

NOTA TÉCNICA

MODELOS DE CRECIMIENTO CON BASE ECOLÓGICA PARA *EUCALYPTUS GLOBULUS* EN SO ESPAÑOL: PLANTEAMIENTO Y PRIMEROS RESULTADOS

Juan M. Domingo-Santos¹, Javier Vázquez Piqué¹, Manuel Fernández Martínez¹, Jesús Lago Macía¹, Eva Corral Pazos de Provencs¹, Rubén Fernández de Villarán San Juan¹ y Federico Ruiz Fernández²

¹ Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva. Campus Universitario de la Rábida. 21819-PALOS DE LA FRONTERA (Huelva, España). Correo electrónico: juan.domingo@uhu.es

² Dirección I+D+i – ENCE. Ctra. A-5000, km 7,5. 21007-HUELVA (España)

Resumen

En el presente trabajo se busca obtener modelos de producción para plantaciones de *Eucalyptus globulus* destinadas a producción de pasta de celulosa en la provincia de Huelva, sobre la base de las variables ecológicas (climáticas y edafológicas) que caracterizan la estación forestal. El dispositivo experimental se está desarrollando en dos niveles; en el primer nivel, de tipo general, se están recogiendo datos dendrométricos y edafoclimáticos de una red de 50 parcelas del inventario del Grupo ENCE, localizadas sobre las litofacies mayoritarias en la zona de estudio (pizarras y filitas); el objetivo de este nivel es la búsqueda de relaciones entre la productividad forestal y las variaciones espaciales de la estación (roca, relieve, clima). El segundo nivel consiste en un dispositivo de toma de datos detallada en 6 parcelas, con el fin de medir con precisión las respuestas de los árboles a las variaciones de la estación; en cada parcela se han colocado dendrómetros de precisión y dispositivos de medición de variables de clima, suelo y planta. En esta comunicación se presenta la base metodológica del proyecto y resultados sobre la profundidad del suelo en los terrenos aterrizados, así como los primeros resultados de pautas de crecimiento del arbolado.

Palabras clave: *Eucalipto, Modelización, Calidad de estación, Dendrómetros*

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El objeto de esta comunicación es presentar el proyecto *Modelos de estimación de la producción de madera de especies forestales en función de parámetros de estación dentro de la provincia de Huelva*, tanto en cuanto a las características de su puesta en marcha, como en cuanto a

sus primeros resultados. En consecuencia, aunque se da una descripción metodológica completa de las fases iniciales del proyecto, los resultados que se presentan hacen referencia a aspectos complementarios del trabajo.

El proyecto que se describe busca obtener modelos de la productividad forestal en función de factores ecológicos abióticos y, a partir de ahí, elaborar herramientas de soporte a la deci-

sión que faciliten la planificación de la gestión de las extensas plantaciones de eucalipto del suroeste ibérico, de las que es propietario o usufructuario el Grupo ENCE.

Se pretende que la estimación de la calidad forestal a partir de factores extrínsecos permita optimizar la producción de las plantaciones, así como que se aporte información para la identificación de las zonas climáticas y los terrenos más productivos, para destinar a otros usos forestales aquellas zonas de bajo interés comercial. Otra gran utilidad de la modelización de las relaciones medio-planta será la elaboración de previsiones sobre evolución futura de la productividad forestal, a partir de los modelos que generan datos de escenarios de cambio climático.

Desde 1999 el equipo investigador del presente trabajo viene realizando el levantamiento de información sobre los suelos de las zonas forestales del suroeste español bajo todo tipo de cubiertas arboladas o arbustivas. Dado que se disponía, por otra parte, de los datos del Inventario Forestal Continuo (IFC) que realiza una empresa filial del Grupo ENCE, sobre los montes que gestiona esta organización, se llevó a cabo un estudio preliminar relativo a la influencia de variables climáticas y edáficas sobre la calidad de estación de *Eucalyptus globulus* Labill. en la provincia de Huelva. Los resultados generales del estudio pueden consultarse en DOMINGO et al. (2009); se estudió el suelo y clima en 30 parcelas del IFC y se identificaron variables climáticas y edafológicas influyentes, aunque sorprendentemente las variables del suelo resultaban más influyentes sobre la calidad de estación. Estos resultados debían ser interpretados con prudencia puesto que el tamaño de la muestra era pequeño, especialmente si se tiene en cuenta que se tomaron bastantes zonas litológicas distintas y que la distribución de la litología no es independiente de la geografía, lo cual nos lleva a que exista una importante covarianza entre clima, litología y suelos.

Estudios anteriores productividad-calidad de estación van desde los de enfoque muy general, como los que han considerado principalmente variables climáticas (ROSENWEIG, 1968; MONTERO DE BURGOS Y GONZÁLEZ REBOLLAR, 1974), o variables edáficas y fisiográficas (CARMEAN, 1975), hasta aquellos que han tenido en cuenta un conjunto amplio de variables ecológicas abióticas

mediante técnicas estadísticas multivariantes (GANDULLO Y SÁNCHEZ PALOMARES, 1994; ELENA-ROSELLÓ et al., 1990). Sin embargo, se echa de menos la integración de todos estos factores en el desarrollo de modelos contrastados con las condiciones actuales de crecimiento y que predigan el posible comportamiento en un escenario futuro de cambio climático.

En concreto, desde el punto de vista del desarrollo de las especies forestales en general y de *Eucalyptus globulus* en particular, la modelización de la relación entre crecimiento y los factores ambientales tiene una gran importancia a distintos niveles:

- Supone un avance importante en la gestión sostenible de estas masas ya que permite conocer su desarrollo y evolución a lo largo del tiempo y, por tanto, la planificación con criterios técnicos de las cortas y los tratamientos intermedios.
- 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 mejorar las funciones crecimiento-clima presentes en los modelos ecosistémicos y de dinámica forestal más generales (p.e. JABOWA, en BOTKIN et al., 1972; FORET, en SHUGART, 1984; FORENA, en SOLOMON, 1986; FORSKA2, en PRICE & APPS, 1996) que normalmente son empíricos y con escasa base ecofisiológica.
- Permite profundizar y adquirir conocimientos más precisos del papel que juegan estas masas como fijadoras de CO₂ atmosférico y su evolución estacional.
- Permite realizar simulaciones de crecimiento de las especies frente a distintos escenarios de cambio climático.

Objetivos

A la vista de lo expuesto, el proyecto que se presenta en el presente trabajo pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- Cuantificación precisa de la influencia de las variables fisiográficas, edáficas y climáticas sobre el crecimiento de las especies de mayor interés forestal en la provincia de Huelva.
- Selección y caracterización de un conjunto de variables estimadoras de la producción

forestal para su aplicación en gestión forestal sostenible.

- Construcción de modelos cuantitativos que permitan predecir, a partir de variables extrínsecas del tipo de las arriba referidas, la productividad forestal de esas especies en la provincia de Huelva.
- Identificación de las variables, cuáles son y bajo qué niveles, que marcan el inicio, finalización y longitud del periodo vegetativo de las especie forestal considerada en la zona de estudio.
- Construcción de modelos de predicción que permitan evaluar la influencia que puedan tener distintos escenarios de cambio climático sobre la productividad forestal en la zona de estudio.

Y como medio para alcanzar los objetivos arriba propuestos se han planteado las siguientes tareas:

1. Establecimiento de un sistema de parcelas experimentales en campo.
2. Recolección de datos de esas parcelas.
3. Procesamiento en laboratorio y gabinete de las muestras recogidas.
4. Análisis de datos obtenidos.
5. Elaboración de los modelos y su materialización en herramientas informáticas de soporte a la decisión.
6. Transferencia de resultados a la empresa cofinanciadora.

El trabajo queda estructurado en dos niveles; el primero se centrará en la obtención de información sobre las estaciones forestales y su relación general con el desarrollo del arbolado; el segundo nivel se centrará en el dispositivo experimental necesario para la medición con dendrómetros de la respuesta del arbolado a las condiciones edafoclimáticas cambiantes. En la exposición metodológica se hablará de “nivel general” para el primero y “dispositivo experimental” para el segundo; si no se dan indicaciones se entiende que se alude a ambos niveles.

MATERIAL Y MÉTODOS

Hasta la fecha del presente trabajo se ha llevado la primera tarea de las indicadas al final de la introducción, y se encuentran en curso tanto la recolección de datos, como el análisis de muestras y procesado de la información. Se reseñan a continuación los principales pasos metodológicos desarrollados.

Estratificación de zonas de producción forestal de la provincia de Huelva

Los estudios de suelo ya realizados (DOMINGO-SANTOS, 2002) establecen para la provincia de Huelva una serie de tipos litológicos denominados “litofacies simplificadas” identificables sobre el Mapa Geológico Nacional E. 1:50.000; a su vez, sobre las litofacies simplificadas se establecen subconjuntos edafológicos denominados “grupos litoedáficos”, de un mayor nivel de definición pero con el inconveniente de que no se dispone de su localización geográfica precisa, dentro de cada tesela de los grupos litoedáficos.

El otro factor relevante de forma general en la calidad de estación forestal es el régimen termopluviométrico. A escala provincial se podrían separar como significativos (DOMINGO-SANTOS et al., 2011) tres rangos de temperaturas (véase Tabla 1) y otros tres rangos de precipitación (Tabla 2), lo cual establece 9 combinaciones posibles, aunque únicamente 8 de ellas aparecen en la zona de estudio.

Un último factor relevante es la procedencia del material forestal de reproducción; actualmente todas las plantaciones que se realizan sustituyen el material proveniente de semilla por material clonal; la empresa gestora no ha apreciado diferencias significativas en el crecimiento de los distintos clones, pero sí existe una diferencia notable con el arbolado de semilla.

CÓDIGO letra	CÓDIGO	Temperatura (°C)
F (Fresca)	10	de 15,5 a 16,5
I (Intermedia)	20	de 16,5 a 17,5
C (Cálida)	30	> 17,5

Tabla 1. Categorías de temperatura media (Temp_media)

CÓDIGO letra	CÓDIGO num.	Precipitación (mm)
B (Baja)	1	de 500 a 650
I (Intermedia)	2	de 650 a 800
A (Abundante)	3	más de 800

Tabla 2. Categorías de precipitación (CAT_Precip)

Selección de estratos relevantes

Dado el alto número de litofacies simplificadas a escala provincial se decide tratar de minimizar en la medida de lo posible la variabilidad edafológica debida a la roca madre, por lo que se escogen tres litofacies simplificadas de características edafológicas muy próximas, que permiten considerar la variable litológica como un solo estrato. Estas litofacies son:

- LtS 1300, pizarras, cuarcitas y areniscas del Devónico-Carbonífero inferior (formación PQ). Las facies principales que aparecen en esta LtS son “Pizarras, grauwas y cuarcitas”, “Pizarras areniscas y cuarcitas”, “Pizarras, cuarcitas, areniscas, cuarzwacas y grauwas con niveles volcánicos” o “Pizarras, areniscas y grauwas”.
- LtS 1100, rocas pizarrosas de facies Culm. Esta unidad está formada por facies como “Pizarras y grauwas con *Posidonomyas*, *Goniatites* y *Archaeocalamites*” o “Pizarras y pizarras con grauwas”.
- LtS 2100, materiales metamórficos tipo filitas, esquistos y materiales cuarcíferos acompañantes. Las facies principales que componen esta LtS son “Filitas con intercalaciones de cuarcitas micáceas”, “Filitas y cuarcitas” o “Filitas y metaarenitas”.

Los suelos más representados en estas litofacies son, siguiendo la clasificación FAO (IUSS, 2006), luvisoles lépticos, acompañados principalmente de alisoles lépticos, alisoles háplicos y regosoles lépticos, todos ellos con una fuerte acidez y abundante pedregosidad (DOMINGO-SANTOS et al., 2011).

Las tres litofacies simplificadas escogidas ocupan el 45,6% de la superficie provincial y un porcentaje aproximado del 70% de la superficie de eucaliptal; además se trata de las únicas litofacies frecuentes que están bien representadas en todas las zonas climáticas de la provincia, lo cual elimina el posible sesgo que dan otras coberturas litológicas que sólo aparecen en la

comarca costera (p.e. arenas) o en la Sierra (p.e. granitos).

En cuanto al régimen termopluviométrico, se va a aprovechar la zonificación realizada por los gestores en núcleos de ordenación; existen 6 núcleos que se corresponden de forma bastante aproximada con distintas combinaciones de categorías de precipitación y temperatura, por lo que esta división territorial ha sido aprovechada para la definición de estratos de muestreo; esta estratificación no implica una separación estanca de la información de cada zona, se busca únicamente una distribución representativa de la variación climática.

En cuanto a la procedencia del material vegetal, se escoge trabajar únicamente con material clonal, que permite minimizar la influencia del genotipo en la calidad de estación.

Diseño de los muestreos y selección de parcelas

Como ya se ha indicado el desarrollo del modelo se ha planteado en dos niveles de detalle, uno general, en el que se han levantado 50 parcelas de muestreo, y otro detallado, que se ha localizado en 6 parcelas.

Para el nivel general, de las 517 parcelas de material clonal de las cuales se seleccionaron las que corresponden a las litofacies 1100, 1300 y 2100 (404 parcelas). A continuación se han eliminado los extremos de la distribución de calidades que corresponden a parcelas con calidad muy mala o muy buena (percentil 5 y percentil 95 respectivamente) por considerarse menos representativas, con lo que nos han quedado 363 parcelas elegibles (el 90% central). La selección de las 50 parcelas se ha realizado por sorteo, pero de forma proporcional al número de parcelas totales que se ubicaba en cada núcleo de montes, tal como puede apreciarse en la Tabla 3, para tratar de cubrir el gradiente climático en la medida de lo posible (Figura 1).

En cada una de las 50 parcelas escogidas se realizó la toma de una muestra combinada de

Núcleo	Nº parcelas	Media	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Muestréos
1	12	13,89	1,30	11,22	15,68	2
2	43	15,83	1,49	11,62	18,38	6
3	32	14,36	2,08	10,90	18,42	4
4	114	14,31	1,85	11,09	18,62	16
5	5	14,49	1,69	12,73	16,39	1
6	157	14,20	1,78	10,87	18,48	22
Total	363	14,43	1,85	10,87	18,62	50

Tabla 3. Distribución de los 50 muestréos en parcelas de inventario forestal, en los distintos núcleos de ordenación de los montes gestionados por el Grupo Ence. Los valores estadísticos se refieren a la altura dominante a los 7 años, que es el indicador principal de la calidad de estación

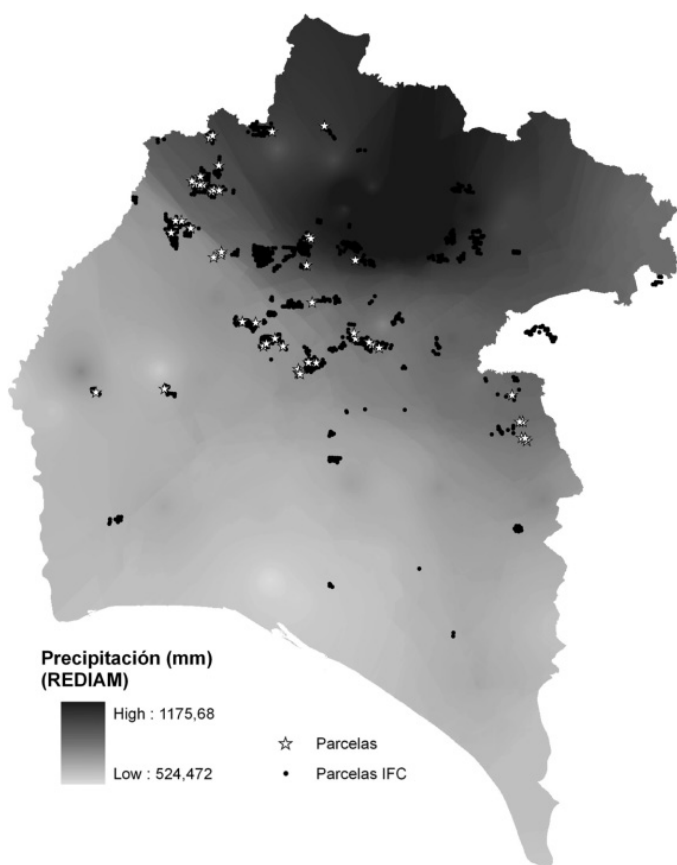


Figura 1. Localización de las parcelas muestreadas (50 parcelas, estrella) dentro de nivel básico de detalle, sobre un fondo indicativo de la distribución provincial de precipitaciones

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. Se observaron y anotaron otras propiedades del suelo, entre las que cabe destacar la profundidad útil. Así mismo

se levantó información sobre la fisiografía, la vegetación y la geometría de los aterrazados.

Para el nivel detallado, la localización de las parcelas se ha escogido cuidadosamente para que cumplan las siguientes condiciones:

- Buena accesibilidad, pues deben realizarse tomas de datos sobre ellas mensualmente.
- Mismas litofacies y material vegetal que para el nivel general.
- Edad de la masa: el arbolado debe estar constituido por brinzales de menos de 7 años

Código	Fecha plantación	LtS	Litofacies	Precipitación (mm)	Temperatura
310_3_14	01/01/2005	1300	Pizarras, areniscas y cuarcitas	636,2	17,32
180_2_6	01/12/2003	2100	Filitas con intercalaciones de cuarcitas micáceas	712,6	16,56
510_1_2	01/01/2004	1300	Pizarras, areniscas y cuarcitas con tufitas locales	712,7	17,69
327_3_12	01/01/2003	1100	Pizarras y grauwacas con <i>Posidonomyas</i> , <i>Goniatites</i> y <i>Archaeocalamites</i>	770,7	17,30
385_1_36	01/11/2003	2100	Filitas con intercalaciones de cuarcitas micáceas	892,5	15,83
645_1_2	01/03/2004	1300	Grauwacas y pizarras	1036,7	15,95

Tabla 4. Características de selección de las 6 parcelas del nivel detallado

(fecha de plantación posterior al 1 de enero de 2003) con el fin de poder tener al menos 4 años de mediciones antes de la corta.

- Buena distribución por el gradiente termopluviométrico provincial.

En la Tabla 4 pueden apreciarse las características de selección de estas parcelas. En estas parcelas se realizaron las siguientes actuaciones:

- Colocación de una estación meteorológica automática completa de medición continua (radiación PAR, temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, y dirección y velocidad de viento). La estación incluye un sensor de temperatura de suelo.
- Colocación de dendrómetros de banda analógicos para medir el crecimiento diametral mensual de los árboles integrantes de la parcela. Se colocaron 30 dendrómetros por parcela, lo que cubre un mínimo del 50% del total de árboles.
- Colocación de 3 dendrómetros electrónicos potenciométricos (VÁZQUEZ-PIQUÉ et al., 2009) para la medición del crecimiento diametral continuo de los árboles.
- Colocación de 2 sensores de humedad de suelo de medición continua situados a dos profundidades (de 0-20 cm y de 20-40 cm) en la base de cada dendrómetro electrónico.
- Colocación de un termómetro de suelo a 10 cm de profundidad, en la base de uno de los dendrómetros digitales.
- Toma de muestras de suelo en las inmediaciones de los 3 árboles equipados con dendrómetros electrónicos (Fotografía 1). Se

muestrearon todas las capas de suelo hasta alcanzar roca dura, con un intervalo de 20 cm de espesor y se hizo una breve descripción de horizontes. A diferencia del nivel generalizado, no se llevó a cabo la mezcla de muestras de los tres puntos de muestreo.

- Levantamiento de información general del mismo tipo que el realizado para las 50 parcelas de nivel de detalle general, y se midió la altura de los árboles con dendrómetros.
- Toma periódica de muestras de hojas para realización de análisis foliar.

PRIMEROS RESULTADOS

El proyecto se encuentra en fase de recogida de datos dendrométricos y meteorológicos, por lo que no se han llevado a cabo aun los análisis de datos para alcanzar sus objetivos principales; sin embargo se tienen ya algunos resultados sobre la información complementaria levantada que se consideran de interés científico y técnico, por lo que se exponen a continuación.

Geometría de los aterrazamientos

De los 56 puntos muestreados 48 se encontraban sobre terrazas y 8 en terrenos subsolados. En la Tabla 5 se indican los valores estadísticos de las dimensiones que definen las terrazas.

Profundidad del suelo

En relación a la profundidad del suelo, tal como puede verse en la Tabla 6, los terrenos

subsuelos presentan en general profundidades superiores, de media unos 10 cm más.

Por litofacies las diferencias son menores, aunque se aprecia que los suelos sobre filitas

(LtS-2100) tienen profundidades menores en general (Tabla 7). Si se comparan las profundidades obtenidas en las parcelas de eucaliptal con otros muestreos de suelo realizados por el mismo



Fotografía 1. Izda.: punto de muestreo del suelo junto a un árbol con dendrómetro electrónico. Dcha.: de abajo hacia arriba, dendrómetro de banda, dendrómetro electrónico, y la caja que protege el sistema de almacenamiento de datos (datalogger)

Dimensiones terrazas (m)	Media	Error típico media	Mínimo	Máximo	Desviación típica
Ancho plataforma	3,24	0,08	2,2	5,2	0,55
Alto talud	1,35	0,06	0,55	2,8	0,41
Ancho talud	1,77	0,08	0,8	3,2	0,54
Distancia entre ejes de terraza	5,25	0,11	4,1	7,4	0,77

Tabla 5. Estadísticos de las principales dimensiones de las terrazas de las 48 parcelas con aterrazamientos

Tratamiento del suelo	Nº casos	Prof. media (cm)	Error típico media	Mínimo	Máximo	Desviación típica
Aterrazado	48	59,9	1,2	50	85	8,1
Subsolado pleno	8	70,6	3,2	60	90	9,0
Total	56	61,5	1,2	50	90	9,1

Tabla 6. Profundidad de los suelos según la preparación del terreno (valores en cm)

LtS	Nº casos	Prof. media (cm)	Error típico media	Mínimo	Máximo	Desviación típica
1100	12	61,9	2,9	50	80	9,9
1300	23	65,0	2,0	50	90	9,7
2100	21	57,3	1,3	50	65	5,8

Tabla 7. Profundidad del suelo (valores en cm) en las parcelas de muestreo con preparaciones de aterrazamiento o subsolado según litofacies simplificadas (LtS)

equipo investigador sobre terrenos no aterrizados dentro de la provincia de Huelva (Tabla 8), se aprecia que las profundidades medias son mayores en los terrenos menos intervenidos; sin embargo, si se observan los valores mínimos y máximos (o también las desviaciones típicas) para terrenos bajo cultivo de eucalipto, se ve que el rango de profundidades es notablemente más estrecho que para los terrenos no aterrizados.

Funcionamiento de los sistemas electrónicos de medición

El funcionamiento de los aparatos de medición ha sido satisfactorio. Los sistemas de medición electrónica recogen datos cada 15 minutos, lo cual permite conocer muy de cerca cómo reaccionan los árboles a las variaciones de su entorno.

A escala temporal diaria, los árboles presentan oscilaciones en su grosor con un valor aproximado de una décima de milímetro, debido al efecto de succión-deshidratación que provoca el sistema foliar cuando está evapotranspirando, especialmente en días soleados (Figura 2). La disponibilidad de humedad edáfica está vinculada a curvas de crecimiento regular, mientras que en los periodos secos el crecimiento se detiene o, incluso, se producen ligeras contracciones, más allá de las oscilaciones de grosor diarias ya aludidas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta comunicación se trata de un trabajo preliminar en el que se ha buscado exponer las líneas básicas del proyecto y unos primeros resultados.

LtS	Nº casos	Prof. media (cm)	Error típico media	Mínimo	Máximo	Desviación típica
1100	34	64,4	5,0	15	126	29,4
1300	47	76,6	5,1	18	150	34,7
2100	20	75,4	5,4	45	130	24,0

Tabla 8. Profundidad del suelo (valores en cm) en muestreos sobre terreno no preparado mecánicamente (terreno natural), dentro de las mismas litofacies en las que se han realizado los muestreos del proyecto

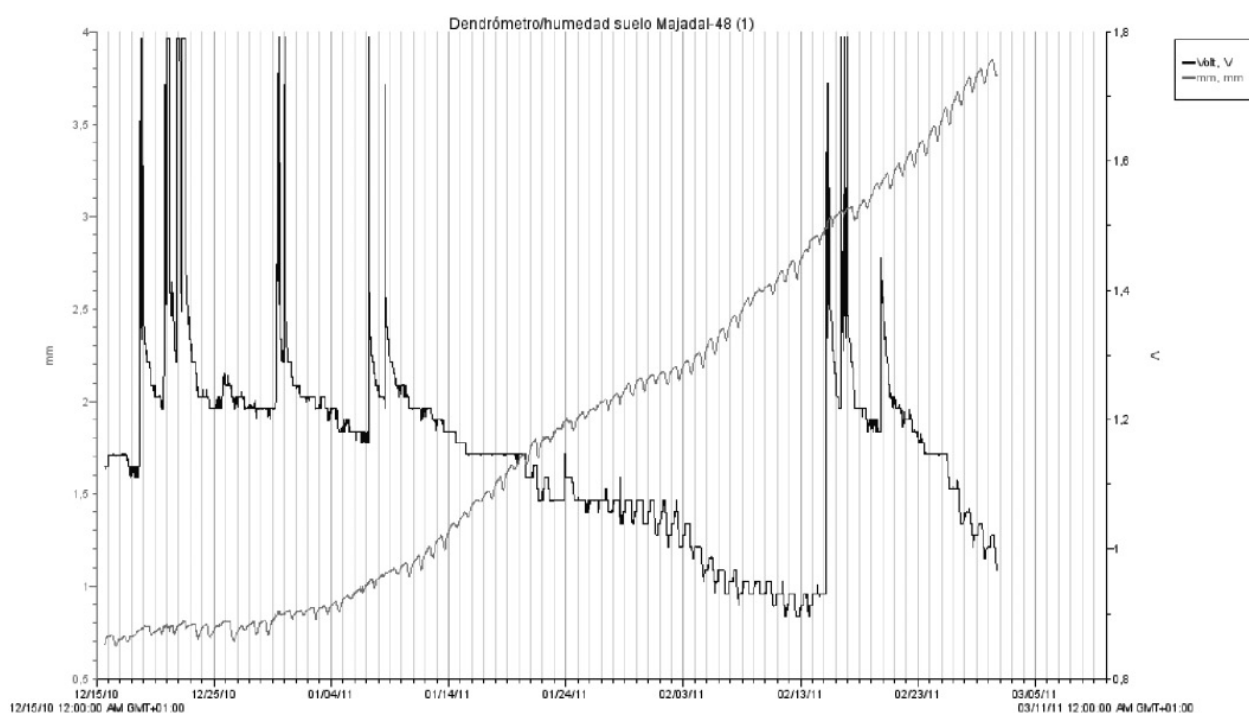


Figura 2. Gráfico de registros de humedad del suelo (negro) y crecimiento radial (gris) en una de las parcelas experimentales

Después de un año del inicio del trabajo, hay un correcto funcionamiento del dispositivo experimental puesto en marcha en 6 parcelas de inventario de *Eucalyptus globulus* de la provincia de Huelva, para la toma de datos climáticos, edafoclimáticos, dendrométricos y fisiológicos. También se ha finalizado la toma de muestras de suelos, así como el levantamiento de información complementaria de otras variables ecológicas.

Las tres litofacies escogidas como posibles zonas de muestreo presentan valores medios de profundidad bastante cercanos. A falta de incorporar otras características edafológicas, esta relativa homogeneidad se considera positiva para que no exista una interferencia excesiva del suelo en los modelos que se generen.

Se ha observado una homogeneidad muy significativa en la profundidad de los suelos preparados para las plantaciones de eucalipto, en comparación con las observaciones realizadas en terrenos con menor grado de intervención. Entre los factores que pueden justificar esta homogeneidad se tendrían:

- La exclusión de las zonas de suelo somero sobre roca firme ante la dificultad de su preparación mecanizada.
- El aumento de la profundidad útil por la acción mecánica del subsolador en aquellas zonas en las que la roca es suficientemente friable.
- La localización de las plantaciones sobre terrenos que han sufrido en el pasado intensos procesos erosivos, causados por los incendios y el pastoreo, por lo que escasean las zonas con suelos profundos, salvo algunas partes bajas de ladera.

La terraza media de las 56 parcelas levantadas tiene un ancho de plataforma de 3,24 m, una altura de talud de 1,35 m, un ancho de talud de 1,77 m, y una distancia entre ejes de terrazas de 5,25 m.

Agradecimientos

Esta investigación está financiada por el convenio suscrito entre la Universidad de Huelva y el Grupo Empresarial ENCE, denominado Modelos de estimación de la producción de madera de especies forestales en función de parámetros de estación dentro de la provincia de Huelva.

BIBLIOGRAFÍA

- BOTKIN, D.B.; JANAK, J.G. & WALLIS, J.R.; 1972. Some ecological consequences of a computer model of forest growth. *J. Ecol.* 60: 849-872.
- CARMEAN, W.; 1975. Forest site quality evaluation in the United States. *Adv. Agronomy* (27): 209-269.
- DOMINGO-SANTOS, J.M.; 2002. *Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva*. Ph.D Thesis, E.T.S.I. Montes (UPM). 2 Vols. [en línea] <<http://oa.upm.es/811/>>
- DOMINGO-SANTOS, J.M.; LÓPEZ FERNÁNDEZ, A.V.; CORRAL PAZOS DE PROVENS, E.; SEVILLA SÁNCHEZ, J.; RUIZ FERNÁNDEZ, F. Y LAGO MACÍA, J.; 2009. Calidad de estación de eucalipto y factores edafoclimáticos en la provincia de Huelva. *En: S.E.C.F.–Junta de Castilla-León (eds.), Actas del 5º Congreso Forestal Español 5CFE01-237: 2-11*. S.E.C.F. Pontevedra.
- DOMINGO-SANTOS, J.M.; CORRAL PAZOS DE PROVENS, E.; FERNÁNDEZ DE VILLARÁN SAN JUAN, R.; REDONDO SALGUERO, R. Y RAPPARRARÁS, I.; 2011. *Caracterización de suelos forestales de las Hojas del MTN 1:50.000 N° 938 “Nerva” y N° 960 “Valverde del Camino”*. Informe técnico (inéd.). Grupo ENCE - Universidad de Huelva.
- ELENA-ROSELLÓ, R.; TELLA, G.; ALLUÉ, J.L. Y SÁNCHEZ PALOMARES, O.; 1990. Clasificación biogeoclimática territorial de España: definición de ecorregiones. *Ecología*, Fuera de serie 1: 59-73
- GANDULLO, J.M. Y SÁNCHEZ PALOMARES, O.; 1994. *Estaciones ecológicas de los pinares españoles*. ICONA. Madrid.
- IUSS WORKING GROUP WRB; 2006. *World reference base for soil resources 2006*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- MONTERO DE BURGOS, J.L. Y GONZÁLEZ REBOLLAR, J.L.; 1974. *Diagramas bioclimáticos*. ICONA. Madrid.
- PRICE, D.T. & APPS, M.J.; 1996. Boreal forest responses to climate change scenarios along an ecoclimatic transect in central Canada. *Climatic Change* 179-190.

- ROSENZWEIG, M.L.; 1968. Net Primary Productivity of Terrestrial Communities: Prediction for Climatological Data. *Ame. Nat.* 102(923): 67-74.
- SHUGART, H.H.; 1984. *A theory of forest dynamics*. Springer-Verlag. New York.
- SOLOMON, A.M.; 1986. Transient response of forests to CO₂ induced climate change: simulation experiments in eastern North America. *Oecologia* 68: 567-579.
- VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; TAPIAS MARTÍN, R. Y GONZÁLEZ-PÉREZ, A.; 2009. Desarrollo, características y aplicaciones de un dendrómetro potenciométrico para la medición continua del crecimiento diametral de especies arbóreas. *En: Sociedad Española de Ciencias Forestales-Junta de Castilla y León (eds.), Actas del 5º Congreso Forestal Español 5CFE01-042: 2-11.* Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pontevedra.