



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-237

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Calidad de estación de eucalipto y factores edafoclimáticos en la provincia de Huelva

DOMINGO-SANTOS, J. M.¹, LÓPEZ FERNÁNDEZ, A. V.¹, CORRAL PAZOS DE PROVENS, E.¹, SEVILLA SÁNCHEZ, J.², RUIZ FERNÁNDEZ, F.³ y LAGO MACÍA, J.¹

¹ Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva.

² Silvasur Agroforestal S.A.U.

³ Centro de Investigación y Tecnología de ENCE

Resumen

Este trabajo analiza las relaciones entre factores edafoclimáticos y la calidad de estación de clones de eucalipto en algunos eucaliptales de la provincia de Huelva. Se parte de datos dendrométricos de parcelas del inventario forestal continuo de Silvasur, en las que se muestrearon y evaluaron los suelos. Se obtuvieron también los balances hídricos de cada punto. Los análisis de correlación de la calidad de estación de eucalipto, a través de un índice de sitio, indican que las variables edáficas y de balance hídrico presentan correlaciones mayores y más significativas que las variables climáticas, lo que quedaría en parte explicado por el carácter provincial del estudio que hace que la variación climática no sea excesivamente acusada. Las variables que han dado correlaciones más significativas han sido de tipo textural, principalmente la arcilla (correlación negativa) y la arena (correlación positiva), así como la profundidad útil de los suelos. Dentro de las variables climáticas, las relativas a la evapotranspiración son las que presentan mayores correlaciones. Destaca la media de la ETP de primavera de los últimos dos años (correlación positiva), así como la media de la ETP de verano de los cinco últimos años (negativa). Se pone también de manifiesto la influencia del tipo de preparación del terreno y de la roca madre en las calidades de estación, aunque se considera que estos dos factores se encuentran muy ligados entre ellos, dado que ciertas rocas se asocian a relieves y preparaciones del terreno característicos.

Palabras clave

Eucalyptus globulus, índice de sitio, calidad de estación, suelo, humedad del suelo

1. Introducción

Evaluar la calidad de estación forestal es fundamental para poder prever y comparar las producciones futuras de una determinada especie forestal en diferentes zonas, comparar los efectos de los diferentes tratamientos de la masa y, por último, evaluar la evolución en el tiempo de la calidad de estación en un mismo lugar (SERRADA, 1998).

El método de evaluación más utilizado es el Índice de Sitio (Site Index) que valora la calidad de estación a través de la altura dominante del arbolado a una edad determinada. (ORTEGA y MONTERO, 1988).

La posibilidad de estimar la calidad de estación a partir de los factores extrínsecos abióticos, para genotipos concretos, tiene gran interés. Se pueden abordar así situaciones en las que falta la masa forestal o ésta ha sido profundamente alterada: reforestación de terrenos, cambio de especie forestal, áreas con vegetación perturbada por el pastoreo, incendios, etc. (SPURR & BARNES, 1982). Así mismo, cuando la vegetación forestal existe, la relación del desarrollo de la masa forestal con los factores ambientales tiene una gran importancia a distintos niveles:



- Supone un avance importante en la gestión sostenible de estas masas ya que facilitará la estimación de producciones esperadas.
- Permite conocer la influencia de actuaciones selvícolas parciales u otros tratamientos de suelo, como laboreos, siembras, desbroces, etc., sobre el estado del árbol y la masa.
- Permite realizar simulaciones de crecimiento de las especies frente a distintos escenarios de cambio climático.

Existen en España diversos trabajos centrados en la influencia de los factores ecológicos, principalmente edafoclimáticos, sobre distintas especies forestales (p. e., GANDULLO y SÁNCHEZ PALOMARES, 1994). Sobre *Eucalyptus globulus* en el suroeste peninsular la mayor parte de los estudios realizados se encuentran inéditos (p. e., GARCÍA, 1999; LÓPEZ FERNÁNDEZ, 2007) por lo que se considera que este trabajo preliminar y los que le van a suceder pueden hacer una interesante aportación al conocimiento científico sobre la especie.

2. Objetivos

El objetivo general de este estudio es determinar la relación existente entre las cualidades edafoclimáticas y la altura dominante de las masas forestales de *Eucalyptus globulus* Labill. en la provincia de Huelva.

Para la consecución de este objetivo general se ha dispuesto de las tablas de modelos dinámicos desarrollados por Silvasur para los clones empleados en las plantaciones de eucaliptos, así como de los datos de inventario forestal obtenidos por la misma empresa de forma bienal para un amplio conjunto de parcelas permanentes. Esta información se ha cruzado con información edafoclimática levantada *ad hoc* para un subconjunto de parcelas, con los siguientes objetivos específicos:

- Identificar variables ambientales que influyan sobre la calidad de estación forestal, con especial atención en las de origen edafológico y edafoclimático.
- Establecer relaciones entre las variables ambientales y la calidad de estación que puedan servir de base a la construcción de modelos de crecimiento de *E. globulus* a escala regional.

3. Metodología

Selección de parcelas y definición de casos

El levantamiento de información edafoclimática se llevó a cabo en un subconjunto de 35 parcelas del Inventario Forestal Continuo de Silvasur. La selección de parcelas fue realizada buscando amplios rangos de variabilidad, sobre los tipos de roca de mayor presencia dentro de las masas forestales de eucalipto en la provincia de Huelva.

El número de inventarios de existencias disponible para cada parcela es variable, con un mínimo de un inventario y un máximo de tres. La calidad de estación puede presentar variaciones del Índice de Sitio de un inventario a otro en la misma parcela, por lo que cada inventario ha sido tratado como un caso distinto (varía la calidad de estación y la información climática aunque la edafológica permanezca constante). En consecuencia, el número total de casos evaluados ha sido de 72. De estos 72 casos 27 corresponden a mediciones del año 2006

para las cuales no se disponía de datos climáticos, por lo que el número total de casos completos es de 45.

Variables climáticas

La información climática procede de la red de estaciones de la AEMET en la provincia de Huelva y limítrofes. Para cada parcela se seleccionaron de dos a cuatro estaciones meteorológicas en función de la distancia y la posición relativa respecto de la parcela; los datos climáticos asignados a cada parcela proceden de la media ponderada de las estaciones meteorológicas seleccionadas, en donde los coeficientes de ponderación fueron los valores inversos de las distancias (a la parcela) al cuadrado. A los valores de temperatura se les aplicó la corrección del gradiente altitudinal ($-0,65^{\circ}\text{C}$ por cada 100 m de ascenso).

Las series de datos climáticos utilizadas para cada parcela se inician dos años antes de la plantación del arbolado; puesto que los cantones de mayor edad proceden del año 1995, las series de datos utilizadas en los cálculos comienzan en 1993. Para las variables climáticas se utilizaron tres niveles de agrupación progresivos: las medias de los últimos 5 años, las medias de los últimos 2 años y los valores de la última temporada; todos estos valores se refieren a periodos de tiempo que precedieron de la medición de la parcela. Entre las principales variables climáticas se pueden destacar, para cada uno de los niveles de agrupación citados: precipitación (P), eficacia térmica (EfiTC), sequía fisiológica (SF), evapotranspiración real (ETR), drenaje (Drj), evapotranspiración potencial (ETP), ETP de cada estación (primavera, verano, otoño, invierno).

Variables edafológicas

En las 35 parcelas de inventario forestal escogidas se realizó la toma de una muestra combinada de suelo. El muestreo fue sistemático en tres puntos de la parcela (tres terrazas distintas en caso de aterrazamientos); en cada punto se tomaba una muestra a la profundidad 0 - 20 cm y otra a 20 - 40 cm. Las tres muestras de superficie se mezclaban posteriormente entre sí, al igual que las tres muestras profundas. Por lo tanto, de cada parcela se obtiene una muestra combinada de superficie y otra de profundidad. Estas muestras se analizaban en laboratorio de suelo para la obtención de las variables edafológicas.

Las variables edafológicas utilizadas más importantes fueron: la litofacies (organizadas en litofacies simplificadas bajo códigos numéricos), el porcentaje de las distintas fracciones texturales (media del perfil y en superficie), la materia orgánica en superficie, la reacción (pH al agua y pH de cambio, al KCl), contenidos en cationes Ca-Mg-Na-K, capacidades de retención de agua útil (total y disponible, obtenidas según metodología de DOMINGO *et al.* (2006) y la profundidad útil estimada del suelo. Se han incluido también algunas variables fisiográficas como la pendiente.

Variables de calidad de estación forestal

Las variables de calidad de estación que han funcionado como variables dependientes de los factores ecológicos se obtienen mediante la proyección de los valores dendrométricos de las parcelas a la edad de referencia de 7 años. La transformación se ha realizado utilizando el modelo de crecimiento elaborado por Silvasur para sus masas clonales. Las variables han sido: la altura dominante (*HTDOM_PROY7años*), el área basimétrica (*GHAPROY7años*), el volumen (*VOLHAPROY7años*) y el crecimiento medio anual estimado para todo el turno (*CMAPROYTURNO*). También se ha trabajado con una variable de calidad de estación media de cada parcela (*M_HTDOM7*) obtenida como la media de los distintos inventarios de la variable *HTDOM_PROY7años*.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico general se han utilizado los 45 casos completos obtenidos en la fase de preparación de datos. Para el conjunto de los datos se ha llevado a cabo una caracterización estadística descriptiva seguida de un análisis de correlaciones de las variables dendrométricas frente al resto de variables ecológicas. Para las variables con las correlaciones más importantes y significativas se ha realizado un análisis de regresión lineal. Estos análisis estadísticos se han repetido para diversos subconjuntos de datos. Para el análisis estadístico se ha utilizado el software SPSS V.-15.0.

Tabla 1. Tipos de litofacies presentes en las zonas de estudio junto con el código de litofacies simplificada.

Código lito_simplificada	Nº de puntos	Nomenclatura litológica
700	2	Lavas básicas y tobas básicas esquistas
1100	6	Pizarras y grauwas (facies Culm)
1200	1	Grauwas y pizarras (facies Culm)
1300	9	Pizarras, areniscas y cuarcitas (facies PQ)
1400	1	Lavas y materiales vulcanoclásticos ácidos e intermedios
1500	1	Lavas ácidas (riolitas)
2000	1	Tobas, tufitas y pizarras.
2100	2	Pizarras y filitas
2200	1	Esquistos y pizarras
3100	8	Materiales pliocuaternarios: arenas, gravas, conglomerados y limos (predominio de arenas)
3150	2	Conglomerados, gravas y arenas con ostreas y calizas bioclásticas arenosas.
3650	1	Limos arenoso-calcáreos amarillentos

4. Resultados y discusión

Estadística descriptiva

En la Figura 1 se muestra la distribución general de los valores de la altura dominante de los pies de las parcelas a los 7 años, agrupados en 5 clases, así como los estadísticos básicos de la variable *HTDOMPROY7años*. Tanto la media como el percentil 50 (mediana) corresponden a la clase de calidad 14-17 m. Para las parcelas que tenían más de una medición se han adoptado los valores medios.

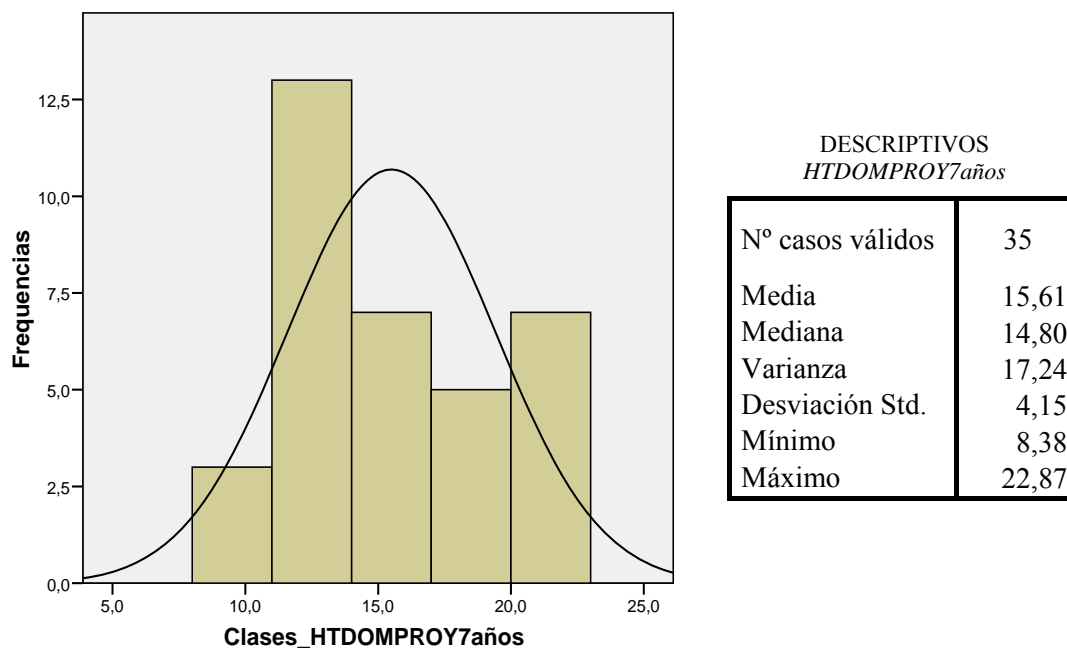


Figura 1. Distribución de frecuencias de los centros de clases de la variable estimadora del índice de sitio HTDOMPROY7años (centros de clases en 9,5-12,5-15,5-18,5-21,5 metros de altura a los 7 años).

En cuanto a la influencia de la roca sobre la calidad de estación, de la observación de la Figura 2, se puede deducir que la roca tiene un peso importante; sin embargo, el número de muestras por tipo de litofacies es, en general, pequeño, con lo que la caracterización de estos resultados precisaría una muestra de mayor tamaño. De este primer análisis se puede observar que:

- Las litofacies 700, 1100 y 1200 presentan, generalmente, calidades bajas.
- Las litofacies 1300, 1400, 1500, 2000, 2100 y 2200 presentan calidades intermedias, aunque 1300 resulta bastante variable.
- Las litofacies 3100, 3150 y 3650 presentan calidades altas.

Análisis de correlaciones

Para el conjunto de los 45 casos completos analizados todas las variables que presentan (Tabla 2) correlaciones significativas altas son de tipo edafológico, en concreto, la profundidad del suelo y los valores texturales (arena, arcilla y limo, tanto las medias del perfil como el horizonte superficial). También presenta una alta correlación negativa la pendiente.

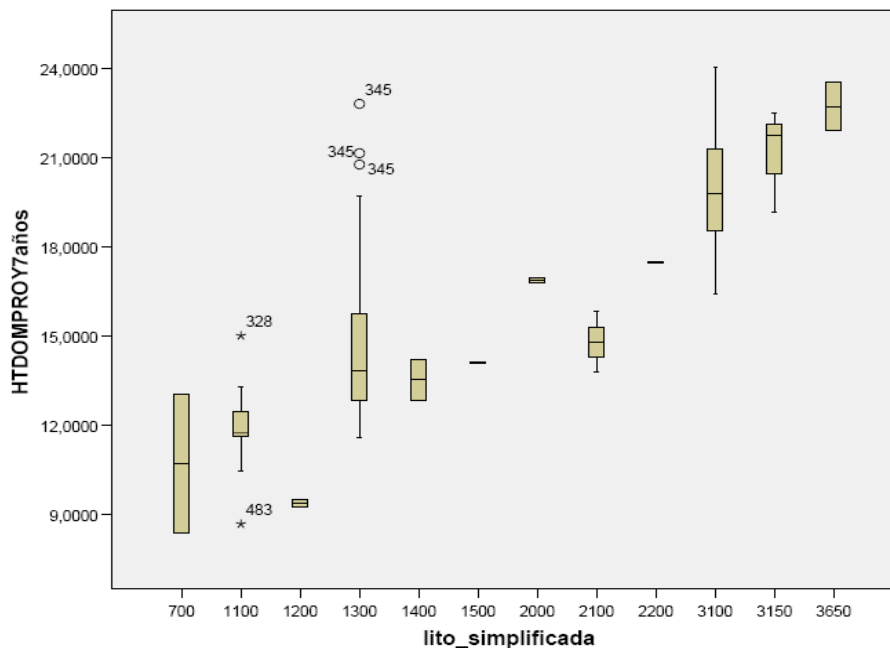


Figura 2. Distribución de los valores de la variable de índice de sitio HTDOMPROY7 años según las distintas litofacies (lito_simplificada) para el número total de casos (72 casos).

En cuanto a las variables climáticas, las correlaciones tienen valores medios aunque significativos; las variables que presentan los valores más altos son la evapotranspiración potencial de primavera media de los últimos dos años (positiva), la evapotranspiración potencial de verano media de los últimos cinco años (negativa) y la evapotranspiración real anual media de los últimos dos años (positiva). Resulta de gran interés que, para la muestra observada, dominen las variables de balance hídrico frente a otras consideradas por otros autores de mayor protagonismo como la precipitación acumulada de los dos últimos años (GARCÍA, 1999). La restricción del área de muestreo a la provincia de Huelva puede explicar parcialmente esta disparidad de resultados, aunque la variabilidad de la distribución de precipitaciones sea significativa.

La capacidad de retención de agua disponible presenta una correlación media (positiva), aunque significativa. Este resultado resulta sorprendente, sobre todo a la vista de la elevada influencia positiva de la profundidad sobre la calidad de estación, ya que la profundidad es un factor fundamental para el cálculo de la CRAD. La explicación se puede encontrar en la fuerte influencia negativa que ejerce el contenido en arcilla sobre los eucaliptos, al ser la arcilla también factor del cálculo de la CRAD según el método de GANDULLO (1994) modificado por DOMINGO *et al.* (2006). Esta circunstancia sería también la explicación de que la capacidad de retención de agua total (CRAM) no presente correlaciones significativas, puesto que en su cálculo la importancia del contenido en arcilla es todavía mayor.

Tabla 2. Correlaciones de Pearson significativas para los 45 casos completos analizados ordenadas de mayor a menor valor absoluto para la variable de altura dominante a los 7 años (HTDOMPROY7años). Se indican también las correlaciones para la variable área basimétrica a los 7 años (GHAPROY7años)

VARIABLE	HTDOMPROY7años		GHAPROY7años	
	Correlación	Sig. (bilateral)	Correlación	Sig. (bilateral)
Prof suelo_origen	0,698	9,9E-08	0,626	4,3E-06
M arcilla	-0,684	2,2E-07	-0,630	3,6E-06
M arena	0,653	1,2E-06	0,601	1,3E-05
M limo	-0,604	1,1E-05	-0,556	7,4E-05
Pdte %	-0,540	1,3E-04	-0,368	1,3E-02
M TF	0,533	1,6E-04	0,413	4,8E-03
ETP P 2	0,421	3,9E-03	0,506	3,9E-04
M AMF	0,419	4,2E-03	0,371	1,2E-02
ETP V 5	-0,365	1,4E-02	-0,291	5,2E-02
CRADutil	0,339	2,3E-02	0,206	1,7E-01
ETR 2 d	0,328	2,8E-02	0,368	1,3E-02

Análisis de regresión

El análisis de regresión paso a paso realizado para las 35 parcelas con datos medios de clima y calidad de estación presenta al contenido en arcilla como única variable significativa, con un valor de $R^2 = 0,605$. Los coeficientes de ajuste del modelo se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Coeficientes de ajuste de la regresión para la variable M_HTDOM7

Modelo	Predictores	Coeftes. no estandarizados		Sig.
		B	Error estándar	
1	(Constante)	21,743	0,971	0,000
	M_arcilla	-0,300	0,042	0,000

Como se puede apreciar en la Figura 3, se trata de un buen ajuste, especialmente si se tiene en cuenta que el método sólo ha tenido en cuenta una variable. En todo caso, sobre la misma figura se puede observar que aparecen valores que se alejan notablemente de los pronosticados por el modelo, tanto para calidades medias y bajas, como para las más altas.

La baja tolerancia de *E. globulus* a las malas condiciones de aireación radicular (RUIZ *et al.*, 2008) estará probablemente relacionada con estos resultados aunque, según lo observado en campo por los autores de este trabajo, el decaimiento o muerte de pies debidos al encharcamiento se dan en zonas puntuales con condiciones de drenaje deficientes. Las texturas arcillosas presentan drenajes lentos, en zonas con pendiente no es frecuente observar síntomas de encharcamiento.

5. Conclusiones

En el presente estudio se analizan las relaciones de la calidad productiva de *Eucalyptus globulus* Labill. con distintas variables ambientales dentro de la provincia de Huelva.

La influencia de la litofacies resulta clara, aunque precisa un análisis más detallado. Las parcelas ubicadas sobre sedimentos recientes (pliocuaternarios) presentan medias de calidad

de estación muy superiores, aunque en los terrenos sobre materiales consolidados también pueden aparecer puntualmente buenas calidades.

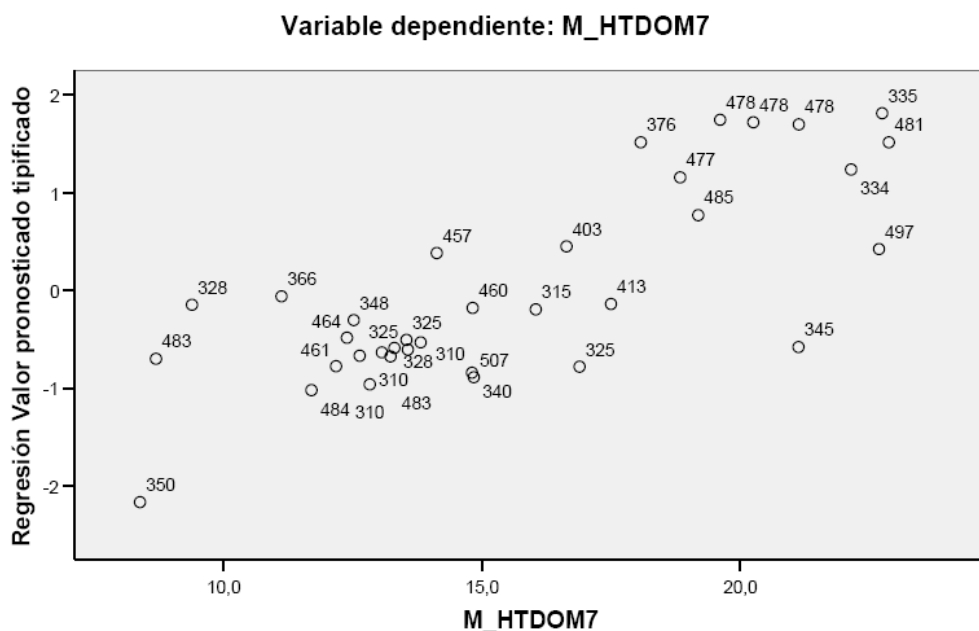


Figura 3. Valores estandarizados de la predicción del modelo frente a los valores reales de $H_{75_parcela}$, para suelos sobre materiales incoherentes.

Las variables ecológicas de tipo edáfico han resultado con correlaciones más altas y más significativas que las variables climáticas y edafoclimáticas, dentro del ámbito provincial en que se plantea el estudio.

La arcilla aparece como la variable que mejor explica la variación de las calidades productivas. Se trata de una correlación negativa, lo que indica que los perfiles arcillosos constituyen un sustrato poco adecuado para el desarrollo del eucaliptal. El resto de variables texturales también presenta buenas correlaciones, destacando la correlación positiva del contenido en arena. La profundidad es la segunda variable más correlacionada con la calidad de estación y se trata, como es lógico, de una correlación positiva, que indica como un beneficio para la planta la posibilidad de prospectar suelos profundos. La capacidad de retención de agua presenta una correlación positiva menor de la esperada, que puede deberse al efecto negativo de la arcilla, cuyos altos contenidos corresponden también a capacidades de retención de agua altas. La pendiente presenta también una correlación negativa significativa.

En consecuencia, los suelos profundos y arenosos en zonas de escasa pendiente proporcionan la mejores calidades de estación. Esta conclusión encaja con los resultados indicados para las litofacies.

Conviene señalar que las rocas esquistosas y de comportamiento anisótropo, como las pizarras y filitas, permiten, en grado variable, su rotura con subsolador. Las preparaciones mecanizadas llevadas a cabo en la selvicultura del eucalipto en el Suroeste peninsular, pueden mejorar, según zonas, la calidad de las masas implantadas.

Dentro de las variables climáticas, las relativas a la evapotranspiración son las que presentan mayores correlaciones. Destaca la media de la ETP de primavera de los últimos dos

años (correlación positiva), así como la media de la ETP de verano de los cinco últimos años, que presenta correlación negativa.

Aunque los resultados obtenidos resultan de gran interés, para poder introducir plenamente los componentes edafoclimáticos dentro de los modelos de producción de eucalipto, se considera necesario incrementar el volumen de datos, con un número suficiente de parcelas dentro de cada litofacies o, al menos, dentro de las litofacies con importante representación dentro del área de estudio.

6. Agradecimientos

El Grupo Empresarial ENCE financia desde 1999 el proyecto de “Caracterización de los suelos forestales de la provincia de Huelva”.

7. Bibliografía

BENGOA, J.L.; 1993. Calidad de estación en rebollares de La Rioja: alternativas al índice de sitio. En Silva-Pando, F.J.; Vega, G. (Eds.): *Actas I Cong. For. Español*. Vol. II, pp. 473-477.

DOMINGO SANTOS, J. M., FERNÁNDEZ DE VILLARÁN, R; CORRAL, E. y RAPP, Í.; 2006. Estimación de la capacidad de retención de agua en el suelo: revisión del parámetro CRA. *Investigaciones Agrarias: Sist Recur For*. 15(1), pp. 14-23.

GANDULLO, J. M.; 1994. Climatología y ciencia del suelo. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 404 pp.

GANDULLO, J. M. Y SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. ICONA. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Madrid. 188 pp.

GARCÍA, O.; 1999. Efectos en el crecimiento del eucalipto en Huelva. Informe interno. Grupo ENCE (inédito).

LÓPEZ FERNÁNDEZ, A. V.; 2007. Estudio de la influencia de variables climáticas y edáficas sobre la calidad de estación de *Eucalyptus globulus* Labill. en la provincia de Huelva. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior La Rábida, Universidad de Huelva. 122 pp. + anejos.

ORTEGA, A. y MONTERO, G.; 1988. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revisión bibliográfica. *Ecología*. Nº 2, pp. 155-184.

RUIZ, F.; LÓPEZ, G.; TOVAL, G. y ALEJANO, R.; 2008. Selvicultura de *Eucalyptus globulus* Labill. En: Serrada, R.; Montero, G. y REQUE, J. A. (eds.): *Compendio de selvicultura aplicada en España*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. 1178 pp.

SERRADA, R.; 2002. Apuntes de selvicultura. Servicio de Reprografía. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 490 pp.

SPURR, S.H. y BARNES, B.V.; 1982. Ecología forestal. AGT Editor S.A. Méjico DF. 690 pp.