

# PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA ESTUDIOS SOBRE MORFOLOGÍA RADICAL ARBÓREA

R. SERRADA HIERRO (1); P. VILLAR SALVADOR (2,3); S. DOMÍNGUEZ LERENA (2); S. GARRACHÓN MERINO (1); M. SERRADA REDONDO (1)

- 1- U.D. Selvicultura. Departamento de Silvopascicultura. EUIT Forestal. Ciudad Universitaria s/n. 28040. Madrid
- 2- Centro de Mejora Forestal "El Serranillo". D. G. Conservación de la Naturaleza. MIMAM. Apdo. 249. 19004. Guadalajara.
- 3- Dep. de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares (Madrid).

## RESUMEN

La propuesta que se presenta se deriva de los trabajos del Proyecto de Investigación titulado "Estudio de los efectos diferidos de las deformaciones radicales producidas en el cultivo de plantas forestales sobre pies de masas repobladas", aprobado para ser desarrollado en la EUIT Forestal de Madrid, con el número FOA97-1651, por el programa estratégico movilizador de I+D en apoyo a la forestación del INIA y la CICYT. En este Proyecto de Investigación se fijan como objetivos genéricos los siguientes:

- Determinar las deformaciones morfológicas que se producen en la arquitectura de los sistemas radicales de las plantas forestales, tanto por su cultivo en contenedor como por las malas prácticas de plantación.
- Evaluar los efectos de estas deformaciones en los resultados de las plantaciones forestales, a nivel de supervivencia, de crecimientos y de estabilidad de las repoblaciones.

Más particularmente, la presente propuesta metodológica tiene como objetivo unificar los criterios morfológicos de descripción de sistemas radicales de pies arbóreos, de modo que puedan ser comparados pies de diferentes edades, especies y estados de desarrollo.

**P.C.:** Morfología radical; biometría.

## SUMMARY

The methodology proposed in this paper has been derived from the works carried out in the investigation project titled "Study of the differed effects of the root-systems deformations on afforested trees due to the cultivation of forest plants". The main objectives of this project were:

- To determine the root deformations in forest species induced by containers or/and bad-handling during plantation.
- To assess the effects of these deformations on survival, growth and stability of the afforestations.

Particularly, the main topic of the proposed methodology is to unify the morphological criteria in root-systems description, to compare trees of different ages, species and growth stage.

**K.W.:** Root morphology; biometry

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales y Metodología sobre Biometría

Tras la elección de los individuos muestra representativos de una masa arbórea, se procede a realizar la medición del diámetro de copa en dos direcciones, una en el sentido de la labor o curva de nivel y otra perpendicular a ésta. Para esto se usan dos jalones que se sitúan en la vertical de la proyección de la copa y una cinta métrica.

Después se apean los pies. Se mide la altura del tocón y el diámetro en su base; y con el árbol en el suelo, la altura total. Se ata al tocón un trozo de cinta con las siglas identificativas del individuo, para poder encontrarlo más fácilmente y mantener la identificación; y se pinta en la superficie de corte una línea en dirección a la labor o curva de nivel y con una flecha señalando el

rumbo norte, así como sus siglas de identificación. A continuación se desrama y se tronzan los fustes. Por último se guardan muestras de parte aérea (fuste, ramas gruesas, ramas finas o menores de 2 cm con hojas) en sacos etiquetados para, tras pesadas en verde de las fracciones totales y de las muestras, estimar peso seco. A la vez que se desrama se guardan en sobres de papel algunas ramillas de la parte superior de la copa, que servirán para hacer análisis de nutrientes. El secado al aire se completa en 30 días durante primavera-verano.

La siguiente operación consiste en separar cuidadosamente las hojas de las ramas finas (diámetro menor de 2 cm), bien de las muestras, bien del ejemplar completo. Tras pesar las hojas, se remueven y se procede a extraer aleatoriamente una muestra de ellas, que se guarda en un sobre de papel, y que sirve para estimar la superficie y la densidad foliar de cada árbol, tras rehumectación y medición de superficie con escáner.

Para el análisis de los distintos nutrientes en hoja se utilizan distintas metodologías específicas: para Ca y Mg, un espectrofotómetro de absorción atómica; para K, un espectrofotómetro por emisión; para N, el método KJELDAHL; para P, una determinación espectrofotométrica a 660 nanómetros.

## **Materiales y Metodología sobre Morfología Radical**

La primera operación es extraer las cepas del suelo. Para esto se usa una retroexcavadora, que hace zanjas alrededor del tocón con el fin de que se desprenda del sustrato. A continuación se engancha el tocón con una eslinga atada a su vez a la pala de la máquina y se eleva; una vez extraída y limpia la cepa se etiqueta. En caso de que en la extracción se rompa alguna raíz se recoge para intentar reconstruirla en laboratorio.

Una vez extraídas las cepas se dejan secar al aire bajo cubierta, durante 42 días, y se procede a su limpieza detallada y preparación. La limpieza consiste en la eliminación de la tierra pegada a ellas, con la ayuda de punzones y alcotanas; y la preparación en cortar, con una motosierra, una rodaja de unos 2 cm de espesor del cuello de la raíz y volver a dibujar en la sección la línea de dirección de la labor, la dirección al norte y las siglas de identificación. Se deja un tocón de 10 cm en todos los casos.

Después se almacenan en lugar seco y se realiza la medición de las cepas. La metodología utilizada para esto está basada en medir los diámetros de las raíces laterales y del pivot, dividiéndolas en sectores circulares. Con este fin se utilizan mesas circulares, de distintos tamaños: una pequeña, con radio de 29 cm, para cepas de hasta 9 cm de diámetro de fuste; otra grande, con radio de 64 cm, para cepas de hasta 20 cm de diámetro de fuste, ambas divididas en ocho sectores.

El objetivo es conocer la superficie ocupada por las raíces en tres cilindros concéntricos y de diferentes tamaños. El tamaño de estos cilindros es función del diámetro del fuste (DF), de forma que el cilindro más pequeño tiene por radio el diámetro del fuste (1DF), el cilindro mediano tiene por radio el doble de ese diámetro (2DF) y el más grande tiene por radio el triple de aquel diámetro (3DF). Las alturas de esos cilindros son siempre constantes y para cada cilindro son, respectivamente: 30, 45 y 60 centímetros.

El proceso a seguir es el siguiente: primero se mide el diámetro del fuste en las rodajas cortadas en la preparación haciendo dos mediciones, una según la línea del sentido de la labor y otra perpendicular a ella, y se calcula la media y los radios de los cilindros (1DF, 2DF, 3DF); después se coloca la cepa sobre la mesa que le corresponda, según el tamaño, y se orienta de forma que la flecha que indicaba el sentido de la máxima pendiente hacia arriba quede entre los sectores 1 y 8. Se colocan unas barras, que marcan las diferentes alturas en el radio mayor correspondiente y se cortan las partes de las raíces que sobresalgan del cilindro exterior. Una vez hecho esto se procede a la medición de los diámetros de las raíces con la ayuda de un calibre digital; se miden todas las raíces

laterales que se encuentren en cada sector desde la altura correspondiente al cilindro hasta el cuello de la cepa, y los diámetros de las raíces que sobresalen de la base superior del cilindro. La misma operación se repite con los tres cilindros. En ocasiones, una de las raíces laterales se encuentra entre dos sectores, en estos casos se apunta el diámetro en cada sector con la indicación de incluir la mitad de la superficie en cada uno. Otra particularidad que surge en ocasiones, es la existencia de raíces con forma elíptica, en estos casos se hacen dos mediciones según el diámetro mayor y el menor, apuntándose de la siguiente forma: (R;r). Para el cálculo de la superficie de las raíces elípticas se usa como diámetro la media de ambas mediciones. Tras hacer todas las mediciones pertinentes, la cepa es pesada.

Cuando aparecen cepas con cicatrices de raíces gruesas rotas y perdidas, para no perder información, se mide el diámetro de la raíz en la cicatriz y se utiliza reducido de la siguiente forma: para el cilindro mayor (3DF) se multiplica ese diámetro por 1/2, para el siguiente cilindro (2DF) se multiplica por 2/3 y para el menor (1DF) por 3/4.

A la vez que se miden las cepas se determinan datos cualitativos. Éstos son la forma del pivot y la forma general de la cepa. Las claves utilizadas son adaptación al presente caso de las claves Menzies Scoring System, citadas por BALNEAVES y DE LA MARE (1989). Para la forma del pivot se establecen ocho tipos que quedan representados en la figura nº 1. Para la forma general de la cepa se establecen también ocho grupos, que quedan representados en la figura nº 2.

También se mide la longitud del pivot, su diámetro en el extremo, con el fin de saber si está roto, el diámetro en la mitad de su longitud y el diámetro a una longitud de 60 cm; y por último se anota si existen injertos de raíz o no.

Con la información tomada se obtienen los siguientes valores cuantitativos para cada cepa:

- Diámetro de base del fuste, sin corteza (DF), en centímetros.
- Área basimétrica del fuste (G), en centímetros cuadrados.
- Peso de cepa (PC), en kilogramos.
- Longitud de la raíz principal (L), en centímetros.
- Diámetro medio de la raíz principal (Dm), en centímetros.
- Esbeltez de la raíz principal (Erp), que es el cociente de la longitud de la misma entre su diámetro medio (L/Dm).
- Asimetría de la troza basal (As = D mín / D máx), que es el cociente del diámetro mínimo de la troza basal del fuste entre el diámetro máximo.
- Excentricidad de la troza basal (Ex = R mín / R máx), que es el cociente del radio menor entre el radio mayor.
- Superficie radical lateral total por cilindros (Sl1; Sl2; Sl3), en centímetros cuadrados.
- Superficie radical basal por cilindros (Sb1; Sb2; Sb3), en centímetros cuadrados.

También se calculan las siguientes relaciones:

\* Cociente de la suma de la superficie lateral mas la superficie basal, entre la superficie del fuste, que se ha representado como “SF”, para los tres cilindros (C<sub>T/F</sub>):

$$C_{T/F} = (S_{\text{lateral}} + S_{\text{basal}}) / S_F = S_T / S_F.$$

\* Cociente de la superficie lateral entre la del fuste (C<sub>L/F</sub>), para los tres cilindros:

$$C_{L/F} = S_L / S_F.$$

\* Cociente de la superficie basal entre la del fuste (C<sub>B/F</sub>), para los tres cilindros:

$$C_{B/F} = S_B / S_F.$$

\* Cociente de la superficie lateral entre la basal (C<sub>L/B</sub>), para los tres cilindros:

$$C_{L/B} = S_L / S_B.$$

Los índices IDRs e IDRn, se llaman Índice de Distribución de Raíces por superficies (también índice de simetría) e Índice de Distribución de Raíces por numero, respectivamente. Para ambos se han establecido unos rangos numéricos en función de los cuales la calidad de la cepa será mejor o peor. A continuación se procede a explicar cada uno de los índices y sus rangos por separado:

- *Índice de Distribución de Raíces por Superficies (IDRs):*

Este índice pretende calificar la calidad de la cepa según quede distribuida la superficie radical lateral por sectores, respecto del total, calculándolo para los tres cilindros. La mejor situación, que corresponde a la mejor calidad, es que en cada sector se encontrara una octava parte de la superficie radical lateral total. Llamando  $S_i$  a la superficie radical lateral de cada sector, y  $S_L$  a la superficie radical lateral total, para un determinado cilindro, el cociente entre ambos para este caso, sería igual a 0,125, correspondiéndole entonces el máximo valor del rango, que es 1.

Del mismo modo, la peor situación correspondería al hecho de que en un sector no hubiera raíces, y, por tanto, superficie radical lateral, siendo el cociente  $S_i/S_L$  igual a cero; correspondiéndole entonces el mínimo valor del rango, que es 0. Otra situación que se puede encontrar es que todas las raíces laterales se encuentren en un solo sector, resultando el cociente entre la superficie radical lateral del sector y la total del cilindro igual a la unidad. En este caso el valor del rango que se le asigna es el cero, correspondiente a la peor calidad, ya que no es nada bueno que la superficie radical lateral de la cepa este tan mal distribuida.

Se pueden resumir los valores de los rangos asignados a los sectores de la siguiente forma:

- \*  $S_i / S_L = 0,125$  .....  $v = 1$
- \*  $S_i / S_L = 0$  .....  $v = 0$
- \*  $S_i / S_L = 0$  a  $0,125$  .....  $v = 8 (S_i/S_T)$
- \*  $S_i / S_L > 0,125$  hasta 1 .....  $v = 1,143 - 1,143 (S_i/S_T)$
- \*  $S_i / S_T = 1$  .....  $v = 0$

Por último se calcula el IDRs para cada cilindro, que es el sumatorio de los valores del rango de cada sector:  $IDRs = \sum v_i$

Este índice podrá estar comprendido entre 0 y 8, correspondiendo el primero a la peor calidad y el segundo a la mejor.

- *Índice de Distribución de Raíces por Numero (IDRn).*

Este índice pretende evaluar la calidad de las cepas teniendo en cuenta la presencia/ ausencia de raíces laterales en cada sector. Los valores que se asignan a cada sector para calcularlo son:

- Si no hay ninguna raíz en el sector .....  $n = 0$
- Si hay alguna raíz en el sector .....  $n = 1$

El IDRn se calcula como el sumatorio de los  $n_i$  de todos los sectores, para cada cilindro:  $IDRn = \sum n_i$

Este índice puede tomar valores comprendidos entre 1 y 8, correspondiendo el primero a la peor calidad, y el segundo a la mejor.

Por último, se calculan otros tres índices más, que son los siguientes:

- \* Cociente de la superficie radical total, es decir, la suma de las superficies laterales radicales y las

basales, entre el peso de la cepa, en  $\text{mm}^2/\text{g}$  ( $S_T/PC$ ).

\* Cociente de la superficie lateral radical total entre el peso de la cepa, en  $\text{mm}^2/\text{g}$  ( $S_L/PC$ ).

\* Cociente de la superficie basal total radical entre el peso de la cepa, en  $\text{mm}^2/\text{g}$  ( $S_B/PC$ ).

Se considera este grupo de índices como directamente proporcionales a la calidad del sistema radical.

## **BIBLIOGRAFÍA**

BALNEAVES J.M., DE LA MARE P.J., 1989. Root patterns of *Pinus radiata* on five ripping treatments in Canterbury Forest. *New Zealand Journal of Forestry Science*. 19(1): 29-40.

**Figura 1.-** Clave gráfica para morfología de pivot (dibujos de Arturo Gómez).

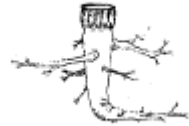
OP: pivot normal



1P: pivot inclinado



2P: pivot acodado



3P: pivot espiralizado o moño



4P: pivot anulado por suelo compacto



5P: pivot bifurcado



6P: varios pivots



7P: pivot desde secundarias



**Figura 2.-** Clave gráfica para morfología de distribución lateral de raíces (ídem).

0S: sin defectos



1S: raíces en una dirección y sentido



2S: raíces en una dirección y sentidos opuestos



3S: raíces espiralizadas alrededor del pivot



4S: raíces acodadas



5S: raíces tangentes



6S: raíces en tres sentidos faltando en el cuarto



7S: sólo pivot, sin secundarias gruesas



