I.¹; FERNÁNDEZ DE VILLARÁN, R.¹; RUIZ FERNÁNDEZ, F.²

¹ Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva

² ENCE Energía y Celulosa S.A.

Resumen

La silvicultura del eucalipto en la provincia de Huelva se enfrenta a varios problemas que hacen peligrar este importante recurso forestal. Por un lado, el eucalipto es un cultivo forestal orientado a la producción de pasta de celulosa que actualmente debe adaptarse a modificaciones de esta demanda, tratando siempre de mantener unos niveles aceptables de conservación del medio natural que permitan la certificación de su gestión sostenible. Por otro lado, la evolución actual del clima representa una amenaza para el recurso que en el suroeste peninsular presenta muchas zonas donde la pluviometría está cerca del límite adecuado para una productividad rentable. Esta evolución es el objetivo de este trabajo, en el que se han medido crecimientos de eucalipto durante un periodo de seis años, con una pluviometría media un 31% inferior a la media histórica de los últimos 30 años (2011-2016). Se han identificado influencias de factores climáticos y edafoclimáticos como la evapotranspiración, el régimen de temperaturas y la capacidad de retención de agua del suelo. Se presentan los resultados más relevantes a partir de los cuales se trabaja en la elaboración de modelos de crecimiento.

Palabras clave

Modelos de crecimiento, cambio climático, *Eucalyptus globulus*.

1 Introducción

El interés del Grupo ENCE y de la Universidad de Huelva por el conocimiento de la productividad del medio forestal se ha materializado en numerosas colaboraciones durante las dos últimas décadas. La caracterización de las calidades de estación forestal en el suroeste de la Península Ibérica trasciende el ámbito del aprovechamiento económico a corto o medio plazo y busca un conocimiento más profundo del medio y de las respuestas de las especies forestales que aseguren la gestión dentro de las condiciones de sostenibilidad que demanda la sociedad.

En 2010 se puso en marcha el Convenio titulado: Modelos de estimación de la producción de madera de especies forestales en función de parámetros de estación dentro de la provincia de Huelva. Este Convenio presenta los siguientes objetivos:

- Mejorar el conocimiento de la influencia del suelo y de las variaciones climáticas sobre el crecimiento de masas de *Eucalyptus globulus* mejoradas genéticamente en la provincia de Huelva.
- Identificar cuáles son los parámetros ambientales que mejor estiman la producción forestal a corto y medio plazo, para su aplicación en gestión forestal sostenible.
- Crear o adaptar modelos matemáticos que estimen el crecimiento de las plantaciones de eucalipto y faciliten la toma de decisiones sobre los momentos óptimos de aprovechamiento.

El desarrollo de modelos con base ecofisiológica resulta de gran importancia para prever los posibles efectos del cambio climático sobre las cubiertas forestales, por lo que el interés del trabajo va más allá de los aspectos económicos, hacia los sociales y ecológicos.

Para el logro de los objetivos citados se estableció una red de parcelas permanentes distribuidas sobre un gradiente de precipitaciones y temperaturas en la provincia de Huelva, que además debían presentar unas características edafológicas no excesivamente diferenciadas. El número de parcelas permanentes fue de 6. En estas parcelas se miden con diversos dispositivos mecánicos y electrónicos los crecimientos de 30 árboles. La frecuencia de medición de los dispositivos electrónicos es de 15 minutos, mientras que los dendrómetros mecánicos (de banda) tienen un seguimiento mensual.

Además, en cada parcela se colocó una estación meteorológica, que junto con la medición de las variables edafológicas, han permitido un seguimiento del estado edafo-climático de cada parcela.

A final de 2016 dio por finalizada la toma de datos, por lo que se dispone de 6 años de mediciones, aunque estas mediciones no se encuentran completas en todas las parcelas, debido a diversos fallos y sabotajes.

2 Objetivos

En el presente trabajo se pretende dar un avance de las principales variables que han resultado relevantes sobre los crecimientos medidos en las parcelas experimentales de *E. globulus*. En concreto interesa:

- Identificar variables relevantes sobre el crecimiento general de la parcela para un tiempo de paso mensual.
- Establecer modelos estadísticos simples que permitan explicar el desarrollo de cada parcela.
- Analizar las diferencias entre los modelos y buscar sus causas.

3 Metodología

Los datos brutos obtenidos en el campo precisan de un cuidadoso proceso de depuración; para el presente trabajo sólo se han utilizado las mediciones provenientes de dendrómetros de banda (mecánicos), dejándose los crecimientos medidos por los dendrómetros electrónicos para futuros contrastes de los modelos, y para el desarrollo de modelos de gran resolución temporal (semanales o diarios).

Además de los datos de crecimientos, de han incorporado al trabajo los datos correspondientes a las estaciones meteorológicas, que se han sintetizado en dos pasos:

- Datos diarios provenientes de la síntesis de datos tomados cada 15 minutos
- Datos mensuales obtenidos como sumario de los datos diarios
- Datos anuales y de síntesis de todo el periodo evaluado.

Es importante que se tenga en cuenta que el paso intermedio de obtener datos diarios puede resultar muy relevante para una correcta evaluación de algunos parámetros, en concreto todas las variables relacionadas con los balances hídricos (FERNÁNDEZ DE VILLARÁN Y DOMINGO SANTOS, 2009).

Los datos ausentes por averías o sabotajes de los equipos de medición se encuentran por debajo del 5% del volumen total de información; para solucionar esta carencia se han realizado

regresiones estimativas a partir de otras estaciones meteorológicas; los coeficientes de ajuste de estas regresiones han sido siempre superiores a 0,9; en consecuencia, dado el buen ajuste de los datos completados y su escaso volumen, se considera que la influencia del posible error debido a estas pérdidas de datos resultará muy baja.

Para el análisis se han compuesto, con un tiempo de paso mensual, tablas de datos meteorológicos, edafoclimáticos y de crecimientos.

Los datos se han analizado para buscar relaciones entre los crecimientos y el conjunto de datos de las variables de la parcela. Se han realizado varios tipos de análisis estadísticos: regresión lineal multivariante, análisis factorial, análisis de correlaciones y otros.

Tabla 1. Relación de variables analizadas en relación al desarrollo de la masa forestal.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Zona	Zona donde se encuentra la parcela (de las 6 zonas de estudio)
Cod_Parcela	Código de la parcela donde se halla el dispositivo experimental
Año	Año de la medición (entre 2011 y 2017)
Mes	Numérico del mes, hasta enero de 2017.
ETRMP_MES	Evapotranspiración real máxima posible (balance hídrico)
SF_MES	Sequía fisiológica
DRJ_MES	Drenaje
ETR_AC30_MAX	ETR acumulada de los 30 últimos días (valor máximo del mes)
SF_AC30_MAX	SF acumulada de los 30 últimos días (valor máximo del mes)
ETR_AC30_MEDIA	ETR acumulada de los 30 últimos días (valor medio del mes)
SF_AC30_MEDIA	SF acumulada de los 30 últimos días (valor medio del mes)
P_MES	Precipitación acumulada del mes
P_3_meses	Precipitación acumulada en los 3 últimos meses
ETP_MES	Evapotranspiración potencial según recomienda FAO (PENMAN MONTEITH)
TM_MEDIA	Temperatura media del aire, media mensual
TSM_MEDIA	Temperatura media del suelo, media mensual
TMAX_MEDIA	Temperatura media del aire, máxima de medias diarias mensual
TMAX_MAX	Temperatura máxima mensual del aire
Crec_suma	Suma de todos los crecimientos perimetrales de los 30 árboles
Crec_medio	Media de todos los crecimientos perimetrales
Crec_DesvEst	Desviación estándar de los crecimientos perimetrales
CrecAB_cm ²	Crecimiento de la parcela completa en área basimétrica, en cm ² ha ⁻¹

4 Resultados

Se dispone de 6 años completos de resultados en las 6 parcelas estudiadas, cuyo resumen se presenta en la Tabla 2. En la tabla citada puede apreciarse la gran diferencia en el crecimiento en área basimétrica del arbolado, así como en la mayor parte de los parámetros del balance hídrico, salvo la temperatura media anual.

Tabla 2. Resumen de información de las parcelas experimentales. Todos los valores son medias anuales salvo el crecimiento en área basimétrica (AB) que se da acumulado para el periodo total de 6 años, en cm²/ha

Zona	Crecto Acumulado AB (cm ² ·ha ⁻¹)	ETR anual media (mm)	SF anual media (mm)	P anual media (mm)	ETP anual media (mm)	T_aire anual media (°C)
CruzMujer	45620	271	599	545	870	17,36
DonaJuana	47368	275	674	590	949	17,97
Lirios	30907	327	584	511	911	17,15
Majadal	63252	358	520	518	878	18,23
Rasos	75783	317	555	573	872	17,27
Valdillera	71930	309	715	710	1024	17,91

Los mejores resultados de este primer análisis estadístico, o al menos los más concluyentes, provienen del análisis de regresión lineal multivariante.

Este análisis indica que las mejores variables para modelizar el crecimiento mensual del conjunto del arbolado de la parcela son la sequía fisiológica mensual, la precipitación mensual y diversas variables relacionadas con la evapotranspiración real. En la Tabla 3 pueden apreciarse las variables que han entrado en las regresiones paso a paso realizadas para cada parcela y para el conjunto; el valor indicado en la tabla es el orden de entrada en la regresión y el signo que toma el coeficiente (correlación positiva o negativa)

Tabla 3. Variables que han entrado en las regresiones paso a paso; el valor indicado en la tabla es el orden de entrada en la regresión y el signo que toma el coeficiente (correlación positiva o negativa).

Variable	Cruz Mujer	Juana	Lirios	Majadal	Rasos	Valdillera	Todas
DRJ_MES							-5
ETP_MES			2				3
ETR_AC30_max					3	3	7
ETR_AC30_media			-4				-6
ETRMP_MES	2	2		3			
P_3_meses							4
P_MES	3	3	3	2	2	2	2
SF_AC30_max			-5				
SF_MES	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Puede apreciarse que la sequía fisiológica es el factor ecológico más influyente en el suroeste peninsular, como corresponde a estaciones ecológicas en las que el principal factor limitante es la disponibilidad hídrica. La correspondencia de esta variable, junto con la precipitación, con el crecimiento arbóreo puede observarse perfectamente en el Gráfico 1, compuesto por los valores anuales de las variables principales, para cada una de las 6 parcelas.

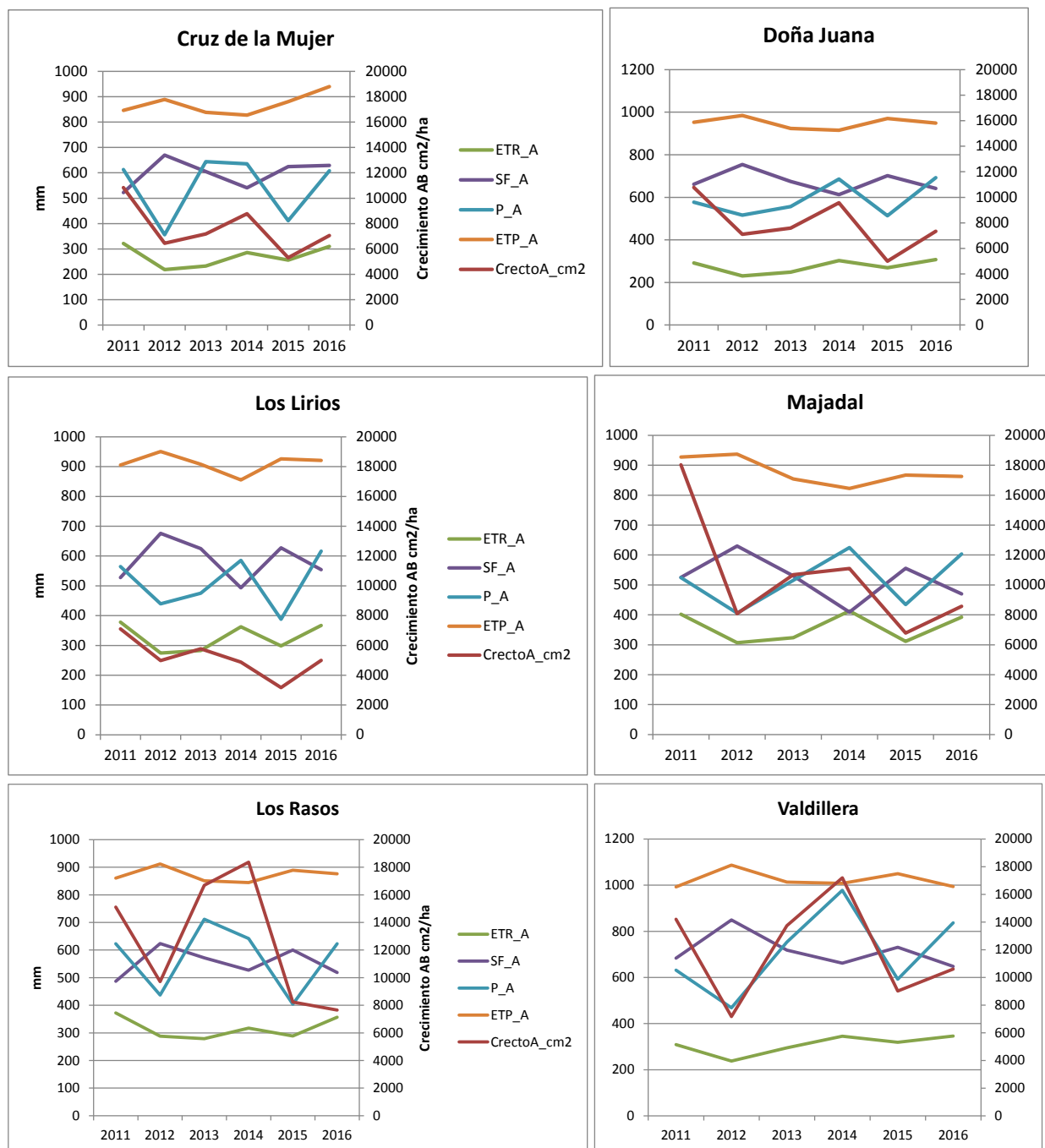


Gráfico 1. Relaciones entre los valores anuales de las distintas variables ecológicas y el crecimiento en área basimétrica del arbolado, para cada parcela de experimentación.

El modelo general de regresión obtenido para el conjunto de parcelas presenta un ajuste interesante, como puede verse en la Tabla 4 y la Tabla 5, así como el Gráfico 2.

Tabla 4. Indicadores de ajuste del modelo de regresión que relaciona el crecimiento en AB de la parcela con las variables del balance hídrico.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
7	,829(g)	,688	,683	509,433

Tabla 5. Variables introducidas y coeficientes del modelo de regresión para el conjunto de datos mensuales de crecimiento de las 6 parcelas.

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
7 (Constant)	299,704	87,843		3,412	,001
SF_MES	-18,500	3,507	-1,101	-5,276	,000
P_MES	8,124	1,401	,478	5,798	,000
ETP_MES	13,325	3,731	,679	3,572	,000
P_3_meses	2,272	,402	,257	5,654	,000
DRJ_MES	-6,464	1,713	-,287	-3,773	,000
ETR_AC30_media	-17,644	4,999	-,369	-3,529	,000
ETR_AC30_max	9,675	3,787	,247	2,555	,011

Dependent Variable: CrecAB_cm2

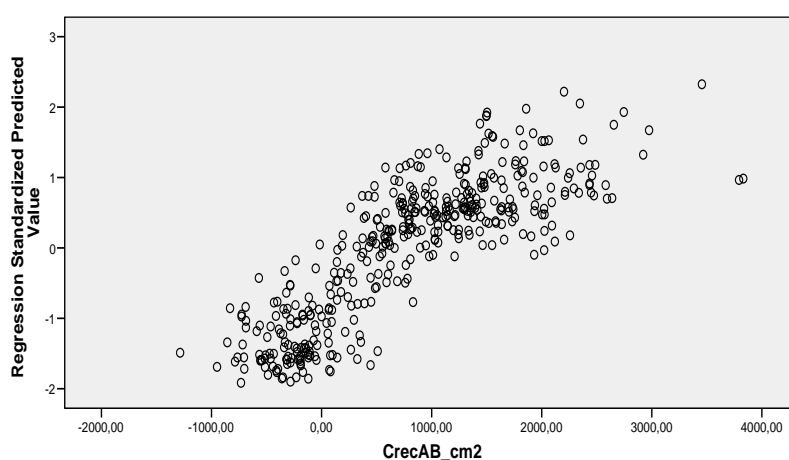


Gráfico 2. Correspondencia entre valores medidos y valores predichos por el modelo general de regresión para el conjunto de parcelas.

En los ajustes de regresión realizados para cada parcela los coeficientes de ajuste han superado para R^2 el valor de 0,7 en todos los casos salvo uno.

5 Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos arrojan unos ajustes excelentes tanto por parcelas sueltas, como para el conjunto de datos de las 6 parcelas distribuidas por el gradiente climático de la provincia de Huelva.

Los resultados más anómalos de los modelos de regresión se dan para el primer año de mediciones, en el que los crecimientos son muy elevados; cabe la posibilidad de que el crecimiento del arbolado se viera influido por la fertilización que se solía hacer en el 4º-5º año del ciclo productivo; estas fertilizaciones no se han vuelto a realizar en las parcelas experimentales. Otra posible explicación sería el mayor crecimiento que puede presentar la masa en su fase inicial, o la combinación de ambos factores.

Los buenos ajustes obtenidos hacen pensar que a escala provincial pueden obtenerse buenos modelos predictivos del desarrollo de las masas forestales.

Los factores ecológicos relacionados con el balance hídrico, esto es, de índole edafoclimático, tienen una influencia determinante en el desarrollo del eucaliptar onubense; en concreto, el estrés hídrico que representa el parámetro de sequía fisiológica resulta ser el más influyente, correlación negativa, sobre el crecimiento de la masa forestal, al menos la orientada a producción de madera para pasta de celulosa.

Se considera que la mejora del modelo obtenido debe venir de la introducción de variables edafológicas, variables de competencia y otras variables de sitio.

6 Agradecimientos

A las empresas e instituciones que han promovido y/o facilitado la participación de su personal en este trabajo: ENCE, Universidad de Huelva.

7 Bibliografía

FERNÁNDEZ DE VILLARÁN, R. Y DOMINGO SANTOS, J.M. 2009. Propuesta de adaptación del balance hídrico de Thornthwaite y Matter a escala diaria. V Congreso Forestal Español, SECF- Junta de Castilla y León. (Ávila, septiembre 2009). REFERENCIA ELECTRÓNICA: 5CFE01-409