

SELECCIÓN DE CLONES DE *PINUS PINEA* PARA LA PRODUCCIÓN DE PIÑA: DISEÑO PRELIMINAR DE UN METODO DE SELECCIÓN

B. Abellanas*, J.A. Oliet*, S. Cuadros*, R. Navarro*, I. Butler**, F.J. Monteagudo**, F. Bastida** & J. López**

* Universidad de Córdoba. E.T.S.I. Agrónomos y Montes. Dpto. Ingeniería Rural. CÓRDOBA

** Universidad de Huelva. E.P.S. La Rábida. Dpto. Ciencias Agroforestales. HUELVA

RESUMEN

Se expone un método preliminar de selección de clones de *Pinus pinea* para producción de piña. Las variables consideradas son la productividad del clon, la estabilidad de las cosechas en el tiempo, y la variación intraclonal.

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del Programa de Mejora de *Pinus pinea* en Andalucía, se establecieron, a partir de 1.990, cuatro Ensayos de Clones con representación del conjunto de árboles seleccionados en la primera fase de dicho programa.

El objetivo principal de dichos ensayos es estudiar el comportamiento reproductivo (producción de flores y frutos) de los clones con el fin de realizar una selección definitiva de clones grandes productores de fruto que puedan emplearse como material de propagación para la producción intensiva de fruto mediante plantaciones clonales vía injerto, constituyendo esta selección el resultado final del proceso de mejora en la vía vegetativa.

Las conveniencia de la utilización de la reproducción vegetativa para la producción intensiva de piña presta a esta línea de mejora unas características especiales en relación a la tradicional vía sexual de la mejora genética.

La principal diferencia que introduce este planteamiento estriba en que no se requiere que los caracteres a mejorar presenten una alta heredabilidad, puesto que la población mejorada y sus sucesivos descendientes obtenidos vía injerto estarán constituidos por la propia generación F_0 . Esto supone una ventaja especialmente importante en lo que se refiere a los plazos requeridos para estimar la superioridad de la población mejorada. Además se incorpora parte de la varianza genética no aditiva al material mejorado, por lo que las ganancias esperables pueden ser mayores.

En este planteamiento, la selección definitiva de un clon únicamente requerirá comprobar que los injertos obtenidos a partir del mismo presentan una superioridad fenotípica adecuada respecto al resto en un medio ambiente determinado, dado que su utilización posterior se realizará por esta misma vía y, por tanto, con material idéntico desde el punto de vista genético.

Únicamente es necesario tener en cuenta la posible influencia ambiental en la superioridad mostrada por los clones, para lo cual se ha recurrido a definir las Zonas de Mejora, con características ecológicas relativamente homogéneas, y planteándose el proceso de selección de forma independiente para cada una de dichas zonas.

Con este objetivo se ha instalado un Ensayo de Clones en cada Zona. La selección definitiva que se realice en cada Zona sólo será de aplicación en la misma.

Transcurridos 5 años desde la instalación de los Ensayos de Clones, se plantea la necesidad de establecer los criterios de selección a aplicar en la selección definitiva de clones grandes productores de piña. Para ello se cuenta con los resultados del seguimiento de dichos ensayos realizado durante estos cinco años.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es analizar la floración y fructificación de los injertos que constituyen los Ensayos de Clones con el fin de describir el comportamiento reproductivo de los clones injertados y diseñar un método de selección final de clones grandes productores que permita obtener una población mejorada para su utilización como material de reproducción vegetativa en la producción intensiva de piña.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos de clones

Cada Ensayo de Clones está constituido por un total de 120 clones. El diseño es en 4 bloques completos al azar, con 4 ramets por clon en cada bloque, lo que supone un total de 1.920 plantas.

Para el presente estudio se han considerado inicialmente los dos Ensayos de Clones mas antiguos, correspondientes a las Zonas de Mejora 1 y 2, cuyo establecimiento se inició en 1.990. No obstante, los resultados obtenidos en el estudio preliminar que se expone a continuación aconsejaron desestimar los datos correspondientes al Ensayo de la Zona 1.

Estudio preliminar

En estos dos Ensayos de Clones se ha realizado un seguimiento anual de la floración y fructificación, contabilizándose, cada año, el número de conos de 1, 2 y 3 años de cada injerto.

Estos datos han permitido obtener una primera información acerca del comportamiento general de los clones respecto a su floración y fructificación. El análisis realizado cada año de estos datos ha permitido obtener las siguientes conclusiones:

1.- El análisis de la varianza de la floración ha permitido detectar diferencias significativas entre clones, entre ensayos y también se ha mostrado significativa la interacción entre ambas variables, lo que denota la existencia de diferentes comportamientos de los clones en distintos ambientes.

2.- La evolución de la floración en el Ensayo de Clones correspondiente a la Zona 1 ha mostrado un comportamiento anormal en los últimos dos años, con una drástica reducción del número de flores por injerto. Este hecho coincide con una sensible decadencia del vigor de las plantas y un anormal aumento de la mortalidad. A falta de análisis más detallados, es presumible que este hecho haya sido provocado por la conjunción de una excesiva permeabilidad del suelo de la parcela, con una textura muy arenosa, y unas condiciones anormales de sequía durante estos años. Entendemos que el comportamiento reproductivo de las plantas ha reflejado más estas condiciones ambientales desfavorables que cualquier otro factor determinante del mismo, como puedan ser las características genéticas o la edad de las plantas. Estas consideraciones justifican su eliminación del presente estudio.

3.- En estas primeras edades, el factor edad resulta altamente significativo, observándose un acusado aumento de la floración con cada año de aumento en la edad de los injertos. No obstante se ha detectado una disminución del número medio de flores por injerto el cuarto año. Este hecho se ha comprobado tanto en la evolución temporal de los injertos (Fig. 2), como a través de la comparación de la floración de injertos de diferente edad en un mismo año (Fig.1). Esta doble coincidencia en la tendencia observada por ambas vías permite descartar un posible efecto ambiental en dicho descenso. Es probable

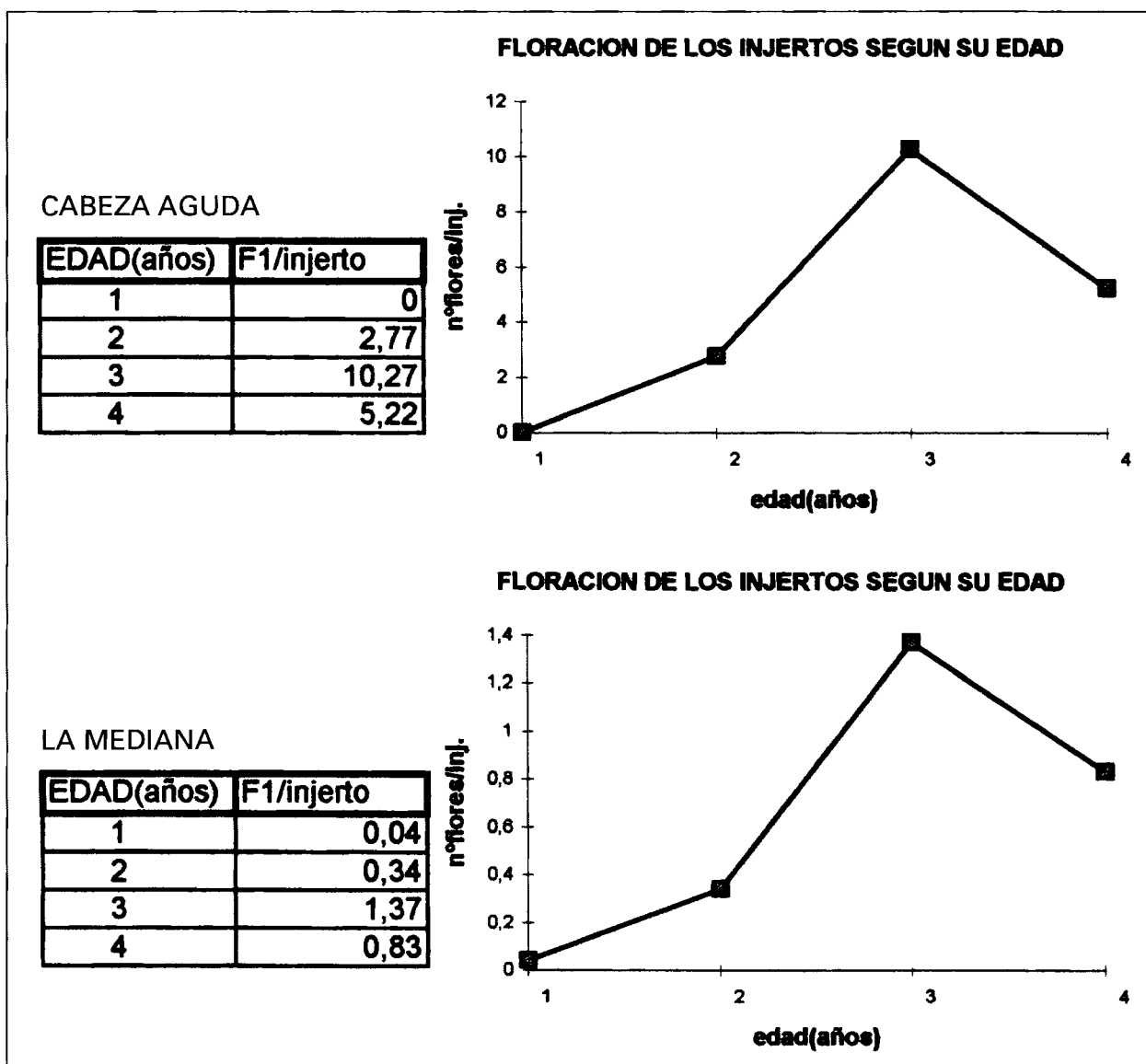


Figura 1. Variación de la floración con la edad de los injertos. Año de floración: 1994

que el desgaste producido en los pequeños árboles en su primera fructificación (coincidente con la diferenciación de las flores del cuarto año) haya provocado tal reducción. Este efecto ha desaparecido el quinto año, recuperándose la tendencia general de aumento del número medio de flores por injerto con la edad.

4.- La transformación de flores en piñas (eficiencia de la floración) no ha mostrado diferencias significativas entre clones, lo que implica un control fundamentalmente ambiental de este proceso. Este hecho permite considerar la floración como un

buen estimador de la capacidad productiva de los individuos, permitiendo adelantar la obtención de resultados en el tiempo.

Estos resultados han permitido establecer las bases para el estudio de selección definitiva que se plantea, en los siguientes términos:

1.- Es posible mejorar la producción mediante selección de clones grandes productores, y, como se había previsto, es necesario realizar una selección independiente, al menos, para cada Zona de Mejora.

2.- La gran variación que presenta el carácter a mejorar con la edad, al menos

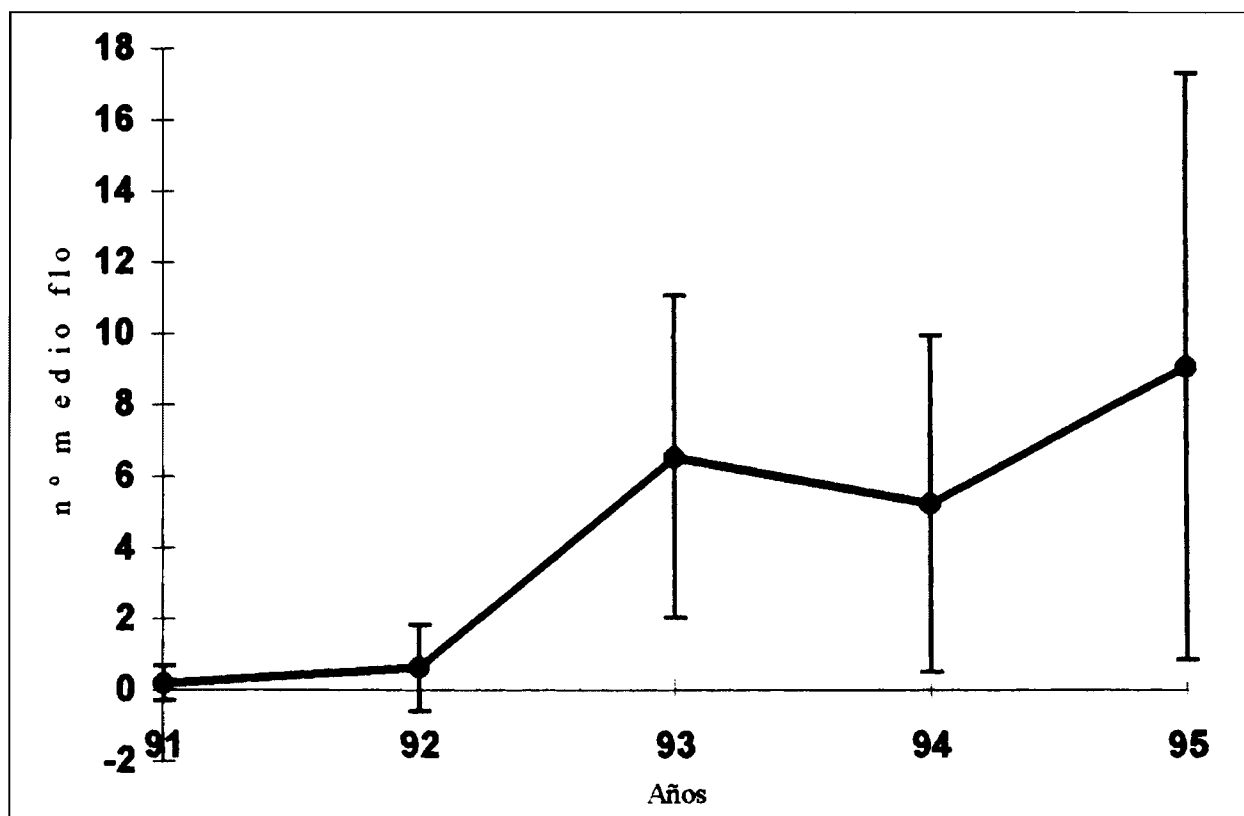


Figura 2. Floración media de los injertos de mas edad (5 años)

en el período estudiado, aconseja considerar únicamente en el estudio injertos de la misma edad. Esto implica que la población considerada para el presente estudio está constituida únicamente por los injertos de mayor edad de entre todos los que componen el ensayo¹. Esto supone que el número total de clones estudiados ha quedado reducido a 70, y con una representación irregular de cada uno de ellos. Esta selección previa pretende evitar la comparación de individuos de distinta edad, que podría enmascarar la respuesta clonal.

3.- Se ha considerado la floración como un buen estimador del carácter a mejorar, lo que ha permitido disponer de una serie mas completa de datos.

4.- La escasez y falta de normalidad de la floración de los dos primeros años de los

injertos ha motivado el reducir el análisis a los datos de los tres últimos años. Esto implica que el período considerado para el análisis puede ser aún excesivamente corto, lo que confiere a este estudio un carácter provisional.

Criterios de selección

El futuro valor económico de las plantaciones de injertos realizadas con el material mejorado que se pretende obtener, y en consecuencia, el objetivo de nuestra selección, radica en tres factores fundamentales:

- la productividad de los clones seleccionados
- la estabilidad de sus cosechas en el tiempo
- la homogeneidad de sus ramets

Aun siendo el primero de estos aspectos el objetivo fundamental de la mejora, es nece-

¹ Existe una diferencia máxima de edad entre los ramets de cada ensayo de 3 años

sario tener en cuenta también aquellos que pueden introducir fluctuaciones que podrían reducir significativamente el valor o la rentabilidad de la producción pretendida.

La estabilidad relativa de las cosechas a lo largo del tiempo es un factor decisivo en la obtención de una adecuada rentabilidad de las futuras plantaciones a lo largo de su vida. Aun cuando es pronto para descubrir la existencia o no de un control genético de este aspecto, se considera necesario tenerlo en cuenta provisionalmente para evitar la selección de clones que pudieran resultar excesivamente veceros. Especialmente porque es presumible que, de existir un cierto grado de control genético sobre la vecería, estos clones puedan presentar floraciones significativamente abundantes determinados años, lo que, de no tenerse en cuenta, podría conducir a su selección como grandes productores si el período de selección incluye uno o varios de estos años, y esto puede suponer un grave inconveniente en una producción que se pretende anual.

La homogeneidad intraclonal es un carácter que, en comparación con los anteriores, podríamos considerar secundario, pues sólo será relevante en el caso de que se establezcan plantaciones con un escaso número de ramets por clon. No obstante, los clones que, aún mostrándose grandes productores, presenten una gran variación entre ramets, no serán adecuados, pues, aun cuando la utilización de un número elevado de ramets permitiera obtener los resultados esperados, la reducción del número de éstos supondría un gran aumento del riesgo de ver reducida la eficacia del clon. Por ello, se considera conveniente potenciar la *repetibilidad* del carácter seleccionando clones que no muestren una variación muy acusada.

Elaboración del modelo

La aplicación de los criterios de selección expuestos en el apartado anterior requiere:

1º.- Definir unas variables cuantitativas que permitan evaluar el valor de un clon en cada uno de los aspectos mencionados.

2º.- Diseñar un modelo de selección que combine las variables de selección para asignar un valor global a cada clon.

Las variables de selección

a) la productividad del clon

Esta característica puede evaluarse directamente por la producción total del clon en el tiempo considerado. Dado que el número de ramets no es el mismo en todos los clones considerados, se ha caracterizado la producción del clon a través de la producción media por injerto. Así, esta primera variable se define como:

$$F_i = \sum f_{ij} / n_i$$

donde:

F_i es la productividad del clon i

f_{ij} es el número total de flores del clon i el año j

n_i es el número de ramets del clon y

b) la estabilidad de las cosechas en el tiempo

Para cuantificar este aspecto es necesario tener en cuenta que existe una variación temporal de la producción de los injertos debida a diversas causas distintas del clon, que conviene discriminar del efecto buscado.

Una de ellas se ha comprobado en el estudio preliminar y es el acusado aumento de la floración con la edad de los injertos. Esto significa que la estabilidad buscada debe entenderse en relación a esta tendencia observada.

Además, aunque no se ha podido comprobar en este estudio, es conocido el importante efecto de las condiciones meteorológicas en la floración, y ésta puede ser una fuente de variación que, a falta de estudios más completos, debemos considerar ajena a la variación clonal (aun cuando pueda existir una correlación genotipo-ambiente).

La existencia de estos factores de variación ajenos al clon obliga a considerar la estabilidad de la producción en el tiempo, no

en valor absoluto, sino en relación a una referencia que recoja estas tendencias generales. A falta de modelos causales que pudieran estimar el efecto de estas fuentes de variación sobre la floración de los injertos, se ha considerado como referencia o “línea base” la tendencia mostrada para el mismo período por la media de todos los clones.

De esta forma, la estabilidad de la floración de los clones en el tiempo se ha estimado por la *variación* de su desviación respecto a la media de todos los clones a lo largo del tiempo.

La desviación del clon respecto a la media clonal total se cuantifica, para cada año, por la variable:

$$Z_{ij} = \frac{F_{ij} - F_j}{\sigma_j}$$

donde:

Z_{ij} es la desviación del clon i respecto a la media de todos los clones, el año j

F_{ij} es la floración media del clon i el año j

F_j y σ_j son la floración media y la desviación típica de todos los clones el año j

La medida de la variación de cada clon en el tiempo se realiza a través de la desviación típica de los valores de esta variable en los distintos años, σ_{zi} , que sería una medida de la variación de la posición relativa del clon respecto a la media de la población total de clones.

c) la variación intraclonal

La cuantificación de la variación intraclonal se ha realizado mediante el valor medio de los coeficientes de variación de los ramets de cada clon en los 3 años considerados:

$\varphi_{ij} = \sigma_{ij} / F_{ij}$, es el coeficiente de variación del clon i el año j

$\varphi_i = \sum \varphi_{ij} / t$, es la media de los coeficientes de variación de los t años.

Análisis de las variables de selección

a) Distribución de las variables en la población clonal

Antes de determinar el modelo de selección a emplear, se ha estudiado la distribución que presentan las variables de selección en la población de clones. En la Fig. 3 se presentan los histogramas de frecuencias de las tres variables de selección para la población de clones estudiada así como las funciones de distribución ajustadas en cada caso.

Se observa que las variables relacionadas con la productividad (F) y con la variación intraclonal (φ) presentan distribuciones normales en la población de clones, mientras que la relacionada con la variación temporal (σ_z) presenta una distribución asimétrica que se ajusta bastante bien a una lognormal. La discriminación de los clones con los valores más altos de esta variable podría, en principio, mejorar bastante la estabilidad temporal de la floración de la población mejorada.

b) Relación entre las variables de selección

Se ha realizado un análisis de correlación para estudiar la relación existente entre la variable de producción - F - y las variables “estabilizadoras” de la misma - σ_z y φ -, con el fin de investigar las posibilidades de aplicar un método de niveles de selección independientes.

Relación entre la productividad del clon y su variación temporal

En el análisis de correlación de la variable F con la variable σ_z se ha encontrado que ambas variables presentan un cierto grado de dependencia (coef. corr. = 0,58; $R^2 = 33\%$; con un grado de significación del análisis de la varianza del modelo muy elevado >99%). Esto significa que el aumento de la productividad está ligado al aumento de la variación temporal de la misma, al menos en el corto período de tiempo estudiado.

Esto supone un inconveniente para el proceso de selección pretendido, pues supone que la selección de clones grandes productores puede ir ligada a un aumento de su oscilación temporal.

Observando las tendencias de los clones que presentan altos valores de la variable σ_z

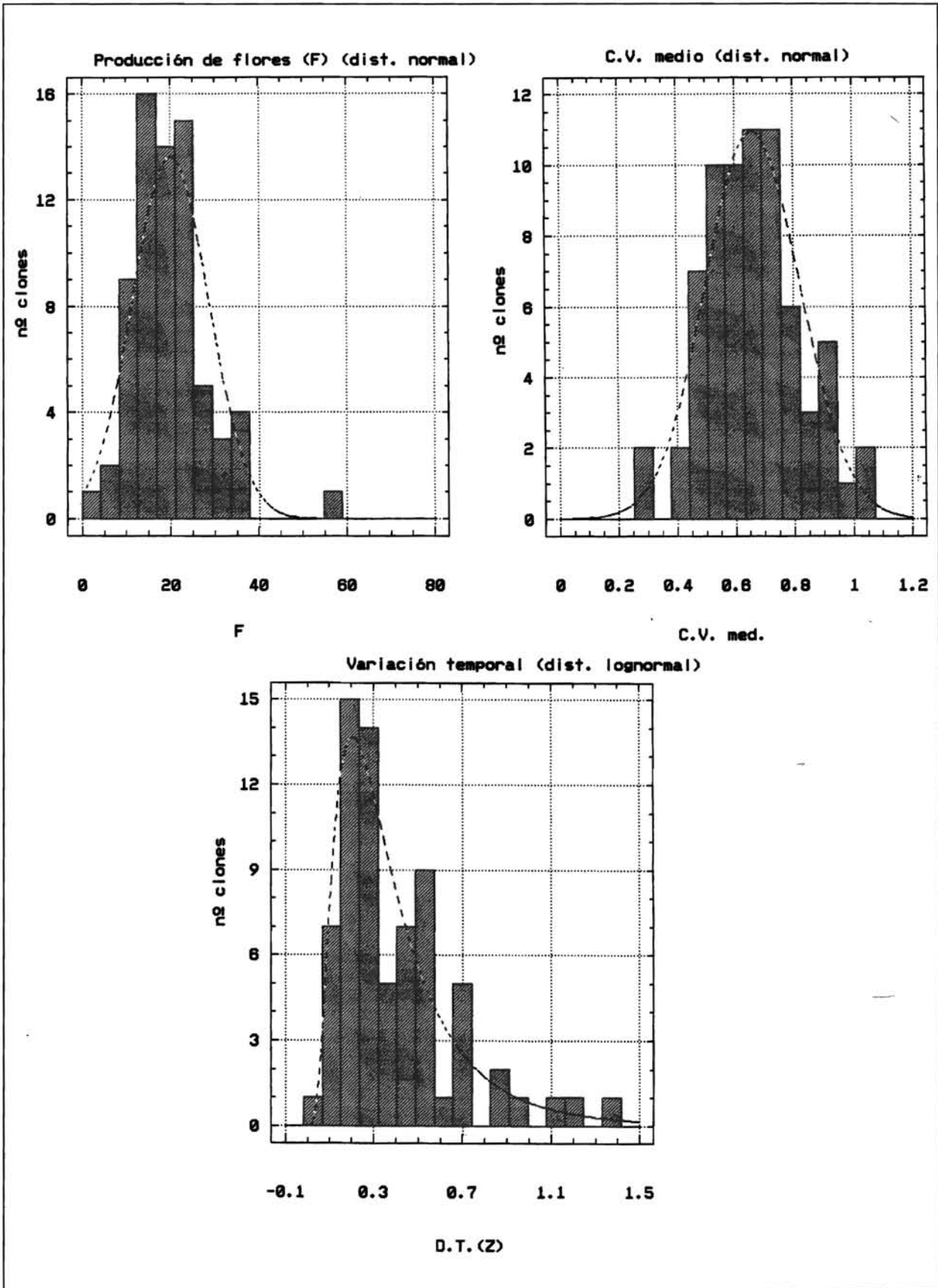


Figura 3. Histogramas de frecuencias de las variables de selección

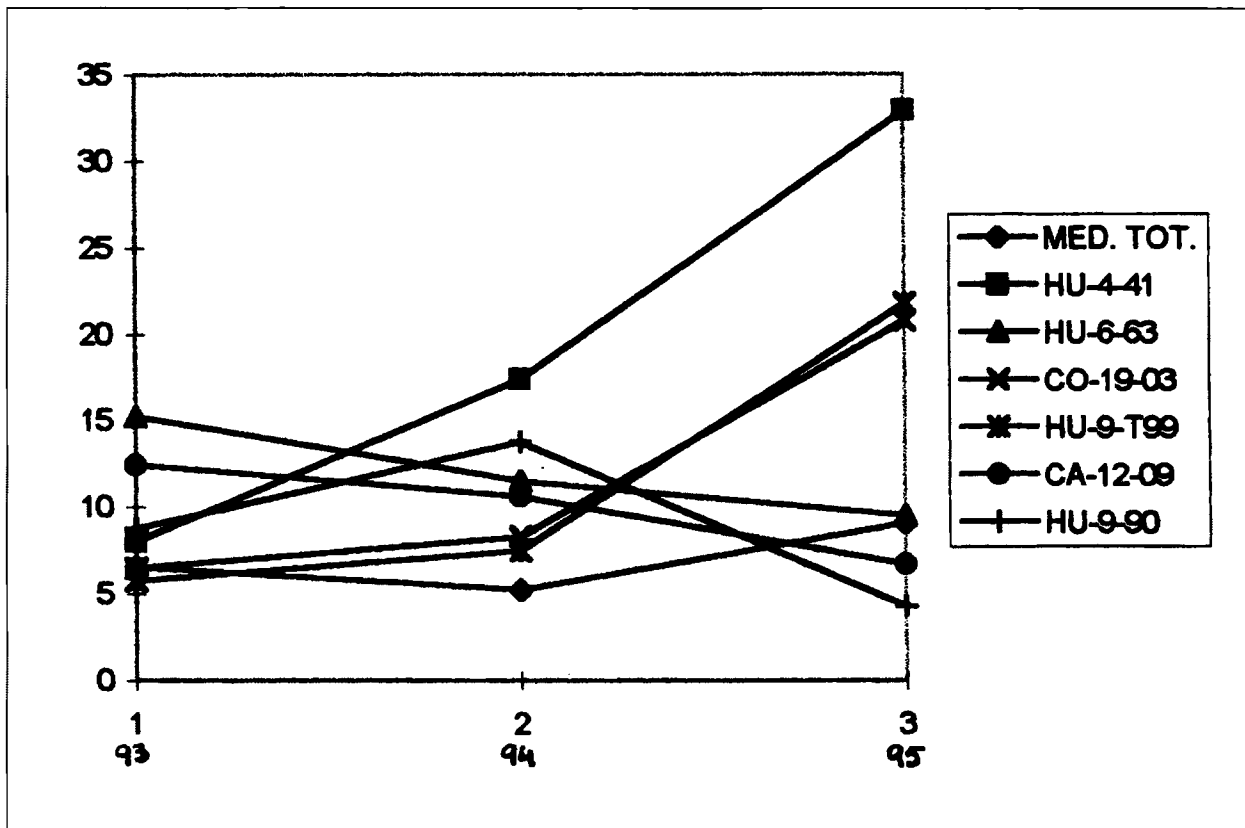


Figura 4. Comportamiento de los clones rechazados por su variación temporal

(Fig.4), se observa que algunos de ellos muestran una tendencia creciente en su desviación respecto a la media. Este hecho parece indicar que el efecto de la edad (principal factor determinante de la variación temporal de la floración de los clones en el período estudiado) no es homólogo en todos los clones, por lo que la aplicación de este criterio puede resultar negativo en determinados casos.

No obstante, es previsible que el efecto de la edad pierda importancia en injertos mayores y que la ampliación del período de selección permita eludir este efecto. Por otra parte, es previsible que un aumento excesivamente rápido de la fructificación los primeros años conduzca a una posterior reducción de la vitalidad del árbol, y su consecuente pérdida de valor, por lo que quizá no sea erróneo eliminar este tipo de clones.

En todo caso, y suponiendo que este efecto no se corrija al aumentar la edad de los injertos (lo que equivaldría a comprobar que la

correlación entre la productividad y su variación temporal no es debida al efecto diferencial de la edad sobre los distintos clones), será necesario determinar, en términos económicos, si resulta más interesante seleccionar clones grandes productores con grandes oscilaciones anuales en su producción o bien convendrá mejor conseguir clones que, aún no siendo tan productivos en períodos largos de tiempo, muestren una mayor estabilidad en la producción de unos años a otros. A falta de la necesaria experiencia en explotaciones de producción intensiva de piñón, que permita cuantificar las ventajas económicas relativas de ambos criterios, se ha considerado el segundo de ellos como más conveniente para el desarrollo del presente modelo de selección.

Relación entre la productividad del clon y la variabilidad intraclonal

El análisis de correlación entre las varia-

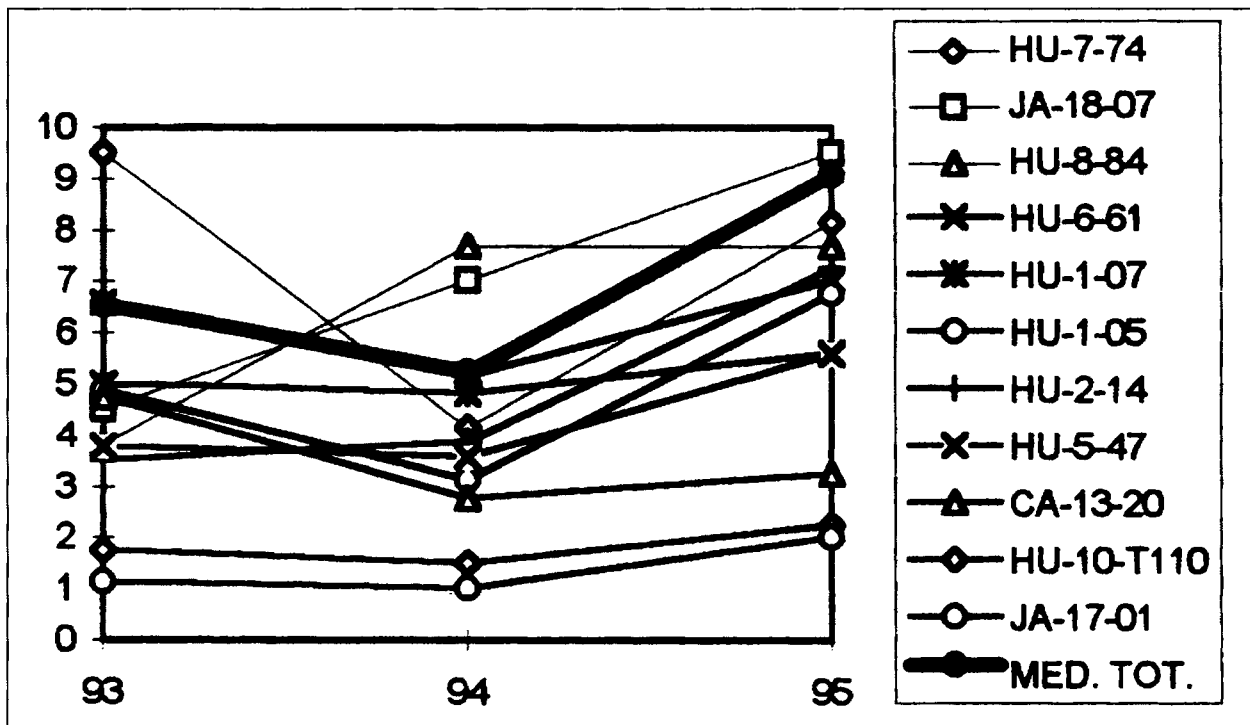


Figura 5 a. Variación intraclonal grande

bles F y ϕ no ha permitido encontrar una clara relación entre ambas (coef. corr. = -0,38; $R^2 = 14,76\%$ y análisis de la varian-

za del modelo no significativo). En principio puede suponerse que pueden seleccionarse ambos caracteres por separado, es decir,

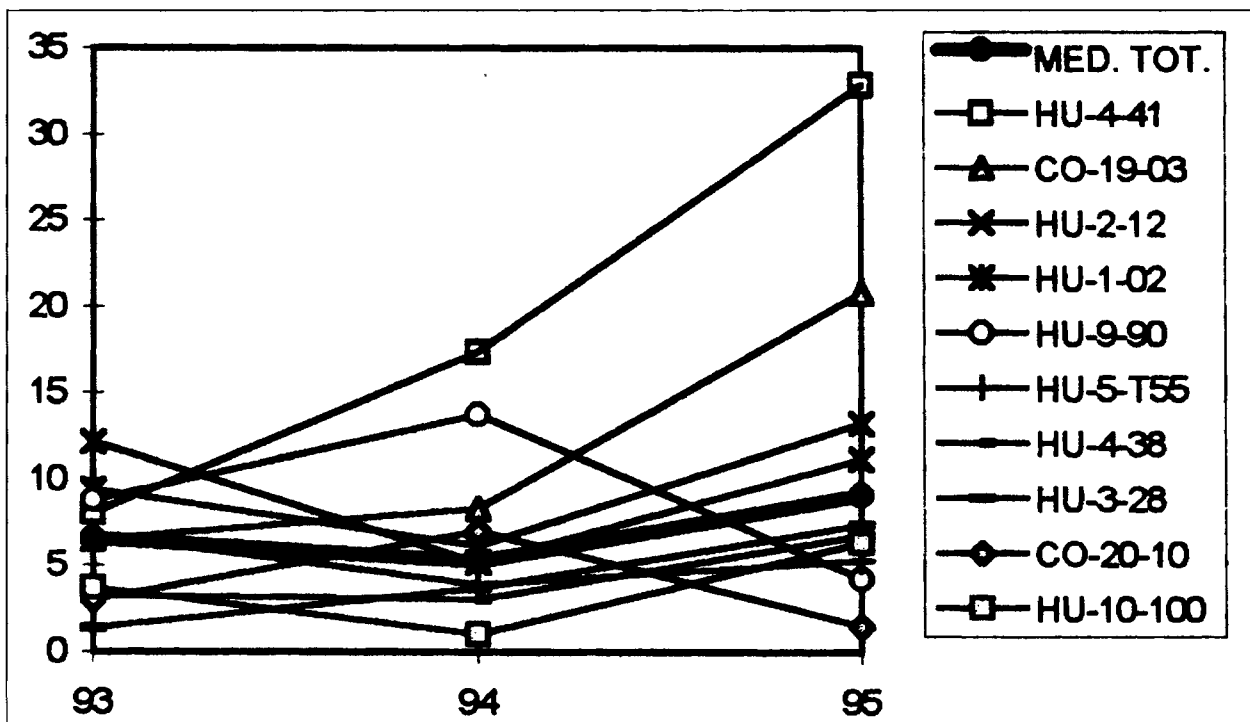


Figura 5 b. Variación intraclonal pequeña

que podrán encontrarse clones grandes productores con una variabilidad intraclonal baja.

A pesar de estos resultados, si se observa el comportamiento productivo de los clones en función de su variabilidad intraclonal, se aprecia que los valores más altos de variabilidad intraclonal se corresponden con valores de productividad relativamente bajos (en su mayoría por debajo de la media total) (Fig. 5).

El modelo inicial de selección

Para obtener una población mejorada que cumpla con los tres criterios establecidos - alta productividad, estabilidad temporal y baja variabilidad intraclonal- se ha previsto utilizar un método de selección basado en una selección en dos etapas:

1°.- Selección preliminar realizada en base a la productividad de los clones

2°.- Limitación de los valores de variabilidad intraclonal y temporal admitidos mediante la eliminación de los clones seleccionados en la primera fase que superen un determinado umbral de dichos valores.

En la primera etapa de la selección se ha aplicado una presión de selección del 25% de los clones estudiados, lo que ha supuesto un diferencial de selección de 11 flores por injerto.

En la segunda etapa se han eliminado de la selección aquellos clones que presentaran valores de φ y σ_z superiores a un umbral que se ha fijado para ambos casos en un valor igual a la media más la desviación típica:

	φ	σ_z
media:	0,66	0,40
d.t.:	0,16	0,27
umbral:	0,82	0,67

4. RESULTADOS

Como resultado de la selección realizada en la primera etapa se han obtenido un total de **18 clones**, con un valor medio de producción por injerto para los tres años considerados de **31 flores por injerto**, lo que supone una mejora frente a la población de partida (con una media de **20** flores por injerto en los tres años) del **55%**.

Esta mejora de la productividad global, no obstante, ha aumentado la variación temporal media de la población, pasando de un valor medio de σ_z de 0,40 en la población de partida a un valor de 0,61 en la población seleccionada.

En la segunda etapa de la selección, se han aplicado los valores umbrales de φ y σ_z , con efectos claramente distintos entre una y otra variable.

La restricción impuesta por el valor umbral establecido para la variación intraclonal no ha conducido a la eliminación de ninguno de los clones seleccionados previamente. Esto es debido a que, como se indicó en el apartado anterior, a pesar de no existir una clara correlación entre la producción y la variación intraclonal, sin embargo, los valores más altos de la variable φ se corresponden, en su mayoría con valores bajos de producción (Fig. 4), por lo que la primera etapa de la selección ha eliminado los clones con grandes variaciones intraclonales. Esto ha permitido disminuir el valor medio de φ de **0,66** en la población inicial a **0,56** en la población seleccionada en la primera etapa.

La restricción impuesta por el valor umbral de la variación temporal de la producción, por el contrario, ha conducido a rechazar 6 de los clones previamente seleccionados, quedando un total de **12 clones** como selección inicial.

Esta mejora de la estabilidad temporal de la producción se ha realizado a expensas de una cierta reducción en la productividad global de la población seleccionada, debido a la correlación encontrada entre ambas variables, pasando de **31** a **29** flores por injerto como media global de los tres años en

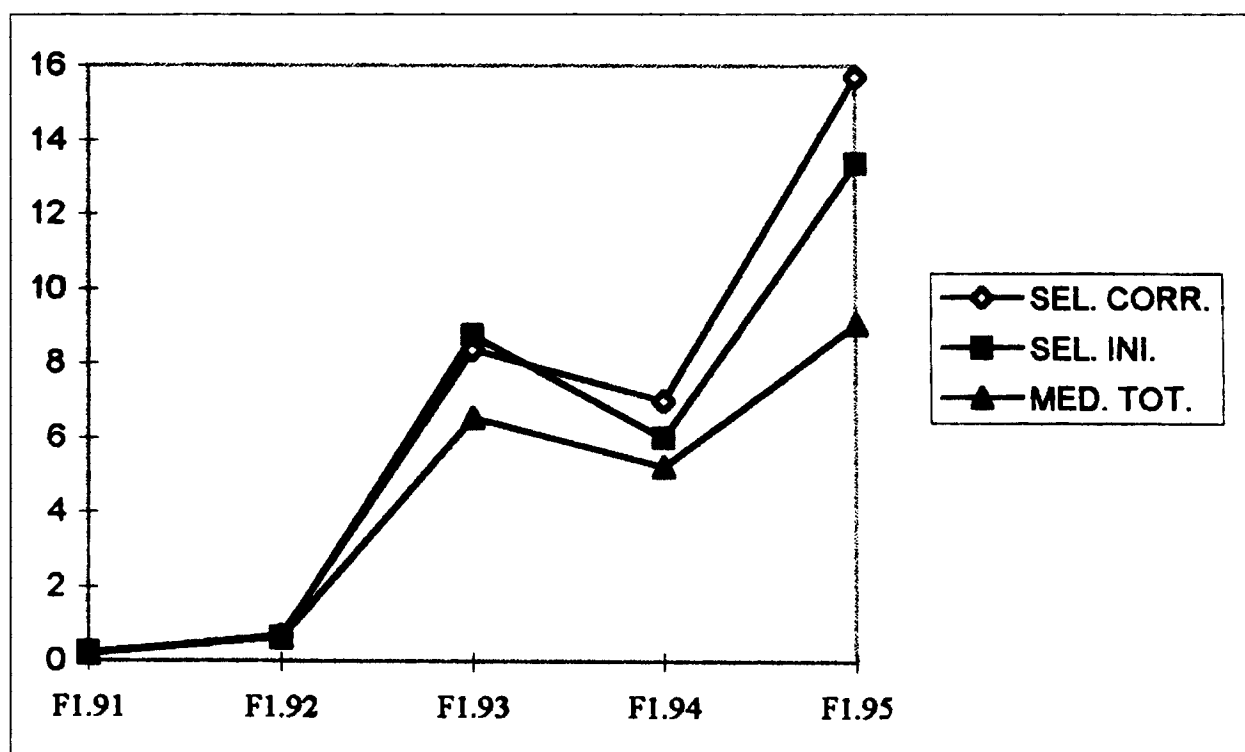


Figura 6. Evolución de la floración en la población inicial y en la población seleccionada

la población seleccionada. Sin embargo, con esta pequeña reducción de la producción se ha conseguido devolver la variación temporal a valores próximos a los de la población inicial: **0,42**.

Por último, hay que considerar el hecho de que la variación temporal, tal como se ha cuantificado, incluye también la de aquellos clones cuya variación en el tiempo respecto a la media de la población ha consistido en un aumento progresivo de su producción respecto a la media. Esto significa que cuando esta tendencia divergente creciente es acusada, el clon en cuestión ha sido eliminado de la selección.

A pesar de las consideraciones realizadas en el apartado anterior a este respecto, y mientras no se conozca la evolución futura de estos clones, resulta bastante arriesgado prescindir de ellos, por lo que se ha decidido corregir provisionalmente la selección incorporando aquellos clones que, habiendo resultado seleccionados en la primera etapa, han mostrado una divergencia creciente con respecto a la media de la población en años

sucesivos (Fig. 4). Esto ha supuesto la incorporación de 3 nuevos clones a la selección definitiva, lo que amplía la población final a **15 clones**, aumentando la producción media para los tres años a **31,8** flores por injerto.

En la Fig.6 se presenta la evolución de la floración media por injerto de la población inicial y de la población seleccionada, así como de la población seleccionada corregida por estas últimas incorporaciones.

5. CONCLUSIONES

Es posible seleccionar clones de *Pinus pinea* grandes productores de fruto para su utilización en la producción intensiva de piñón via injerto, y las ganancias esperables parecen bastante elevadas.

Este estudio ha permitido comprobar que la selección atendiendo exclusivamente al carácter nº de flores (como estimador adecuado del nº de piñas) puede suponer un cierto riesgo al existir una cierta correlación entre la abundancia de la floración y la

tendencia de los clones a mostrar grandes fluctuaciones entre años, lo que parece indicar una cierta vecería.

En consecuencia, parece interesante recurrir a una selección de compromiso que permita mantener la variación temporal dentro de unos límites a expensas de perder algo de producción a largo plazo. No obstante, la determinación del interés económico de una u otra alternativa queda pendiente del desarrollo de este tipo de explotaciones y el consiguiente estudio económico y financiero.

El número de años estudiado parece insuficiente para poder realizar una selección definitiva, especialmente por el hecho de que no es posible determinar las causas de la correlación detectada entre la productividad y la variación temporal de ésta en sólo tres años. La validación del modelo de selección planteado y la resolución de la incorporación o no de los clones que se han añadido provisionalmente en la última etapa requiere un análisis temporal más amplio.