

## DRAWIFN2-PROGRAMA PARA EL CALCULO Y DIBUJO DE DISTRIBUCIONES DIAMETRICAS DE LAS PARCELAS DEL 2.º INVENTARIO FORESTAL NACIONAL\*

S. CONDÉS<sup>1</sup>, M. FERNÁNDEZ-VAQUERO<sup>1</sup>, E. GORDILLO<sup>1</sup> y J. MARTÍNEZ MILLÁN<sup>1</sup>

### RESUMEN

Presentamos un programa que permite trabajar con las parcelas del 2.º Inventario Forestal Nacional. A partir de las bases de datos generadas en dicho Inventario se pueden visualizar datos de una parcela en particular, obtener la distribución diamétrica de los árboles que contiene y dibujar la distribución espacial de dichos pies.

El programa se ha escrito en Visual Basic 3.0 y se puede utilizar con cualquier PC compatible.

**Palabras clave:** Inventario Forestal. Parcelas circulares concéntricas. Distribuciones diamétricas. Distribuciones espaciales de árboles. Simulación.

### ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El Segundo Inventario Forestal Nacional (IFN-II) está próximo a terminar su fase de toma de datos de campo (1986-1995).

Las parcelas de muestreo de campo de dicho inventario están dispuestas en los vértices de una malla de 1 km × 1 km (adaptada a kilómetros exactos de la malla UTM) que se superpone a la superficie arbolada.

Estas parcelas tienen un carácter permanente, es decir, están marcadas y referenciadas de modo que se puedan localizar exactamente en futuras mediciones.

La localización exacta del centro de una parcela se podrá conseguir consultando el croquis del itinerario seguido para su implantación, ayudándose con los rumbos y distancias medidos a algunos puntos próximo característicos (rocas, cruces de caminos, etc...) y por último, localizando, mediante un detector de metales, un tubo metá-

lico enterrado, el cual determina exactamente el centro de la parcela.

En las parcelas de muestreo se han medido los árboles incluidos en cuatro círculos concéntricos de 5, 10, 15 y 25 m dentro de los cuales se seleccionan respectivamente los pies de diámetro normal igual o mayor a 7,5 cm, a 12,5 cm, a 22,5 cm y a 42,5 cm (Fig. 1).

Todos los pies medidos están localizados por su rumbo y su distancia con respecto al centro de la parcela. De cada árbol se registra la especie, la forma de cubicación, el estado sanitario y se mide su diámetro y su altura total.

Una vez terminada la toma de datos del IFN-II está prevista la remediación de todas las parcelas en el IFN-III, que se realizará en el próximo decenio.

La comparación de los dos inventarios va a permitir una estimación objetiva de los crecimientos, corras, incorporación a la masa inventariable, y mortalidad.

Esta red de parcelas permanentes, unas 90.000 en toda España, constituyen una valiosa infraestructura de datos para la investigación del crecimiento y producción de todo tipo de masas forestales, pero además proporciona la base para estudios de las distribuciones espaciales de árboles.

\* Este trabajo ha sido patrocinado por el proyecto «EC Development and harmonisation of monitoring system for forest resources management in Europa».

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid.

Provincia: Toledo                      Estadillo: 374

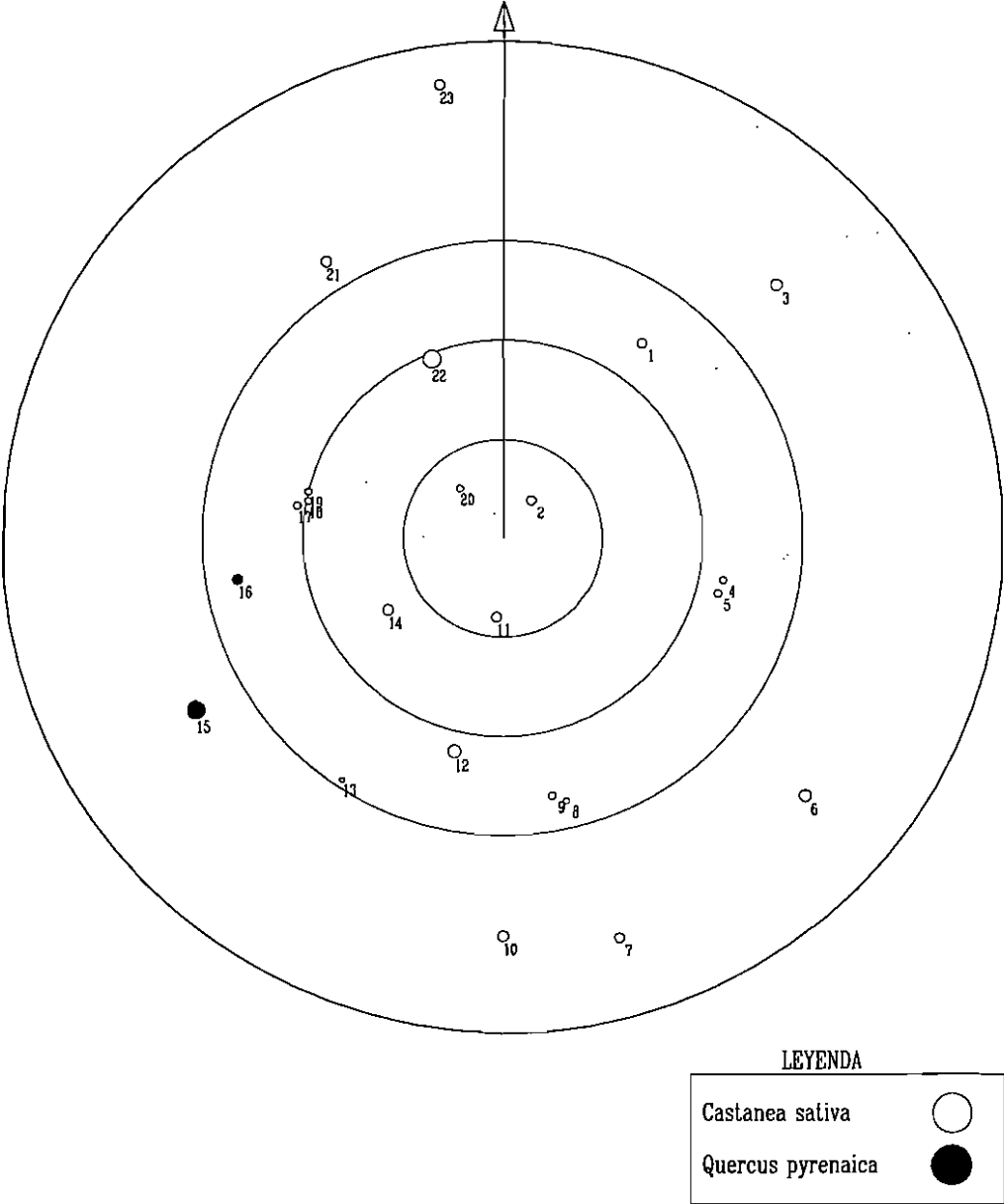


Fig. 1. Distribución espacial de los árboles medidos en una parcela.

Dentro de esta última línea de investigación, los autores de este programa están implicados en un proyecto de investigación titulado *Desarrollo y normalización de los sistemas de monitorización para la gestión de los recursos forestales en Europa*. Este proyecto, de tres años de duración, incluye entre sus objetivos la determinación de los diseños de muestreo más adecuados para el inventario forestal de distintas masas forestales. Para ello se va a desarrollar un sistema de simulación con ordenador, titulado *EURO-FOREST*, que se aplica a distribuciones espaciales de árboles, en parcelas de superficie de 0,25, 0,5 y 1 ha (según la densidad de la masa).

Con vistas a facilitar el manejo de los datos del IFN-II referentes a distribuciones diamétricas, tanto de frecuencias como espaciales, se ha confectionado el programa DRAWIFN2.

Con la creación de este programa pretendemos:

- Que se pueda acceder de forma rápida y sencilla a los datos de las parcelas de muestreo del IFN-II sin tener que recurrir al estadillo de campo correspondiente.
- Obtener esquemas gráficos con la disposición espacial de los pies medidos en el IFN-II.
- Obtener las distribuciones diamétricas resultantes de cada parcela de muestreo.
- Obtener las distribuciones espaciales derivadas, en parcelas cuadradas.

## DESCRIPCION DEL PROGRAMA

El programa utiliza, como entrada de datos para cada provincia, los cinco ficheros (\*.dbf) generados en el proceso de datos del IFN-II. Estos ficheros contienen respectivamente los datos correspondientes a: datos generales descriptivos de la parcela, pies mayores, pies menores, árboles tipos y matorral.

Una vez elegida la base de datos de la provincia deseada, se procede a seleccionar la parcela que se desea procesar. Esto se puede hacer a partir del número del estadillo, a partir de sus coordenadas UTM o bien escogiéndola entre todas aquéllas que dentro de la provincia contengan una especie dominante determinada (Figura 2).

El programa permite varias opciones de proceso de los datos de una parcela que se detallan a continuación.

### Cálculo de las distribuciones diamétricas

Una vez seleccionada una parcela, se puede pedir un listado de los pies medidos en ella, como el que se puede ver en la Figura 3.

El programa calcula, a partir de los datos de pies mayores, para cada una de las especies presentes en la parcela, y para el total de las mismas:

- Una tabla de la distribución diamétrica por hectárea.
- Un gráfico de barras de la distribución.
- Los estadísticos de la distribución (media aritmética, media cuadrática, mediana, moda y desviación típica).

Estos datos se pueden imprimir utilizando una impresora láser (Figura 4).

### Dibujo de los pies mayores medidos en una parcela

Los datos de los pies mayores se pueden visualizar en un gráfico que representa la proyección en planta de la parcela. En el gráfico, como referencia, aparecen dibujados los círculos de radios 5, 10, 15 y 25 m y la dirección del norte magnético.

Cada pie medido se representa a escala como un círculo cuyo diámetro es proporcional al del árbol que representa. Las distintas especies pueden dibujarse con diferentes colores y tramas que el usuario puede seleccionar (Figura 1).

### Generación de la distribución espacial de los árboles en la parcela

La Figura 1 da una idea equivocada de la densidad de la masa representada. Para tener una idea más adecuada a la realidad, el programa puede generar, mediante un proceso aleatorio, una serie de árboles que simulan a los que no se midieron durante la toma de datos del IFN-II (consecuencia de los límites diamétricos de selección para cada radio de muestreo).

- Selección por el número de estadillo:

Estadillo nº:	374	UTM X:	354	
368	Especies: Castanea sativa Quercus pyrenaica Prunus sp.	UTM Y:	4445	
369		Nº de Pies mayores:	23	
370			Acceptar	Cancelar
371				
372				
373				
374				

- Selección por las coordenadas UTM:

UTM X:	354	UTM Y:	4445	Estadillo nº:	374	
348	Especies: Castanea sativa Quercus pyrenaica Prunus sp.	4436	Nº de Pies mayores	23	Acceptar	Cancelar
349		4442				
350		4444				
351		4445				
352		4451				
353		4454				
354	4455					

- Selección por la especie dominante:

Especies:	Castanea sativa	UTM X:	354	
Quercus suber	Nº Estadillo:	UTM Y:	4445	
Fraxinus sp.		369	Nº de Pies mayores	23
Ulmus sp.		374		
Populus nigra		375		
Eucalyptus camaldulensis		Acceptar	Cancelar	
Olea europaea				
Arbutus unedo				
Castanea sativa				

Fig. 2. Ventanas de selección de la parcela.

Provincia: Toledo

Estadillo: 374

Arbol nº	Coord. X	Coord. Y	Especie	Diametro
1	31,90	9,82	Castanea sativa	46,15
2	26,41	1,94	Castanea sativa	45,20
3	38,63	12,80	Castanea sativa	57,75
4	36,00	-2,10	Castanea sativa	35,30
5	35,75	-2,76	Castanea sativa	36,90
6	40,13	-12,92	Castanea sativa	60,10
7	30,86	-20,17	Castanea sativa	47,75
8	28,17	-13,22	Castanea sativa	31,00
9	27,47	-12,97	Castanea sativa	37,40
10	25,00	-20,10	Castanea sativa	52,60
11	24,69	-3,99	Castanea sativa	48,00
12	22,60	-10,74	Castanea sativa	63,60
13	16,98	-12,20	Castanea sativa	24,65
14	19,26	-3,64	Castanea sativa	54,30
15	9,71	-8,72	Quercus pyrenaica	89,10
16	11,76	-2,10	Quercus pyrenaica	48,45
17	14,73	1,63	Castanea sativa	35,85
18	15,28	1,86	Castanea sativa	33,05
19	15,28	2,33	Castanea sativa	32,90
20	22,86	2,51	Castanea sativa	32,50
21	16,16	13,93	Castanea sativa	51,55
22	21,43	9,02	Castanea sativa	89,00
23	21,76	22,77	Castanea sativa	50,45

Fig. 3. Listado de los árboles de una parcela.

Los criterios seguidos en esta simulación son muy simples. Se supone en primer lugar que cada clase diamétrica (para la que se contabilizan  $n$  árboles dentro de su círculo de selección de radio  $R$ ) sigue una distribución espacial uniforme.

Si designamos por  $Re$  el radio del círculo de selección externo y más próximo al anterior y por  $n'$  el número de pies a generar en la corona circular de área  $\pi (Re^2 - R^2)$  se verifica que:  $n' = n (Re^2 - R^2) / R^2$ .

Para situar cada uno de estos  $n'$  árboles, dentro de la corona circular correspondiente se sortea un valor aleatorio de rumbo  $\omega$ , entre 0 y 400º utilizando la siguiente función que nos da precisión de 1 grado:

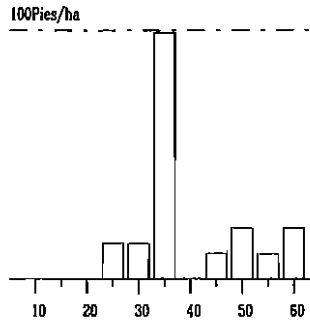
$$\omega = \text{INT}(\text{Rnd} * 400 + 0.5)$$

Para situar el árbol a la distancia  $\rho$  del centro de la parcela, se puede hacer una simplificación utilizando la fórmula  $\rho = R + \text{Rnd} * (Re - R)$ . En

Provincia: Toledo Estadillo: 374

Totales

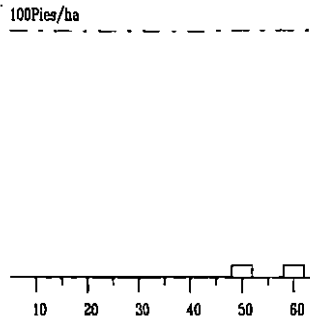
CD	Pies/ha
10	0,00
15	0,00
20	0,00
25	14,15
30	14,15
35	99,03
40	0,00
45	10,19
50	20,37
55	10,19
60	20,37
<b>Total</b>	<b>188,44</b>



Diámetro medio = 39,82  
 D.m. cuadrático = 41,12  
 Desviación típica = 10,25  
 Diámetro moda = 34,81  
 Diámetro mediana = 35,63

Totales

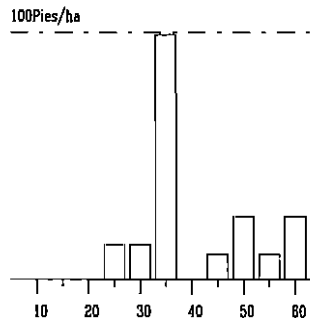
CD	Pies/ha
10	0,00
15	0,00
20	0,00
25	0,00
30	0,00
35	0,00
40	0,00
45	0,00
50	5,09
55	0,00
60	5,09
<b>Total</b>	<b>10,19</b>



Diámetro medio = 55,00  
 D.m. cuadrático = 55,23  
 Desviación típica = 5,00  
 Diámetro moda = 50,00  
 Diámetro mediana = 57,50

Totales

CD	Pies/ha
10	0,00
15	0,00
20	0,00
25	14,15
30	14,15
35	99,03
40	0,00
45	10,19
50	25,46
55	10,19
60	25,46
<b>Total</b>	<b>198,63</b>



Diámetro medio = 40,80  
 D.m. cuadrático = 41,96  
 Desviación típica = 10,59  
 Diámetro moda = 34,81  
 Diámetro mediana = 36,09

Fig. 4. Distribuciones diamétricas.

ambas funciones  $Rnd$  es un número aleatorio entre 0 y 1, expresándose  $R$ ,  $Re$  y  $\rho$  en decímetros.

En este caso estamos suponiendo que los árboles se distribuyen con igual probabilidad en el intervalo  $Re-R$ . Esta aproximación no tiene en cuenta, que a un valor  $\omega$ , entero en grados, le corresponde un sector circular de ángulo  $\alpha = 1^\circ$  y no un radio lineal. Para conseguir un mejor ajuste en sistema de generación de la función espacial de árboles utilizamos el siguiente procedimiento.

Sabemos que la probabilidad de que un árbol caiga dentro de un intervalo, de amplitud de radio  $\Delta$ , a una distancia  $\rho$  del centro de la parcela, aumenta según va creciendo el radio desde  $R$  a  $Re$ , y es proporcional al área del sector, de ángulo  $\alpha$ , de la corona circular comprendida entre dichos radios (Figura 5). El valor del área es:

$$a = \alpha/400[\pi(\rho + \Delta/2)^2 - \pi(\rho - \Delta/2)^2] = 2\Delta\pi\rho(\alpha/400)$$

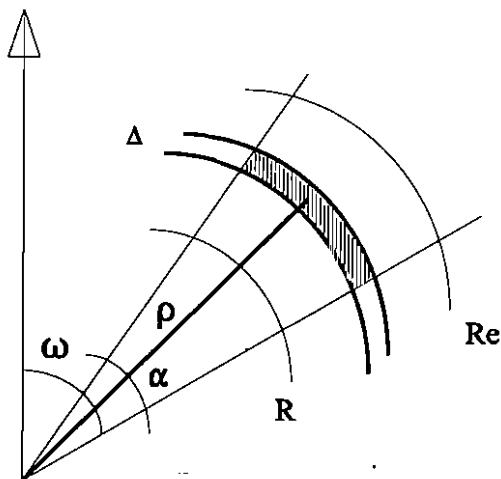


Fig. 5. Cálculo de la probabilidad por sectores de corona circular.

La probabilidad de generar al azar un árbol dentro de este sector, será entonces,  $P_\rho = 2\Delta\rho/(Re^2 - R^2)$ . Y la función de distribución de probabilidades:

$$F = \int_R^\rho 2\Delta\rho/(Re^2 - R^2) d\rho = \Delta(\rho^2 - R^2)/(Re^2 - R^2)$$

y para  $\Delta = 1$   $dm$   $F = (r^2 - R^2)/(Re^2 - R^2)$ . Para calcular la distancia a la que se debe situar el árbol respecto al centro de la parcela, simplemente se despeja  $\rho$  en esta última expresión, obteniéndose:

$$\rho = [F(Re^2 - R^2) + R^2]^{1/2}$$

Se genera un valor aleatorio,  $Rnd$ , entre 0 y 1 y se utiliza como valor de la función  $F$  de distribución, obteniéndose el radio  $r$  correspondiente (Figura 6).

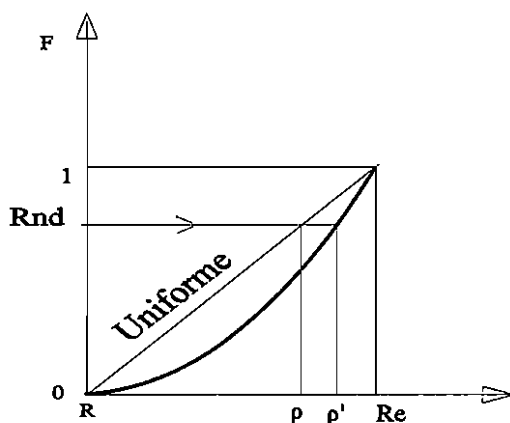


Fig. 6. Generación aleatoria del radio  $\rho$ .

Una vez terminada esta asignación se expanden los  $n'$  datos a la corona circular externa, con los mismos criterios anteriores, hasta llegar al círculo máximo de 25 m de radio.

Se puede obtener un listado de los árboles generados y de sus coordenadas polares, así como dibujar la proyección de la parcela de radio 25 m completa (Figura 7).

### Generación de la distribución espacial de árboles por hectárea

Esta opción es la que se va a utilizar, como base de las simulaciones de métodos de muestreo a realizar en el programa *EURO-FOREST*.

Se trata de generar una distribución espacial de árboles en coordenadas cartesianas con origen en el vértice inferior izquierdo de un cuadrado de

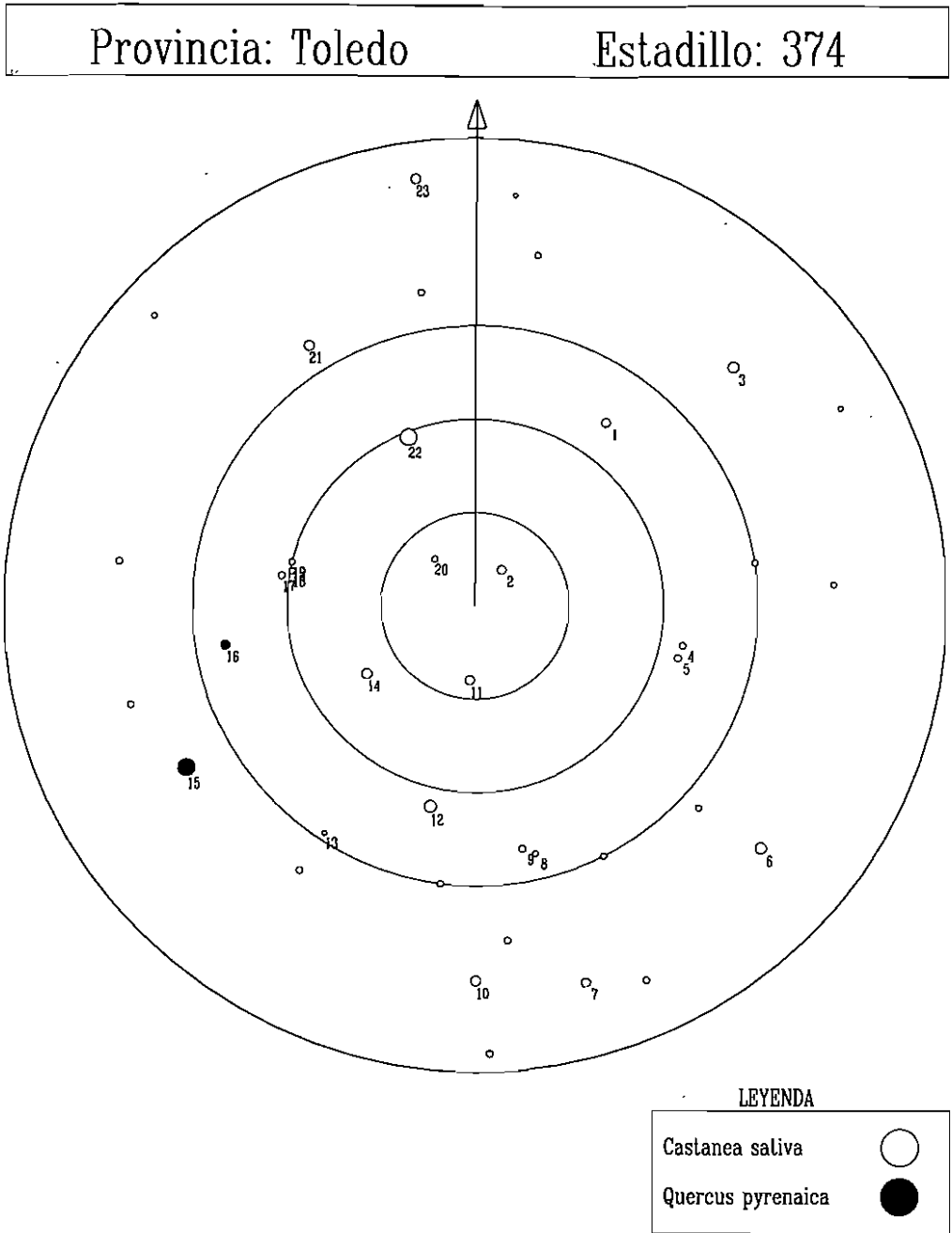


Fig. 7. Generación aleatoria de árboles en una parcela de muestreo.



Provincia: Toledo

Estadillo: 374

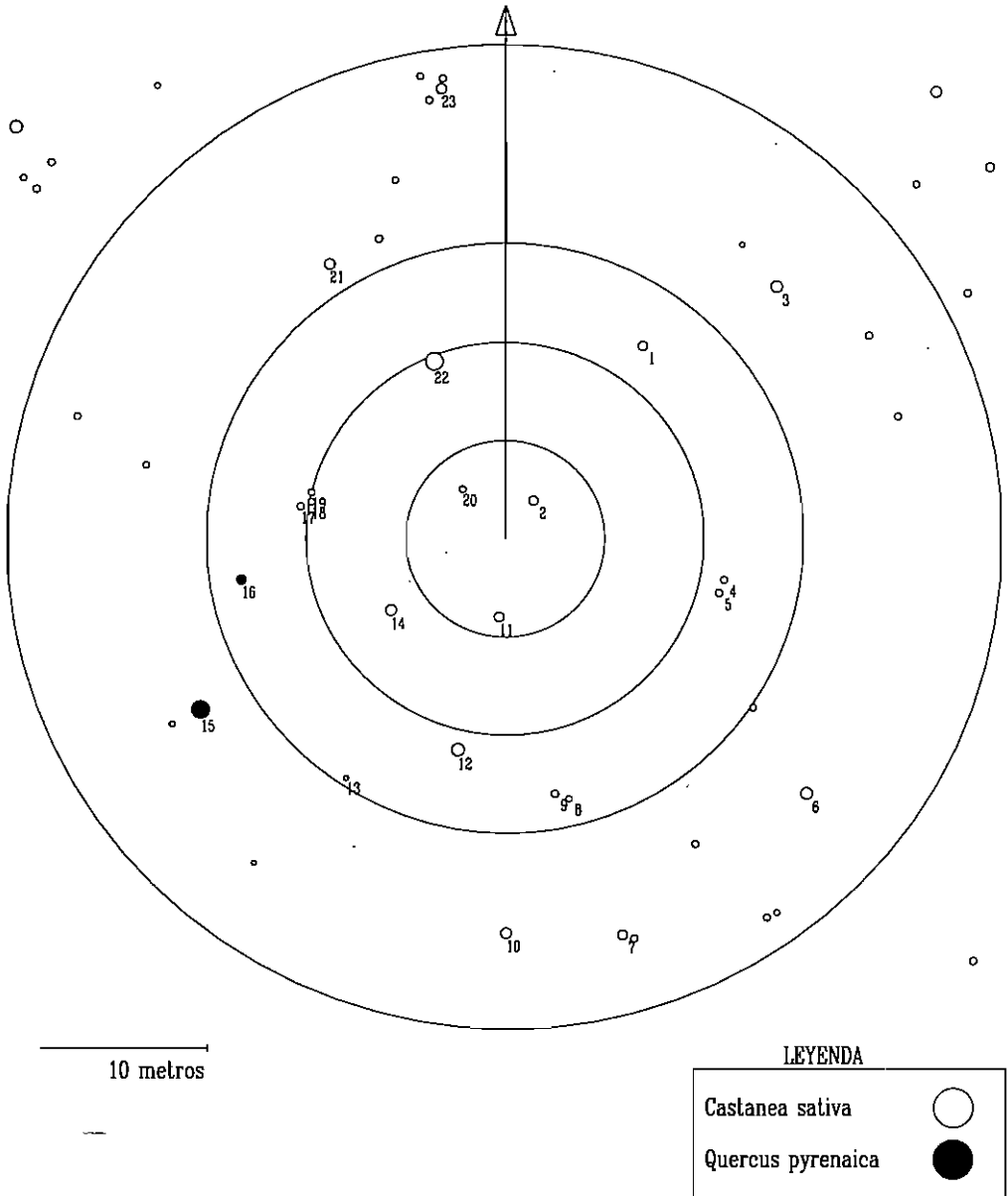


Fig. 8. Expansión de una parcela a un cuadrado de área 0.25 ha.

Provincia: Toledo

Estadillo: 374

Arbol nº	Coord. X	Coord. Y	Especie	Diametro
1	31.90	9.82	Castanea sativa	46,15
2	26.41	1.94	Castanea sativa	45,20
3	38.63	12.80	Castanea sativa	57,75
4	36.00	-2.10	Castanea sativa	35,30
5	35.75	-2.76	Castanea sativa	36,90
6	40.13	-12.92	Castanea sativa	60,10
7	30.86	-20.17	Castanea sativa	47,75
8	28.17	-13.22	Castanea sativa	31,00
9	27.47	-12.97	Castanea sativa	37,40
10	25.00	-20.10	Castanea sativa	52,60
11	24.59	-3.99	Castanea sativa	48,00
12	22.60	-10.74	Castanea sativa	63,60
13	16.98	-12.20	Castanea sativa	24,65
14	19.26	-3.64	Castanea sativa	54,30
15	9.71	-8.72	Quercus pyrenaica	69,10
16	11.76	-2.10	Quercus pyrenaica	48,45
17	14.73	1.63	Castanea sativa	35,85
18	15.28	1.86	Castanea sativa	33,05
19	15.28	2.33	Castanea sativa	32,90
20	22.66	2.51	Castanea sativa	32,50
21	18.16	13.93	Castanea sativa	51,55
22	21.43	9.02	Castanea sativa	88,00
23	21.76	22.77	Castanea sativa	50,45
24	7.54	22.88	Castanea sativa	27,20
25	12.35	-16.54	Castanea sativa	24,20
26	36.89	14.90	Castanea sativa	24,80
27	6.29	-9.45	Castanea sativa	30,90
28	36.81	-19.02	Castanea sativa	30,10
29	19.44	18.16	Castanea sativa	31,70
30	46.21	12.45	Castanea sativa	38,50
31	0.79	18.26	Castanea sativa	33,00
32	3.55	6.25	Castanea sativa	34,70
33	20.69	23.40	Castanea sativa	33,70
34	21.15	22.20	Castanea sativa	35,80
35	2.20	19.14	Castanea sativa	35,30
36	34.54	-15.52	Castanea sativa	34,30
37	31.44	-20.35	Castanea sativa	35,80
38	7.00	3.75	Castanea sativa	33,20
39	38.12	-19.25	Castanea sativa	35,00
40	16.63	15.20	Castanea sativa	36,30
41	48.48	-21.46	Castanea sativa	37,00
42	44.72	6.21	Castanea sativa	35,40
43	37.45	-8.56	Castanea sativa	33,00
44	43.27	10.31	Castanea sativa	36,00
45	21.83	23.29	Castanea sativa	35,90
46	1.46	17.79	Castanea sativa	36,50
47	45.63	17.92	Castanea sativa	33,90
48	49.33	18.77	Castanea sativa	43,50
49	1.04	-19.25	Castanea sativa	49,20
50	46.62	22.58	Castanea sativa	53,40
51	0.40	20.85	Castanea sativa	62,30

Fig. 9. Listado de las coordenadas (x,y) de los árboles de la parcela expandida.

área 0.25, 0.5 ó 1 ha. Este área dependerá del número de pies por hectárea de forma que si es menor de 300 se generara una parcela de 1 ha, si está comprendido entre 300 y 600 será de 0.5 ha y si es mayor de 600 el cuadrado tendrá 0.25 ha. Los ejes del sistema cartesiano coinciden con los lados del cuadrado de longitud L.

Para realizar la generación de árboles se transforman previamente las coordenadas polares ( $\rho, \omega$ ) de situación de los árboles a coordenadas ( $x, y$ ) mediante la transformación:

$$\begin{aligned}x &= \rho \operatorname{sen} \omega + L/2 \\y &= \rho \operatorname{cos} \omega + L/2\end{aligned}$$

Se calcula el número  $n'$  de pies a generar para una clase diamétrica determinada como  $n' = n (L^2 - \pi R^2) / \pi R^2$ , siendo  $n$  el número de pies de la clase que se midieron dentro de su círculo de selección de radio  $R$ .

Este proceso se va repitiendo para cada una de las especies presentes en la parcela. Una vez generados los pies de todas las clases diamétricas se puede obtener un listado de sus coordenadas ( $x, y$ ) así como un dibujo de la distribución espacial completa (Figuras 8 y 9, respectivamente).

Todos los dibujos presentados se pueden almacenar en formato DXF, de forma que se puedan

recuperar desde programas de dibujo (tales como ACAD) para poder trabajar con ellos. También se puede imprimir un listado con las coordenadas ( $x, y$ ) de todos los pies mayores, tanto si son reales, como si se han generado aleatoriamente.

## CONCLUSIONES

La metodología y el programa que se presentan pueden ser útiles para la descripción de las distribuciones diamétricas, tanto numéricas como espaciales, de las masas forestales españolas.

Para describir un determinado tipo de masa forestal se puede partir de datos promedios de varias parcelas representativas del IFN-II.

La metodología utilizada supone una distribución aleatoria, tipo uniforme. Se podría mejorar la simulación de las distribuciones espaciales, caracterizándolas previamente como sistemáticas, de tipo Poisson, o con agregaciones, y desarrollando metodologías más ajustadas para estos tipos de distribución.

Se quiere recalcar la enorme potencialidad, como base para la investigación forestal, de las parcelas permanentes del IFN-II, sobre todo cuando se haya realizado la siguiente medición en el IFN-III.

## SUMMARY

The program presented allows to manage the plots data of the Second National Forest Inventory of Spain. Using the data base implemented in this Inventory, this program allows to look for a particular plot, to get views, to calculate diametric distributions and to draw spatial distributions of sample trees.

This program had been written in Visual Basic 3.0 and runs on any compatible PC.

**Key Words:** Forest Inventory. Concentric circular plots. Diameter distribution. Tree spatial distribution. Simulation.