

MEJORA GENÉTICA FORESTAL EN ARAGÓN

E. Notivol

Unidad de Recursos Forestales S.I.A.-D.G.A Apdo 727. 50080 ZARAGOZA

RESUMEN

La investigación en mejora genética forestal en el SIA de Aragón abarca la realizada en *Populus* sp, incluyendo los ensayos clonales, caracterización y conservación de las especies autóctonas del género. En el presente trabajo se describen las actuaciones de mejora iniciadas en *Pinus uncinata* (selección y establecimiento de un huerto semillero clonal), *Pinus sylvestris* (estudios de floración en un huerto semillero clonal), *Pinus nigra* (mantenimiento de un huerto semillero clonal) y *Pinus halepensis* (inicio de la mejora de procedencia Depresión del Ebro).

1. INTRODUCCIÓN

La unidad de recursos forestales del Servicio de Investigación Agroalimentaria del Gobierno de Aragón contempla entre sus líneas de trabajo la mejora genética forestal. Bajo esta disciplina se trabaja en dos frentes bien diferenciados, por un lado y muy en contacto con la mejora de las técnicas de cultivo se contempla al género *Populus* en distintos aspectos: ensayos clonales de distintos híbridos, caracterización y conservación de las especies autóctonas de nuestros sotos, bancos de germoplasma de distintas especies y clones del género constituyendo uno de los *populeta* más importantes de España, campos de cepas madre con la máxima categoría para su reproducción en cascada, etc. A continuación del presente resumen se presenta de forma esquemática

los hitos más importantes de esta línea populicitora.

El segundo y más reciente frente de trabajo de la unidad se refiere a diferentes estrategias para distintas especies del género *Pinus*. Las especies con las que se trabaja son: *Pinus uncinata*, *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus halepensis*.

2. *PINUS UNCINATA* R.

Este año se tiene previsto retomar los trabajos iniciados hace 10 años para la instalación de un huerto semillero para la producción de semilla de esta especie. De hecho durante el verano de 1996 se ha realizado la selección de árboles fenotípicamente sobresalientes.

El objeto del presente trabajo es la realización de una exploración de los recursos genéticos en las masas naturales de *Pinus uncinata* con la finalidad de obtener una selección de árboles fenotípicamente sobresalientes. Dichos árboles sobresalientes se constituirán en donantes de púas para su propagación clonal vía injerto y se convertirán tras su revisión en los ortets del huerto semillero a instalar con posterioridad en el vivero forestal de Javierregay.

La selección de los árboles contempla los siguientes considerandos, por una parte se trata de realizar una clásica selección propia de cualquier programa de mejora genética forestal en la que atendiendo a los criterios deseados para ser reproducidos y mejorados

se escogen árboles candidatos para dicha categoría. En esta línea los criterios de selección predominantes, a pesar de no ser una especie objeto de selvicultura intensiva y altamente productiva, no se descuidan los aspectos de dasonómicos del crecimiento, rectitud del fuste, vigor, dominancia, buena conformación de la copa con repercusiones en la eficiencia productiva del árbol y la producción de fruto. Todos estos criterios y otros son recogidos en una ficha descriptor típica.

Por otra parte, dado que el motivo fundamental para implementar esta estrategia de mejora (el huerto semillero) para *Pinus uncinata* no es tanto la obtención de unas mejoras genéticas evaluables en porcentajes de aumento de la producción sino en algo tan básico y fundamental como proporcionar al sector un producto demandado y muy escaso cuando no ausente: semilla de pino negro. La especial idiosincrasia de la especie, las estaciones donde habita y la disminución de los trabajos forestales tradicionales en las áreas rurales como la recogida de piña han desembocado en una situación de precariedad para el mercado de semilla de esta especie. Por ello con estas actuaciones se pretende poner a disposición del sector un material propagativo con la suficiente calidad y garantía que se merecen nuestros montes de altura.

En este contexto y teniendo en cuenta las repercusiones de esta selección (los árboles seleccionados se convertirán en los progenitores de muchas generaciones futuras de árboles) los pies elegidos han de cumplir una serie de requisitos tanto de calidad intrínseca como recoger la suficiente variabilidad que asegure el mantenimiento de la diversidad de la especie.

Dadas las especiales características explicadas en los párrafos anteriores, esta selección no trata de recoger o encontrar el conjunto de los "superárboles" como puede ser en otras especies y programas de mejora, se trata de crear el conjunto de árboles que producirán la semilla para repoblar una vasta área de condiciones ecológicas casi extremas y muy variables. Por ello la recogida de la máxima diversidad genética que proporcione la plasticidad necesaria es un aspecto funda-

mental. La planificación inicial de la selección, en sus fases de reparto de montes en los que buscar y la estimación de árboles a obtener por conjunto de masas o montes han de estar guiadas por estas consideraciones.

Otro aspecto a tener en cuenta para la selección es la accesibilidad de los pies para su futura utilización, así como una cuidadosa localización del paraje (situación en mapas, croquis, notas, etc.) para su posterior recogida de púas o semilla.

La iniciativa de este huerto no es nueva, estaba programada su existencia en la red de huertos semilleros clonales del género *Pinus* que planteó el ICONA-ETSIM, y por distintas causas ha quedado demorada hasta ahora. Gracias a los trabajos que se realizaron en su día en el primer intento de instalación, lo que en principio parecía un lugar imposible para su instalación ha resultado ser idóneo para la floración y fructificación de la especie. En el vivero forestal de Javierregay (Huesca), donde quedó como reserva un banco clonal con injertos sobrantes del intento fallido de instalación del huerto, se ha observado que si bien el crecimiento de dicho árboles (injertos) está muy reducido la floración y fructificación es elevadísima. Por ello este verano se va a revisar la selección de los árboles sobresalientes y se va a preparar una parcela para su instalación en el próximo año. La existencia de patrones preparados con anterioridad para ser injertados, nos hace pensar que para finales del 97 la instalación se encuentre en una fase bastante avanzada.

3. *PINUS SYLVESTRIS* L.

En el ámbito de la mejora y en el momento actual es la especie de la que más trabajos y más avanzados existe en nuestra comunidad. Por un lado existe un huerto semillero en muy buen estado que permite obtener bastante información del mismo y además existen dos ensayos de procedencias de los cuales uno de ellos también está siendo objeto de análisis detallados.

Huerto semillero

El huerto semillero de Javierregay, se encuen-

tra en su décimo año desde los injertos más antiguos y presenta las siguientes características:

- 49 clones seleccionados mediante línea base en masas naturales del Pirineo oscense.
- 16 repeticiones por clon (diseño experimental: bloques completos al azar)
- marco de plantación 5 x 5 m.
- Superficie 1,96 ha.
- La floración femenina de este huerto se puede considerar casi excepcional por las características del lugar donde vegeta. En la Tabla I puede verse la evolución de la floración femenina hasta 1993 y la producción de piña en kilos del año 94.

F-89	F-90	F-91	F-92	F-93	F-94
1.529	3.600	7.254	13.026	32.742	160

A modo de resumen se puede decir que este huerto ha sido y es objeto de distintos estudios de variabilidad y producción de los clones, obteniéndose resultados análogos a los existentes en la literatura. Se ha estudiado la floración femenina, la producción de piña, sus correlaciones, la distribución de la producción, la distinta aportación clonal a la cosecha total (base genética de la semilla a obtener), germinación por clones, morfología del fruto y de la semilla y morfología de los clones y copas en busca de relaciones con la floración.

A continuación y de forma esquemática se presentan algunos resultados de estos trabajos: Los estudios de floración femenina en los primeros 6 años desde la instalación del huerto demuestran que dicho carácter sigue una progresión geométrica en términos globales. Los resultados muestran que existe una variación significativa entre genotipos. De hecho existe un gran desequilibrio en la floración femenina por clones. El 50% de la producción floral se alcanza por el 25 % de los clones (Figura 1).

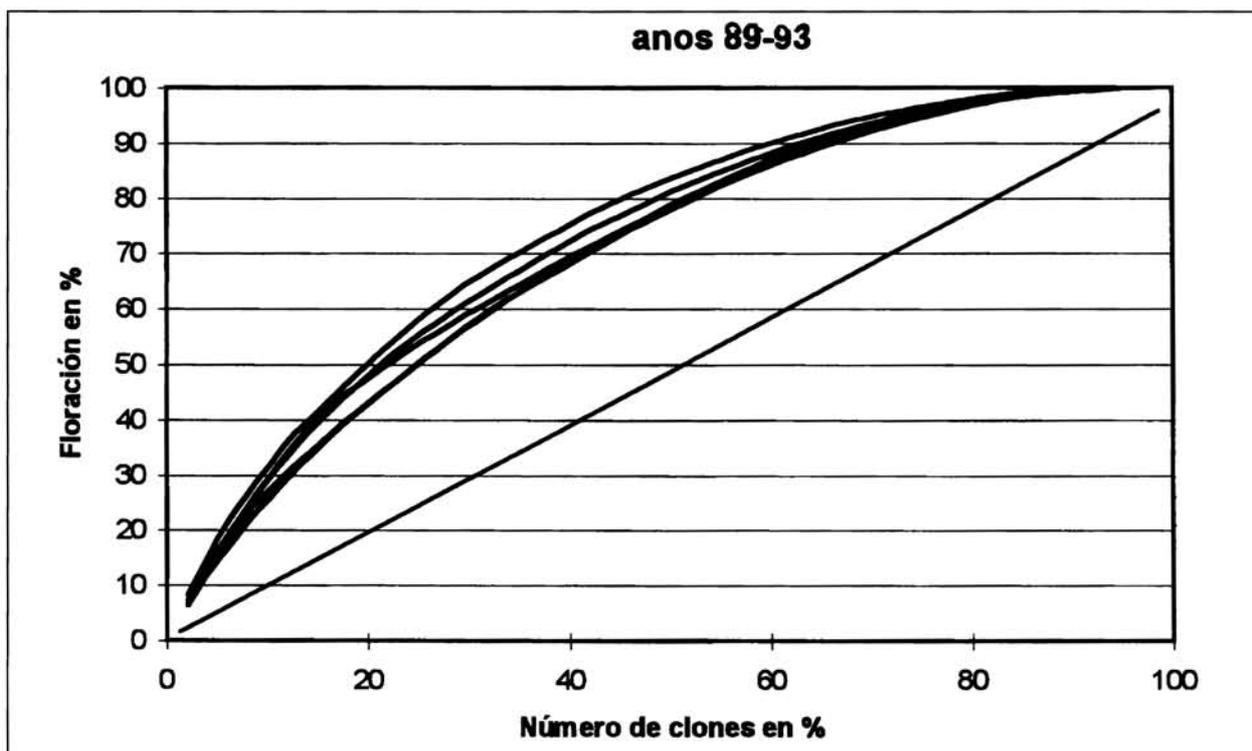


Figura 1. Floración femenina acumulada por clon. Años 89-93

Tabla II. Correlaciones, heredabilidad clonal y correlaciones de rango

	89	90	91	92	93
89	0.81	0.32	0.43	0.48	0.40
90	0.85	0.90	0.43	0.56	0.49
91	0.85	0.78	0.91	0.65	0.54
92	0.84	0.86	0.88	0.94	0.70
93	0.75	0.83	0.81	0.85	0.86

Encima de la diagonal: coeficientes de correlación de Pearson
 Diagonal: Heredabilidad clonal en sentido amplio
 Debajo de la diagonal: coeficientes de rango de Spearman

Los análisis de correlación de rangos de Spearman entre años dan coeficientes altos (del orden de 0.85) y muestran que la tenden-

cia en el comportamiento floral de los clones se mantiene con el tiempo (Tabla II).

La heredabilidad clonal del parámetro floración femenina varía entre años desde 0.81 hasta 0.94, sugiriendo un fuerte control genético de dicho carácter, así como una estabilidad frente a la propagación vegetativa.

Respecto a la producción de piña de este huerto se han estudiado dos cosechas experimentales (1992 y 1994) con el objeto de caracterizar y cuantificar dicha producción. Análogamente a la floración femenina se encontró una variación genética (clonal) significativa y abundante en caracteres de producción y morfológicos (Tabla III).

Aproximadamente el 50 % de la varianza es explicada por el factor clonal en los caracteres morfológicos y 15 % en la producción de piña. En ambos casos la variación es continua y los valores de desequilibrio o de aportación diferencial de los clones a la cosecha total del huertos son similares, como

Tabla III

CARÁCTER	MEDIA	COEF. VARIACION	NIVEL SIGNIFICAC.	HERECLABILIDAD CLONAL	MODELO	AÑO
Longitud piña	38.59 mm	16.90 %	C: 0.0001	0.96	A	92
Anchura piña	19.84 mm	13.70 %	C: 0.0001	0.94	A	92
Longitud/anchura	1.95	11.63 %	C: 0.0001	0.96	A	92
Peso de un piñon	0.0117 gr	29,96 %	C: 0.0001	0.81	A	92
Peso de una piña	5.69 gr	54.36 %	C: 0.0001 B: 0.5075	0.75	B	94
Producción piña	246.51 gr	122.76 %	C: 0.0001 B: 0.0001	0.82	B	94

μ : Media
 Modelo A: $x_{ij} = \mu + C_i + \Sigma_{ij}$ C_i : Efecto clonal
 Modelo B: $x_{ijk} = \mu + C_i + B_j + \Sigma_{ijk}$ B_j : Efecto bloque
 Σ_{ijk} : Error

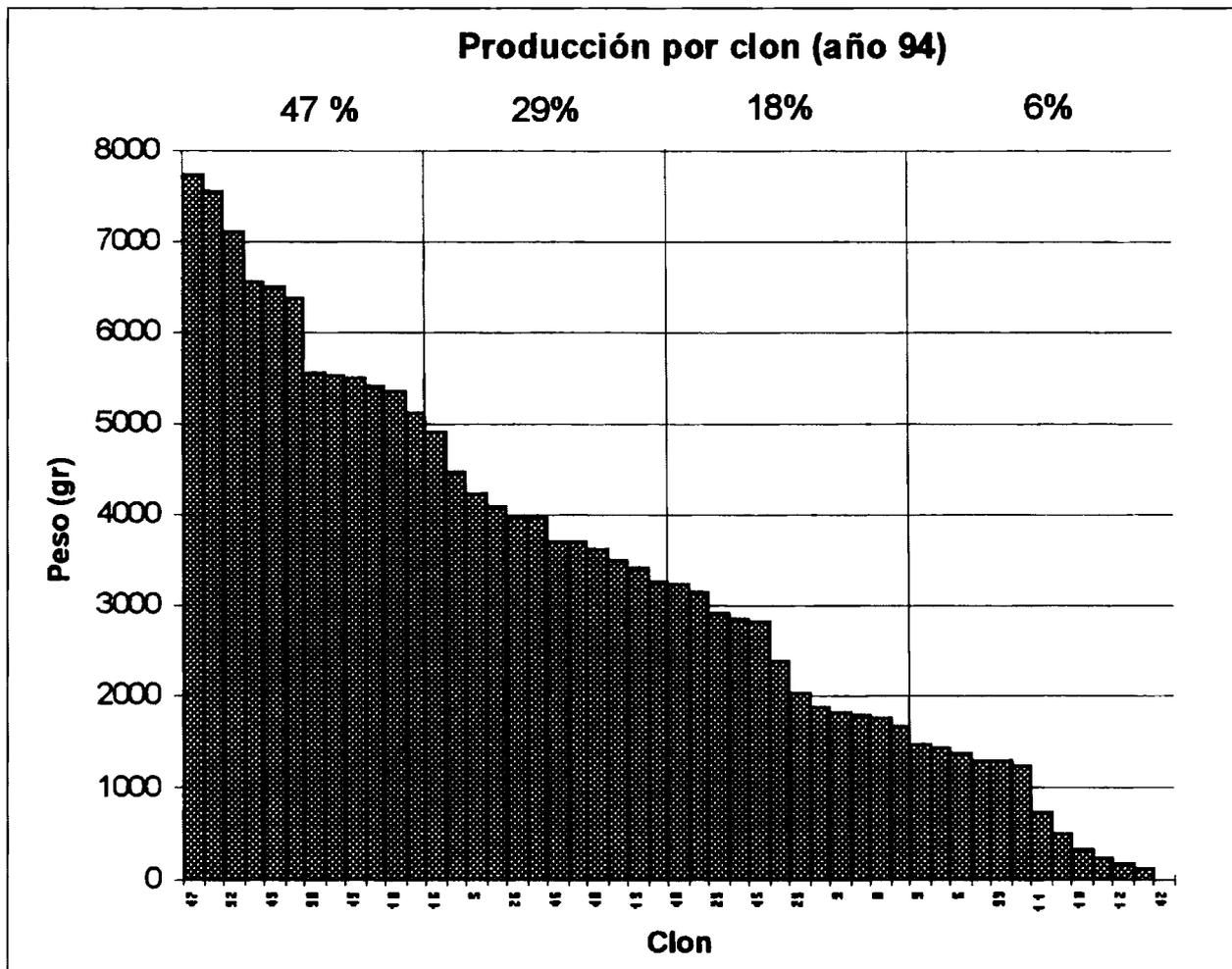


Figura 2

no podía ser de otra manera, a los de la floración femenina (Figura 2).

Debido a su fuerte control genético se puede observar que estos caracteres son muy estables a la propagación vegetativa vía injerto, y por lo tanto son útiles para la selección clonal y como criterio de depuración de huertos semilleros.

Por otra parte el estudio de la germinación de los piñones de la cosecha del 94, individualizado por clones se puede ver en el gráfico adjunto y de él se desprende que la calidad de la semilla desde el punto de vista de la germinación es superior a la media del mercado (Figura 3).

Este invierno se ha comenzado un programa de poda y “despuntado” de las copas para

controlar el crecimiento en altura y abrir las copas para favorecer la producción y recogida de fruto.

Ensayos de procedencias

Existen dos ensayos de procedencias de esta especie en Aragón, uno de ellos en Gúdar (Te) y otro en Aragüés del Puerto (Hu). Por desgracia el primero no tuvo el éxito deseado en la instalación y el elevado número de marras no permite unos análisis tan detallados como el de Aragüés. Ambos ensayos pertenecen a la red de ensayos de procedencias hispano-alemanas que el INIA instaló en 1991. Sus características son las siguientes:

- 16 plantas por unidad experimental

Tabla IV. SUMARIO DE ANOVA

VARIABLE	MEDIA	C. V.	PROC.	BLOQUE	AÑO	PROC.x AÑO	BLOQ x AÑO
T 10	122.63	2.42	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
T 90	164.01	1.84	n.s.	***	***	n.s.	n.s.
DUR	41.39	7.44	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.
GRT	3.17	14.07	***	n.s.	***	n.s.	n.s.
TG	161.89	16.24	***	n.s.	***	n.s.	n.s.
MSUL	1.12	13.34	*	n.s.	***	n.s.	n.s.
NSU	140.63	13.22	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

VARIABLE	MEDIA	C.V.	PROC.	BLOQUE	PROC.x BLOQ	ERROR
TG 7	139.91	35.60	*** 19.86 %	* 5.32 %	*** 13.99%	60.83 %
GRT 7	0.0262	34.43	*** 19.94 %	n.s. 3.3 %	*** 12.75 %	64.01 %
NSU 7	137.35	27.28	* 11.83 %	n.s. 1.9 %	* 8.41 %	77.86 %
MSUL 7	1.001	20.17	*** 19.67 %	** 8.38 %	*** 15.78 %	77.86 %

Donde:

T10: N° de días desde el 1 de Enero hasta que el brote alcanza el 10% de su longitud total

T90: Idem hasta el 90%

DUR: Duración del periodo de crecimiento longitudinal

GRT: Tasa de crecimiento

TG: Crecimiento total

MSUL: Elongación media de las unidades de tallo

NSU: N° de unidades de tallo

La primera parte de la tabla se refiere a un análisis combinado del 6° y 7° periodo vegetativo de las plantas, mientras que la segunda parte se refiere a un análisis individualizado del 7° año

- 4 repeticiones (diseño experimental: bloques completos al azar)
- 22 procedencias (15 españolas y 7 alemanas)
- Marco de plantación 2,5 m. Superficie (8.800 m²)

En la parcela de Aragüés además de las

pertinentes reposiciones de marras y controles de la vegetación accesoria se están realizando distintas evaluaciones con vistas a estudiar la variación intraespecífica de la especie. Así, se ha controlado en el 5° año después de su establecimiento, los crecimientos totales anuales y la ramificación. Otra de las líneas interesantes que se desarrollan en esta parcela es el estudio del ritmo

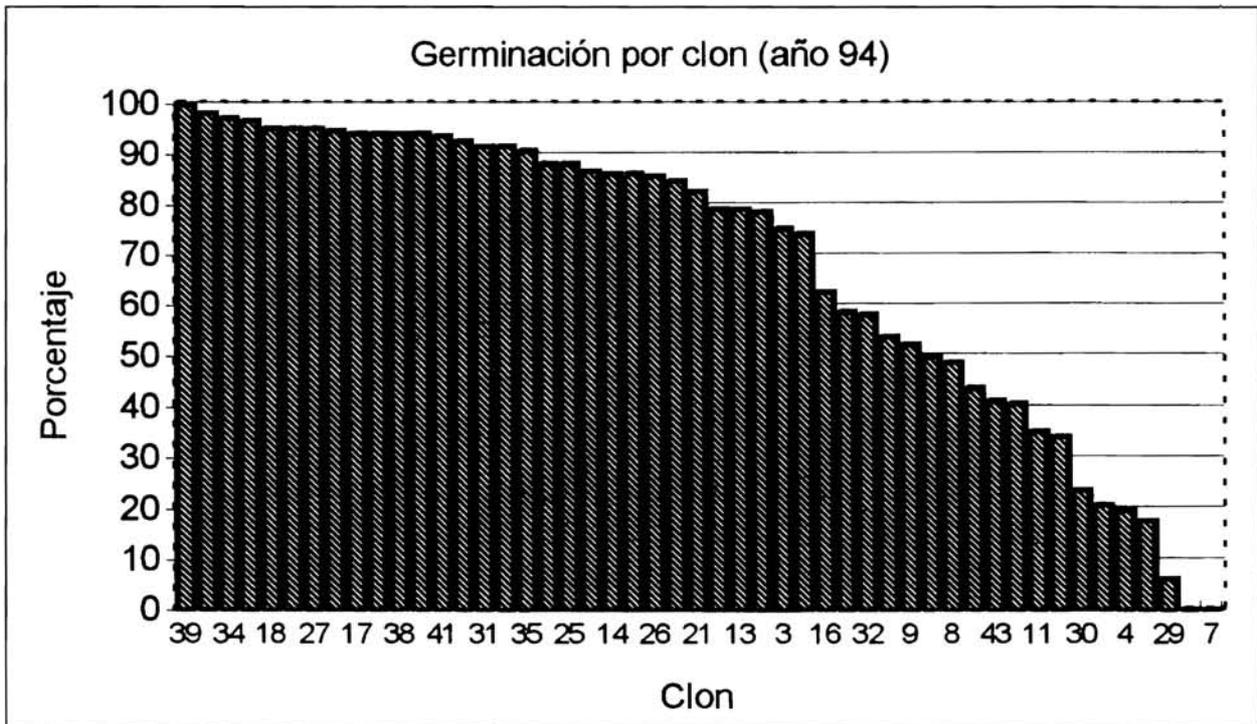


Figura 3

y de los componentes del crecimiento en altura. A continuación se presenta una tabla-resumen de análisis de la varianza en la que de forma sucinta se pueden ver las variables implicadas en el estudio y la estructura de su variabilidad (Tabla IV).

El estudio de las diferencias en los componentes del crecimiento entre las procedencias españolas y entre las españolas y centroeuropeas nos permitirán entender los mecanismos implicados en la adaptación de *Pinus sylvestris* a los climas mediterráneos. Este tipo de estudios se realiza mediante el análisis de las curvas de crecimiento y de sus parámetros así como de las unidades de tallo que componen el brote anual y su elongación media. Los primeros resultados parecen indicar que si bien las procedencias alemanas

crecen más que las españolas éstas se encuentran mejor adaptadas. Dicha adaptación consiste en adoptar una estrategia más conservadora en los patrones de crecimiento, así en el momento de producir el brote anual, a pesar de contar con las condiciones adecuadas para obtener brotes mayores, las procedencias adaptadas a climas más mediterráneos limitan su crecimiento a tallos más cortos para evitar una excesiva transpiración en previsión de unos posibles periodos estivales áridos.

4. PINUS NIGRA

Las actuaciones referidas a esta especie se reducen al mantenimiento del huerto semi-llero de Javierregay (Hu) situado conjunto al de *Pinus sylvestris* y de análogas características. La única diferencia estriba en el número de repeticiones, que en este caso es 15 en lugar de 16. La evolución de la floración y producción de piña del 94 se puede observar en la Tabla V.

Como se puede comprobar los valores son muy inferiores al de silvestre, ello es debido

F-89	F-90	F-91	F-92	F-93	F-94
59	695	1.395	890	1.760	20

en parte a la óptimas condiciones para el desarrollo vegetativo en las que se encuentra, reduciéndose “la necesidad” de su reproducción.

5. *PINUS HALEPENSIS*

Por motivos obvios, esta especie es una de las más importantes en nuestra región, y en toda España. Por ello en 1994 se presentó un proyecto de investigación al INIA que fue aprobado para su desarrollo en el periodo 95-98. El proyecto en sí contempla un doble objetivo:

- Por un lado conocer y estudiar la variación a nivel procedencia de la especie para llegar a recomendaciones de uso, en los siguientes aspectos como complemento al proyecto INIA SC93-143 (Mejora genética de coníferas. Elección de masas selectas y estudio de variación de procedencias y progenies):

- Caracterización y discriminación de distintas procedencias mediante marcadores bioquímicos (terpenos).
- Estudio de la variación en la arquitectura del crecimiento y ciclo morfogenético en distintas procedencias.
- Conocimiento y variabilidad inter e intra procedencias de los mecanismos fisiológicos en respuesta a stress hídrico.

- Por otra parte establecer un programa convencional de mejora genética forestal para *Pinus halepensis* Mill procedencia “Monegros-Depresión del Ebro” que proporcione en el futuro material de reproducción forestal de calidad de distintas categorías, acorde con la futura legislación en esta materia y especie.

Dentro del plan de mejora se presta especial énfasis a las fases de exploración de recursos genéticos, establecimiento de poblaciones de base, de mejora y de producción.

Dicho plan contempla el establecimiento de huertos semilleros de producción-investigación y la instalación de ensayos de progenie que den validez las selecciones y permitan producir material forestal de reproducción controlado.

Básicamente comprende dos objetivos, por un lado realizar un estudio de procedencias bajo distintos enfoques (adaptación, crecimiento, fisiología y marcadores) y por otro desarrollar un programa de mejora para la procedencia “Monegros-Depresión del Ebro”.

La metodología a seguir para la realización de los objetivos propuestos se presenta desglosada para cada una de las líneas previstas. En el estudio de la variación de procedencias se contemplan las siguientes actuaciones:

- 1.1 Establecimiento de parcelas de procedencias
- 1.2 Estudios de variación bioquímica
- 1.3 Análisis de la arquitectura del crecimiento y ciclo morfogenético
- 1.4 Variabilidad fisiológica en procedencias y progenies

Por otro lado en el desarrollo del programa de mejora genética de la procedencia “Monegros - Depresión del Ebro” se pueden definir los siguientes puntos:

- 2.1 Exploración de recursos genéticos
- 2.2 Establecimiento de las poblaciones de base, de mejora y de producción
 - 2.2.1 Selección de rodales
 - 2.2.2 Selección de individuos sobresalientes
 - 2.2.3 Establecimiento de huertos semilleros y bancos clonales
 - 2.2.4 Instalación de ensayos de progenie.

El desarrollo del proyecto se encuentra algo retrasado respecto a su planificación original debido principalmente a los retrasos administrativos de este tipo de trabajos, pero a pesar de ello, ya se encuentra instalada una parcela de progenies-procedencias en colaboración con el área de silvicultura y mejora del CIFOR-INIA, se dispone del material para realizar la puesta a punto de los análisis de terpenos se está procediendo a la producción del material vegetal necesario para los estudios en eficiencia en el uso del agua.

Desde el punto de vista del programa de mejora para la procedencia mencionada, se ha terminado la fase de exploración de recursos genéticos, y se ha realizado la distribución superficial del número de individuos que constituirán la población de mejora. En estos momentos se está generando, caracterizando y recogiendo material (piña) de estos pies para el establecimiento de dicha población y un huerto semillero de brinzales.

6. MEJORA GENÉTICA DEL GÉNERO *POPULUS*

(Proyecto INIA: 9564)

a. Programa de mejora genética de clones híbridos euramericanos

1.- *Introducción de clones de origen foráneo y su evaluación en Red Experimental.*

Archivo de clones (Febrero 1996): 290 clones correspondientes a 13 grupos taxonómicos, sobre todo: *P. deltoides* x *P. nigra* (*P. x euramericana*): 170 clones, *P. deltoides*: 88 clones

Red Experimental: 62 ensayos de clones; 121 has de superficie experimental.

Logros:

Contribución con los dosieres de los clones euramericanos: 'I-214', 'MC', 'Flevo', 'Triplo', 'I-488' y 'Luisa Avanzo', para su inclusión en el Catálogo Nacional de Clones admitidos como Materiales de Base del Género *Populus* (Orden 24 Junio 1992).

Futura propuesta de inclusión de los clones euramericanos 'Guardi' y '2000 Verde'

2.- *Obtención y selección de nuevos híbridos euramericanos de chopo a través de un programa de cruzamientos controlados.*

Plan Factorial de cruzamientos controlados para la obtención de clones híbridos euramericanos: *Populus deltoides* (introducido y seleccionado) x *Populus nigra* (autócto-

no Depresión del Ebro). Comienzo en 1984. Finalización en 1993.

31.000 nuevos clones producidos

32 clones seleccionados e incorporados en Red Experimental

Ganancias Genéticas:

Crecimiento en Altura: 10,1 %

Forma del fuste: 23,4 %

Ramosidad: 33,9 %

3.- *Aspectos de la Conservación de Recursos Genéticos.*

Colecciones de Cepas madre: 245 clones de *Populus* y 11 clones de *Salix alba*

Huerto Clonal

Populetum

Colección de Cepas Madre de *Populus nigra* autóctono: Aportación al EUFORGEN en el marco del *Populus nigra* Network.

b. Otras actividades de mejora

Populus euphratica:

Técnicas de cultivo 'in vitro'. Micropropagación y Organogénesis.

Propagación vegetativa convencional

Populus tremula y *Populus alba* x *P.tremula*

Técnicas de cultivo 'in vitro'. Micropropagación (yemas axilares).

Instalación en monte de *Populus tremula*: lucha contra la erosión en espacios degradado pirenaicos

Populus alba:

Estudio de variabilidad intraespecífica respecto de la tolerancia a salinidad

Estudio de criterios de selección para resistencia a la salinidad.