

DISEÑO DEL INVENTARIO PARA CARACTERIZACIÓN DE MASAS NATURALES DE PINO CARRASCO (*Pinus halepensis* Mill.) EN LA DEPRESIÓN DEL EBRO.

A. CABANILLAS¹, E. NOTIVOL², R. GONZÁLEZ³ y C. REVUELTA³

¹ Sección de Gestión Forestal. Sº P. de Medio Ambiente Gobierno de Aragón. Pza. San Pedro Nolasco,7. 50071 Zaragoza
acabanillas@aragon.es

² U. Recursos Forestales. CITA Gobierno de Aragón. Apdo 727 50080 Zaragoza enotivol@aragon.es

³ ACER, S.A. Apdo. 140 – 31200 Estella (Navarra) rglarti@iies.es

Resumen

Este artículo se refiere, dentro de un estudio más amplio, al diseño y evaluación del tipo de inventario realizado en el estudio “Caracterización de masas naturales de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) en la depresión del Ebro”, destacando las dificultades de diseño del inventario dado el amplio número de variables a muestrear sin estudios previos para determinar el número de parcelas necesario para un error fijado y las modificaciones que fue necesario realizar respecto a la estratificación planteada. Finalmente se han obtenido como resultados el número de parcelas para un error determinado (elegible por el gestor según los objetivos) necesario para inventarios futuros según cada variable.

Palabras Clave: Muestreo, parcela, variable, error muestral, estratificación, estadística.

INTRODUCCIÓN

En España, las masas naturales de *Pinus halepensis* ocupan 805.953 ha (ORTUÑO y CEBALLOS, 1977), lo que representa casi un 7% de la superficie forestal arbolada (HERRANZ SANZ, 2000). El Segundo Inventario Forestal Nacional (CERVERA, 1996) otorga a *Pinus halepensis*, sin distinguir entre masas naturales y artificiales, una superficie de 81.722 ha en Zaragoza, 77.169 en Teruel y 27.617 en Huesca, siendo destacable las 30.312 ha, 49.248 ha y 10.030 ha, respectivamente, de propiedad particular (sin consorcios), el resto estaría bajo gestión de la Diputación General de Aragón. Estas superficies representarían respectivamente el 41,4 % del total de la superficie forestal arbolada de Zaragoza, el 19,0% en Teruel y el 14,0% en Huesca. Para el conjunto de Aragón supone un total de 186.508 ha y representa el 18,8 % de la superficie forestal arbolada.

Del análisis del Mapa Forestal de Aragón (D.G.A., 2000), se obtiene que las masas de *Pinus halepensis* en el conjunto de la Comunidad Autónoma de Aragón representan una superficie de 225.820 hectáreas, de las cuales 68.468 serían repobladas y el resto (157.352 has) de carácter natural. La zona de estudio objeto de este artículo abarca un total de 37.397 hectáreas naturales, correspondiendo 15.352 a la zona de Alcubierre, 20.695 a la de Zuera y 1.350 a Valmadrid. En cuanto a repoblaciones suponen tan solo 1.933 hectáreas, de las que 530 se encuentran en la zona de Alcubierre, 1.318 en la de Zuera y 85 en Valmadrid (esta última no se contempla en dicho mapa). Así, las masas naturales objeto de este estudio representan un 23,8 % del total de las masas naturales de la Comunidad.

La gestión forestal de estas masas puras de carácter natural debe basarse en un conocimiento más profundo de las mismas. Conocer si se trata de masas regulares o irregulares, qué edad tienen, si se regeneran adecuadamente por sí mismas o presentan alguna dificultad, cuál es su capacidad productiva de piñas, en qué estado sanitario se encuentran, etc., son cuestiones cuya respuesta no debe obviarse para tomar cualquier decisión antes de iniciar un tratamiento selvícola o buscar el método más apropiado para su perpetuación en el tiempo, máxime cuando el fin primordial de las masas de esta especie es la protección, quedando en un segundo término la producción, que en general es muy baja.

Con este objetivo, se realizó el estudio “Caracterización de masas naturales de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) en la depresión del Ebro” para obtener información acerca de la situación actual de las masas naturales de *Pinus halepensis* en la zona más importante de la distribución natural de la especie de la depresión del Ebro en las provincias de Zaragoza y Huesca. Dentro de un objetivo general de caracterización y clasificación de los recursos forestales de esta especie de origen natural, en una primera fase se ha comenzado con una aproximación metodológica aplicada en una zona concreta, pero suficientemente extensa, que sirva de base para el desarrollo y ampliación de futuros trabajos en esta línea.

Por tratarse de un estudio o caracterización de la situación global de las masas más que un mero inventario dasocrático de existencias con fines a una ordenación productiva, se pueden observar las distintas fases de su desarrollo y posible evolución, con lo que se contribuye a adquirir conocimientos prácticos basados en datos reales y no en conjeturas de la dinámica natural de esta especie en las condiciones ambientales de este área. Este aspecto resulta de especial relevancia al constatar la falta de información técnica existente en esta especie tanto para la gestión como para el propio conocimiento de la especie en general, habiéndose centrado fundamentalmente los estudios en materia de incendios forestales, repoblaciones y regeneración post-incendio.

Por otra parte permitió la obtención de una serie de parámetros referentes a caracteres morfológicos y adaptativos que contribuyen al conocimiento de la variación genética existente dentro de una de las diferentes regiones de procedencia existentes de la especie. También se obtuvo la información necesaria para la delimitación y propuesta de rodales productores de semilla con ciertas garantías de calidad genética (material selecto).

MATERIAL Y MÉTODOS

La ubicación de los trabajos estaba inicialmente prevista en dos zonas, denominadas respectivamente “Grupo de montes de Zuera y Castejón de Valdejasa” y en la “Sierra de Alcubierre” –en adelante simplemente Zuera y Alcubierre-, ampliándose a los montes públicos del término de Valmadrid (de la zona de Zuera se excluyeron 3.100 has correspondientes a un incendio de 1995).

Tipo de muestreo

El replanteo del muestreo se ha realizado mediante la superposición de puntos aleatoriamente distribuidos por la superficie a inventariar, con la restricción de que las coordenadas de dichos puntos estuvieran situadas en las intersecciones de una malla cuadrada de 10 metros de lado. En la práctica se trata pues de un **muestreo aleatorio sin reemplazamiento**, con una densidad muestral de 1 parcela cada 20

Hectáreas (resultando una intensidad de muestreo de 0,26%).

En cada punto de muestreo se replanteaba una parcela circular de 13 metros de radio, correspondiente a una superficie de 530,93 m². Excepcionalmente, cuando la densidad de arbolado y/o matorral no permitía el replanteo preciso de los límites de una parcela de mayor tamaño para la correcta evaluación de los parámetros de la masa, se han tomado parcelas circulares de 5,64 metros de radio, que corresponden a una superficie de 100 m².

Estratificación

En una primera fase del trabajo se partió de una estratificación elaborada a partir de imágenes Landsat-5 TM mediante clasificación no supervisada multitemporal (15 de abril y 20 de julio de 1996) del área de pinar y análisis del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) de 20 de julio de 1996 de la calidad de masa pinar denso. (BARAZA, 2001). Por problemas de escala y diferencias topológicas respecto a la información del Sistema de Información Geográfica Oleícola Español (MAPA 1998?) procedentes de vuelo de finales de 1997 se optó por utilizar una nueva estratificación o clasificación previa de la superficie forestal basada en esta información. Una vez estudiadas estas diferencias y las posibilidades que ofrecían los materiales cartográficos de base, se estimó conveniente definir la superficie de muestreo como aquella que sobre la ortofotografía del vuelo oleícola aparecía como arbolada, por ser la más ajustada a la realidad física de los montes a muestrear, independientemente de que con posterioridad se emplee dicha estratificación como zonificación significativa de determinadas variables.

A partir de los ortofotoplanos digitales del SIG oleícola se unieron las imágenes de cada zona con el fin de obtener una única imagen de cada zona estudiada y se hizo un análisis espacial de estas imágenes por estadística de vecindad (Neighborhood Statistics) con salida de píxel de 5 x 5 metros con valores para cada píxel de 0 a 256. Se dio un valor entero a cada píxel obteniendo una imagen de 256 niveles de gris que fue reclasificada en seis valores de 1 a 6 donde el valor 1 es el más oscuro y el valor 6 el más claro. Con este proceso se finaliza la nueva estratificación a partir de la escala de grises, creando una imagen estratificada de cada zona. Los valores de 1 a 4 incluyen de forma aproximada las áreas arboladas, mientras que los valores 5 y 6 reflejan una cubierta vegetal más rala, correspondiente a los matorrales y los cultivos.

La equivalencia entre las dos estratificaciones puede compararse en el cuadro de distribución obtenido a partir de los valores que adquieren las parcelas de muestreo según ambos métodos (Gráfico 1). En el mismo se observa cómo la nueva clasificación permite una mayor diferenciación por estratos al discriminar mejor las diferentes texturas, distinguiendo la mayor parte de la superficie en cuatro clases de grises (1,2,3 y 4) en lugar de en los tres grupos mayoritarios que se obtenían con la estratificación inicial (0, 2 y 4).

Toma de datos

Las características generales del muestreo fueron las siguientes:

Diámetro normal mínimo inventariable (pies mayores): 7,5 cm (23,5 cm perímetro).

Un número máximo de nueve **árboles tipo** por parcela tomando para cada uno de ellos los siguientes datos: Perímetro normal en centímetros, Altura total en metros, Altura de la copa en metros, Rectitud (escala 1-6), Inclinación (escala 1-4), Ángulo de las ramas (1-3), Grosor de las ramas (1-3), Densidad de follaje/Defoliación (1-4), Bifurcación (1-4), Escala de vigor (dominancia apical) (1-3), Proyección de copa en las direcciones N-S y E-O, en metros, Número de piñas total (1-7), Número de piñas serotinas, con la misma escala que el dato anterior, Clasificación sociológica (1-5), Número de anillos, Longitud del radio en milímetros, Longitud del crecimiento correspondiente a los últimos 5 anillos, Longitud del crecimiento correspondiente a los últimos 10 anillos, Daños por muérdago (0-6) (B.C.M.F., 1995).

Para la **parcela** se tomaron los siguientes datos: Pendiente en porcentaje, Exposición, Presencia de regueros: Intensidad (1 Someros; 2 Profundos; 3 Cárcava) y Abundancia (0 Inexistentes; 1 Poco abundantes; 2 Abundantes; 3 Muy abundantes), Presencia de raíces al aire (0 Inexistentes; 1 Poco abundantes; 2 Abundantes; 3 Muy abundantes), Porcentaje de cobertura del suelo por el matorral (1 Cobertura del 0 al 25% de la superficie; 2 Cobertura del 25 al 50% de la superficie; 3 Cobertura del 50 al 75% de la superficie; 4 Cobertura del 75 al 100% de la superficie), Indicios de pastoreo (verdadero ó falso), Indicios de tratamientos selvícolas (verdadero ó falso), Presencia de piñas en el suelo (0 Inexistentes; 1 De 0 a 3 piñas; 2 De 4 a 10 piñas; 3 Más de 10 piñas), Matorral: talla (1 De 0 a 50 cm; 2 De 50 cm 100 cm; 3 De 100 cm a 150 cm; 4 Mayor de 150 cm), nivel de madurez (1 Herbáceas (*Brachypodium*, *Stipa*), *Thymus*, *Artemisia*, *Phlomis*, *Arctostaphylos*; 2 Matorral degradado Labiadas (*Rosmarinus*, *Lavandula*, *Salvia*), *Rhamnus lyciodes*; 3 Matorral heliófilo de *Quercus coccifera*, *Rosmarinus officinalis*; 4 Sotobosque con presencia de leguminosas y *Pistacia*, *Juniperus*) y las especies principales, Especies acompañantes: número de pies de *Juniperus thurifera*, *J. phoenicea*, *Quercus ilex* y *Q. Faginea*, Modelo de combustible, Número de árboles secos. Regenerado: Se caracteriza la presencia y/o abundancia de las tres clases de edad diseminado (<20 cm), repoblado (20-100 cm) y monte bravo (> 100 cm), según abundancias en 8 sectores de superficie la octava parte de la parcela, tal como establece el pliego de condiciones, aplicando índices de frecuencia de 1 a 3 (0 ausente, 1 presente, 2 frecuente, 3 abundante), por lo que el valor mínimo será de 0, y el máximo será de 24 para cada clase de edad.

Grabación y elaboración de los datos

Los datos se tomaron en campo anotando en un estadillo impreso en papel los valores citados correspondientes a cada parcela y árbol tipo. La toma de los datos de campo se realizó entre los meses de octubre de 2001 y junio de 2002 y posteriormente los datos se digitalizaron en tres bases de datos en bruto relacionadas entre sí por el identificativo de la parcela (parcela, perímetro, atipo).

A partir de los datos tomados sobre el terreno se calcularon una serie de datos relativos a las parcelas como son el área basimétrica, el volumen por hectárea, el número de pies por hectárea, el diámetro medio cuadrático y la afección por muérdago.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el correcto diseño de los inventarios (forestales o no) convencionales es necesario tener un conocimiento previo del rango de variación. Por otra parte cualquier información, dato o valor obtenido de un muestreo o inventario carece de sentido y utilidad si no viene acompañado de su error típico (desviación típica del estimador) y/o límites de confianza a un porcentaje de probabilidad dado.

Generalmente los inventarios se diseñan con una finalidad dasocrática, para estimar existencias totales de un monte y establecer proyectos de ordenación que rentabilicen la existencia del monte basados en el principio de permanencia, en el conocimiento previo del desarrollo y

evolución de la especie. Éste no es el caso de este inventario y por tanto las precisiones requeridas para el tipo de muestreos mencionados no son las mismas que para un inventario multicarácter como el que se plantea.

La determinación del número de parcelas y tamaño de éstas no resulta complicada en los inventarios convencionales en cualquiera de sus múltiples modalidades siempre y cuando se parta de esa información previa, de la previsible variación a encontrar. Caso de no disponer de información (de inventarios previos o en zonas similares, etc) acerca de la varianza poblacional, siempre se puede (y se debe) realizar un muestreo piloto para obtener un estimador de aquella. De esta forma se obtiene la información cualitativa y cuantitativa de las unidades de muestreo a realizar.

Debido a las particulares características del inventario propuesto y tratar con un amplio abanico de variables de distinta etiología y que previsiblemente no tienen por qué distribuirse de igual manera, no existirá un valor único de la variación y por tanto no se pueden aplicar las fórmulas y principios básicos del diseño de muestro para el cálculo del número ni tamaño de la parcela.

Uno de los principales resultados del presente trabajo es precisamente la obtención del nivel de variabilidad para cada uno de los caracteres y poder utilizar estos valores como estimativos para la determinación del número de parcelas a considerar en futuros inventarios

En la Tabla 1 se presentan los resultados finales obtenidos de número de parcelas inventariadas, superficie aproximada muestreada y el rango de errores para el conjunto de variables. Puede observarse que excepto en Valmadrid, y sólo para algunas variables, el rango de errores obtenido es suficientemente aceptable. En la Tabla 2 se presentan las superficies que han sido obtenidas a partir de la estratificación realizada con las escalas de grises (los niveles 5 y 6 corresponden a superficie no arbolada, cultivos, eriales y matorral).

En función de los resultados obtenidos, se ha calculado el número de parcelas mínimo para la obtención de una estimación de cada variable con un error determinado y para el total de las masas y por grupos de montes (Tabla 3). Puede observarse que para un error del 10 % y superior el número de parcelas ha estado muy sobredimensionado, sin embargo para un error del 1% sólo ha sido válido para estimar el grosor de las ramas, el número de piñas total y la clasificación sociológica en el conjunto total de la masa y para la clasificación sociológica en Alcubierre. No obstante para un error del 5%, muy común en inventarios forestales, el número ha sido para la mayor parte de las variables sobredimensionado, excepto para Valmadrid. Las variables para las que ha sido insuficiente el número de parcelas para este error han sido el número de pies por hectárea y el muérdago, así como el volumen por hectárea y el área basimétrica (que dependen del primero), excepto para el conjunto total de la masa que ha sido bastante acertado.

Se presentan los coeficientes de variación (%) de algunas variables por grupos de montes y para el total. Se ofrecen los CV de la muestra estudiada total (Tabla 4), de la variación entre parcelas (Tabla 5) y dentro de parcelas (Tabla 6). Como conclusiones de este sencillo análisis de variación, resultan destacables los siguientes hechos:

Al agrupar los datos se reduce la variación con respecto a la muestra total. La estructura de los árboles en bosquetes para características más dependientes del medio como altura, crecimiento radial, tamaño de la copa, así como la edad, es bastante homogénea ya que la variación entre parcelas es mayor que dentro de éstas. Por otra parte, los atributos de forma individual, generalmente con mayor control genético y menor dependencia del medio, tienen una mayor diversidad y variabilidad dentro de las parcelas que entre ellas, propio de una masa natural de regeneración por semilla. El caso de la edad responde a una típica regeneración por golpes tras incendio o evento similar.

BIBLIOGRAFÍA

- ABELLÓ, M.A. (1988) Historia y evolución de las repoblaciones forestales en España. Colección Tesis Doctorales, 126/88. Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- BARAZA, C., CASTERAD, M^a A., y NOTIVOL, E. Teledetección en un programa de mejora genética forestal de *Pinus halepensis* Mill. III Congreso Forestal Español. 25-28 septiembre, Granada.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA (1960) Estadística Forestal de España. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Montes. Publicaciones del Servicio de Estadística.
- CERVERA, J.M. (1996) Segundo Inventario Forestal Nacional. 1986-1995. Aragón. Zaragoza. M.A.P.A. Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- D.G.A. (2000) Mapa Forestal de Aragón. (Inédito). DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN. Dirección General de Medio Natural.
- HERRANZ SANZ, J.M. (2000) Aspectos botánicos y ecológicos del pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.). Cuadernos de la Sociedad de Ciencias Forestales, 10, 13-17.
- BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF FOREST. (1995) Dwarf Mistletoe Management Guidebook. Forest practice code of British Columbia.
- ORTUÑO, F., y CEBALLOS, A. (1977) Los bosques españoles. INCAFO, Madrid.

Gráfico 1.- Distribución de parcelas según estratificación

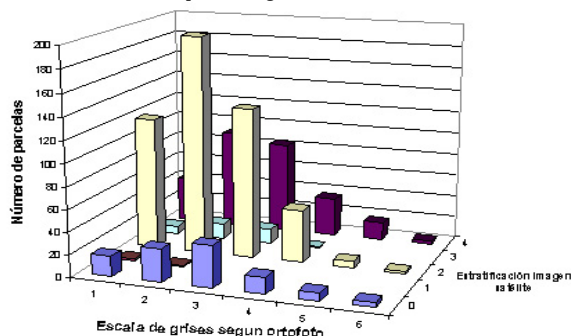


Tabla 1.- Características generales del inventario

	TOTAL	Zuera	Alcubierre	Valmadrid
Nº Parcelas	978	440	485	53
Superficie	~ 44.435	~ 20.445	~ 21.725	~ 2.265
Rango Errores	1-6 %	1-7 %	1-8 %	3-33 %

Tabla 2.- Superficies obtenidas según estratificación por escala de grises

Nivel de gris	Zuera	Alcubierre	Valmadrid
1	2836,7550	3649,6800	337,1175
2	6099,0475	6436,1175	622,1900
3	6156,0950	6194,6250	598,9525
4	5353,7925	5447,8800	708,9675
5	4864,1600	4391,6425	774,0475
6	2976,9750	2675,9150	405,3525

Tabla 4.- Coeficientes de variación de la muestra total

	TOTAL	ALCUBIERRE	VALMADRID	ZUERA
Nº ANILLOS	44	43	40	44
PERIMETRO	43	43	36	42
ALTURA	34	34	36	32
L10	52	57	51	44
VIGOR APICAL	27	24	24	28
RECTITUD	38	37	20	39
% COPA	31	30	34	31
MUÉRDAGO	134	119	178	142

Tabla 5.- Coeficientes de variación entre parcelas (de más de 4 árboles tipo)

	TOTAL	ALCUBIERRE	VALMADRID	ZUERA
Nº ANILLOS	32	34	27	31
PERIMETRO	27	29	20	25
ALTURA	28	28	29	24
L10	40	43	31	35
VIGOR APICAL	16	15	15	16
RECTITUD	25	25	12	26
% COPA	23	22	29	19
MUÉRDAGO	82	74	115	85

Tabla 6.- Coeficientes de variación intra-parcelas (promedio de CV de las parcelas de más de 4 árboles t.)

	TOTAL	ALCUBIERRE	VALMADRID	ZUERA
Nº ANILLOS	26	24	27	28
PERIMETRO	32	32	30	33
ALTURA	19	18	22	19
L10	24	24	26	24
VIGOR APICAL	19	16	20	23
RECTITUD	31	31	17	32
% COPA	20	19	20	23
MUÉRDAGO	130	119	157	141

Tabla 3.- Número de parcelas preciso para alcanzar el nivel de error indicado en la estimación de cada parámetro

MONTES	TOT.	TOT.	TOT.	TOT.	TOT.	ZUE.	ZUE.	ZUE.	ZUE.	ZUE.	ALC.	ALC.	ALC.	ALC.	ALC.	VAL.	VAL.	VAL.	VAL.	VAL.
Error	1%	5%	10%	15%	25%	1%	5%	10%	15%	25%	1%	5%	10%	15%	25%	1%	5%	10%	15%	25%
ANILLOS	4 887	195	49	22	8	4 689	188	47	21	8	5 040	202	50	22	8	4 472	179	45	20	7
VOL_HA	24 000	960	240	107	38	24 116	965	241	107	39	22 040	882	220	98	35	21 377	855	214	95	34
NP_HA	32 402	1 296	324	144	52	29 085	1 163	291	129	47	34 386	1 375	344	153	55	21 860	874	219	97	35
AB_HA	21 267	851	213	95	34	20 912	836	209	93	33	20 009	800	200	89	32	19 227	769	192	85	31
MUERDAGO2	31 501	1 260	315	140	50	34 165	1 367	342	152	55	26 223	1 049	262	117	42	55 355	2 214	554	246	89
PERIMETRO	3 690	148	37	16	6	3 330	133	33	15	5	3 875	155	39	17	6	2 209	88	22	10	4
ALTURA	3 557	142	36	16	6	2 979	119	30	13	5	3 488	140	35	16	6	3 209	128	32	14	5
ALT_COPA	8 103	324	81	36	13	6 733	269	67	30	11	8 998	360	90	40	14	6 590	264	66	29	11
RECTITUD	2 811	112	28	12	4	3 201	128	32	14	5	2 611	104	26	12	4	654	26	7	3	1
INCLINACION	2 392	96	24	11	4	2 358	94	24	10	4	2 436	97	24	11	4	1 362	54	14	6	2
ANG_RAM	1 335	53	13	6	2	1 011	40	10	4	2	1 443	58	14	6	2	2 086	83	21	9	3
GRO_RAM	740	30	7	3	1	710	28	7	3	1	785	31	8	3	1	349	14	3	2	1
DEFOLIACION	3 876	155	39	17	6	3 771	151	38	17	6	4 049	162	40	18	6	1 838	74	18	8	3
BIFURCACION	5 114	205	51	23	8	3 589	144	36	16	6	6 332	253	63	28	10	6 878	275	69	31	11
VIGOR_APICAL	1 179	47	12	5	2	1 255	50	13	6	2	1 009	40	10	4	2	913	37	9	4	1
COPA_NS	4 000	160	40	18	6	4 637	185	46	21	7	3 593	144	36	16	6	1 461	58	15	6	2
COPA_EO	3 962	158	40	18	6	4 139	166	41	18	7	3 933	157	39	17	6	1 507	60	15	7	2
PINAS_TOTAL	656	26	7	3	1	799	32	8	4	1	544	22	5	2	1	356	14	4	2	1
PINAS_SEROT	10 161	406	102	45	16	11 891	476	119	53	19	7 548	302	75	34	12	4 742	190	47	21	8
C_SOCIOI	604	24	6	3	1	924	37	9	4	1	351	14	4	2	1	230	9	2	1	0
L5	11 466	459	115	51	18	6 662	266	67	30	11	14 328	573	143	64	23	11 715	469	117	52	19
L10	9 906	396	99	44	16	6 543	262	65	29	10	11 811	472	118	52	19	10 718	429	107	48	17
LT	3 937	157	39	17	6	3 901	156	39	17	6	3 690	148	37	16	6	3 609	144	36	16	6