

CINCO ESTUDIOS SOBRE INJERTOS EN PINO PIÑONERO

J. GALLARDO MARTÍN¹ y J. GALLARDO DE PRADO²

RESUMEN

Se indican algunas de las conclusiones deducidas estadísticamente del comportamiento de injertos de *Pinus pinea* sobre patrón de *P. pinea* de una población de más de 46.000 árboles. También se estudia la rentabilidad del injerto desde el punto de vista económico.

INTRODUCCION

En la primavera de 1986 se realizaron, en una masa de seis años de edad, 46.000 injertos de *Pinus pinea* sobre *P. pinea*. Con posterioridad se han injertado otros 16.600 árboles en 1988 y en la pasada primavera de 1990, 47.250 más.

Los patrones fueron repoblados artificialmente por plantación, colocados en su día por curvas de nivel. Hoy su densidad media es de 600/625 pies/hectárea, abarcando una extensión de algo más de 350 ha en dos perímetros.

La estación no es particularmente buena para los fines de producción que perseguimos, lo que, no obstante, puede ser positivo a la hora de ponderar los resultados. El suelo arcilloso-pedregoso y las heladas primaverales constituyen los factores más desfavorables. La altitud de las parcelas oscila entre 620 y 800 m sobre el nivel del mar, y la precipitación media, tomada en treinta años, es de 592 mm. No puede hablarse de orientación dominante.

La información que nos proporciona lo injertado provoca una serie de respuestas. Ya en diciembre del pasado año se enviaron al X Congreso Forestal Mundial nuestros primeros seis trabajos sobre este tema, cuyos subtítulos fueron: «Influencia de la experiencia de los operarios en el porcentaje de agarre», «Influencia de la altura del patrón en el éxito del injerto», «Influencia del tipo de injerto (yema o madera) en el agarre», «Influencia de la época de realización en el éxito del injerto», «Púas conservadas en el frigorífico» y «Análisis del resul-

tado de la fructificación de seis clones diferentes en los cuatro primeros años».

Ahora, utilizando los datos que entonces disponíamos y otros que se han completado últimamente, continuamos sobre el tema, abordando otros cinco trabajos.

Los dos primeros se refieren a las técnicas sobre el éxito de la realización del injerto propiamente dicho, relacionándose los dos siguientes con las producciones que generan. En cambio, el último toca un tema puramente económico como es el análisis de la tasa interna de rendimiento de las inversiones que se precisan para injertar.

MATERIAL Y METODOS

Los injertos se realizaron por operarios no especializados. Implantaron 13 clones, 11 en 1986 y dos más en 1990.

Los autores, junto con su amigo y compañero, J. L. Gallego, realizaron también algunos injertos y utilizaron, además de los 13 clones anteriores, otro distinto a ellos.

Los útiles precisos se limitaban a la navaja campeña, cinta de plástico de 500 galgas para atar y un pequeño trozo de madera plana para apoyar la púa en su biselado.

El material vegetal que se utilizó fue seleccionado entre clones de buen origen y conocido comportamiento, con observaciones de hasta veinte años. Tenía que transportarse semanalmente desde más de 300 km, unas veces por carretera y otras por ferrocarril. Lo que había de emplearse en la semana laboral llegaba al monte el sábado o domingo

¹ ICONA (Madrid).

² Protección Civil (Vitoria).

anterior a su uso. Pese a los cuidados que se tuvieron, hubo de desecharse un 10% aproximadamente.

Se injertaron, pues, en el primer año de actuación púas de 12 clones distintos. Se consideró como tamaño ideal el de unos 3 cm, aproximadamente, colocándolas debidamente preparadas en la metida del patrón, yema terminal, si ésta era, al menos de 4 cm, realizando el injerto, en caso contrario, en la metida del año anterior. Esta última modalidad es la conocida como injerto en madera.

Sólo se realizó un injerto por pie.

En el verano de 1986 se hizo un inventario de los resultados obtenidos, anotándose también otros datos como vigor del patrón, altura del mismo, éxito o fracaso del injerto y causas que lo originaron, como ataque de plagas, falta de tratamiento posterior al injerto, poca profundidad en la colocación de la púa, mal atado, etcétera. Se contabilizó lo correspondiente a 60 árboles cada día de injerto.

En la primavera del primer año los injertos no se realizaron a hecho, sino operando sobre uno de cada tres o cuatro árboles. Se hizo esto con el propósito de aprovechar posteriormente las púas que los agarrados proporcionarían a los pies no injertados. Así no habría que desembolsar cantidad alguna por el material vegetal ni por transporte, presumiéndose, al mismo tiempo, un aumento del rendimiento. Se reducían, en cambio, las producciones de los primeros años.

Lo que exponemos se refiere exclusivamente a *ese monte y en las circunstancias* que rodearon esos trabajos.

Los métodos utilizados son los propios de la Estadística Matemática y se basan en diferentes muestreos realizados sobre la población injertada.

RESULTADOS

Las experiencias con las que hemos continuado los estudios estadísticos nos llevan a analizar diversos aspectos.

I. Influencia del vigor del patrón en el éxito del injerto

Entre las variables muestreadas en el verano de 1986 figuraba, como ya se ha indicado, el vigor de la planta. Se clasificó esta variable de una forma cualitativa por el aspecto de su vegetación, basado en el mayor o menor envejecimiento prematuro de la planta.

Aunque esta clasificación es poco rigurosa en los límites de las categorías, tiene, en cambio, a su favor el haberse realizado por una sola persona, por lo que las desviaciones posibles de una categoría a otra tienen el mismo sentido.

Para descartar en lo posible variables que pudieran enmascarar los resultados, se eligieron sólo las muestras de aquellos días de injerto que consideramos, por nuestras anotaciones de campo, como verificados en circunstancias normales. Así se han eliminado los de tiempo atmosférico poco favorable, épocas de aprendizaje de operarios, los que se emplearon púas que presentaban deficiencias por exceso de tiempo desde su extracción hasta su uso, etcétera. Además, sólo se han considerado los injertos realizados en madera, deslindando así el comportamiento del resultado de yema y madera, que es muy distinto, como ya se vio en el estudio que a tal fin realizamos.

Los días que se seleccionaron fueron los 17, 18 y 22 de abril, 5, 6, 7, 13, 16, 21, 26, 27 y 30 de mayo y 2, 9 y 10 de junio.

En estas condiciones se muestrearon 829 árboles

TABLA I
COMPORTAMIENTO DEL VIGOR DEL PATRON

Vigor	Tamaño de muestra	Injertos positivos (f _i)	Porcentaje de éxito	Frecuencias esperadas (e _i)
Bueno	559	306	54,74	293,31
Regular	243	118	48,56	127,50
Malo	27	11	40,74	14,17

injertados con los resultados que se indican en la Tabla I, con un porcentaje medio de agarre del 52,47% en este caso.

De estos datos se deduce que a nivel de significación del 5% no existen diferencias entre las medias, por lo que EL VIGOR DEL PATRON NO INFLUYE EN EL EXITO DEL INJERTO.

Este resultado, análogo al de nuestro estudio referente a las alturas del patrón, pudiera parecer un tanto desconcertante. Creemos, sin confirmación aún, que en este sentido, y a los efectos de éxito en el injerto, es más importante el incremento que pueda tener la funcionalidad fisiológica que la propia funcionalidad.

II. Estudio de las causas de fracaso en el injerto

Es fácil comprender que las causas que dan lugar a fallos en la operación de injertación son de índole muy diversa. Unas corresponderán, evidentemente, a la pericia del operador, otras al material utilizado, a las condiciones climáticas del momento, época de la ejecución, falta de tratamientos posteriores, etcétera.

Esta experiencia está fundada en la población de pioneros que fueron injertados en la primavera de 1986 y que cubre el período comprendido entre el 8 de abril y el 10 de junio, habiéndose separado, por una parte, los injertos realizados en madera y, por otra, los de yema terminal.

También se ha hecho un análisis del comportamiento en fallos de estos dos tipos de injerto para los días que consideramos de circunstancias «normales», eliminando aquí, como se ha hecho ya para la influencia del vigor del patrón, ciertas variables que pueden perturbar los resultados. Estos días normales corresponden a tres del mes de abril, nueve del mes de mayo y otros tres de junio, que son los elegidos en el estudio anterior.

Aunque es difícil separar todas las posibles causas de los fracasos, se clasifican éstas en el inventario muestral del verano del 86, a la vista de lo observado en el campo que era lo que el propio monte nos indicaba; así:

- a) Por falta de tratamiento selvícola posterior a la operación del injerto.
- b) Por haber realizado un mal atado de la cinta.
- c) Por no haber profundizado suficientemente la púa en la hendidura.
- d) Por injerto mal realizado, debido a causas distintas a las anteriores.
- e) Por debilidad del patrón.
- f) Por muerte del patrón.
- g) Por muerte de la guía.
- h) Por ataque de evetria.

Estas causas pueden, a su vez, por su origen, agruparse en tres bloques: motivos atribuibles al téc-

TABLA II
TIPOS DE FALLOS Y SUS FRECUENCIAS

Fallos por	MUESTRAS SOBRE TODA LA POBLACION		MUESTRAS SOBRE DIAS «NORMALES»	
	Madera	Yema	Madera	Yema
Falta tratamiento	918	53	246	16
Mal atado	249	12	61	3
Púa poco profunda	102	11	25	2
Mal realizado	4	—	—	—
Evetria	14	7	2	4
Muerte guía	1	—	—	—
Muerte patrón	15	—	11	—
Patrón débil	27	—	9	—
Tamaño muestra	1.330	83	354	25

nico director, a los operarios y a causas extrínsecas, así:

1. Fallos inherentes al técnico, *a*).
2. Fallos inherentes a los operarios, *b*), *c*) y *d*).
3. Fallos inherentes a causas externas. Del *e*) al *h*).

Analícemos brevemente estas causas:

Sabido es que cuando se realiza el injerto es necesario dejar las ramas del árbol, de tal forma que ninguna de ellas sobrepase la altura del injerto. El proceso de agarre origina una adaptación de la yema o madera con la púa que requiere un tiempo para su soldadura, en detrimento de su crecimiento, mientras las terminales de las ramas siguen su desarrollo en altura. Es fundamental que el geotropismo negativo no se decante a favor de las ramas cercanas al injerto, pues lo malograría. Se precisa, por tanto, hacer inspecciones o revisiones de los árboles agarrados, eliminando en una o dos ocasiones las puntas de las ramas que pretendan destacar. A esto le llamamos tratamiento posterior al injerto. En la primavera de 1986 se realizó el tratamiento a una pequeña parte de la población y, en ocasiones, tardíamente. Fue el motivo de tan bajo rendimiento, pero una gran enseñanza.

Independientemente de las marras que son consecuencia de los períodos de aprendizaje, existen afectaciones debidas a la ecuación personal de cada individuo de acusar las mismas deficiencias de una forma reiterada, que originan pérdidas sistematizadas, como enrollar total o parcialmente la cinta sin utilizar su anchura completa, no profundizar suficientemente la púa, provocando oxidaciones, etcétera.

Los fallos debidos a causas externas abarcan desde la poca vitalidad del patrón, bien por su pequeñez (los hay de 20-30 cm prontamente envejecidos) o porque al estar en suelo empobrecido la traumática operación del injerto puede ocasionar su muerte. Esta o el debilitamiento de la planta se originan también por el acoso de los venados a sus troncos, ataques de evertia u otras plagas, etcétera.

La Tabla III muestra los números más interesantes de estos tres grupos de fallos.

Se observa que hay una gran similitud en los porcentajes obtenidos. De los muestreos en madera es lógico que presente mayor fiabilidad el tipo (3), debido a la exclusión de las muestras de causas que pueden distraer el resultado solicitado. Y entre los de en yema el tamaño de la muestra hace preferir el tipo (2) al (4).

Todos los valores comparados de (1) con (3) y (2) con (4) hacen buena la hipótesis nula de igualdad de medias poblacionales para cada uno de los tres tipos de fallos a nivel de significación de 0,05.

En consecuencia, se puede adoptar en el *caso de este monte* las medias porcentuales para los fallos y sus intervalos de confianza a nivel de 0,05, que se expresan en la Tabla IV.

De esta última Tabla y de la III puede deducirse:

— La falta de tratamientos selvícolas posteriores al injerto, a veces llega a tener un peso muy fuerte en los fallos de los injertos. En este caso ha significado, aproximadamente, los dos tercios de todas las marras.

— Las muestras han sido lo suficientemente grandes en los dos tipos de muestreo en madera para

TABLA III

NUMERO DE FALLOS Y SUS PORCENTAJES POR GRUPOS Y POR TIPOS DE INJERTOS Y DE MUESTREOS

TIPO DE MUESTREO	SOBRE TODA LA POBLACION				SOBRE DIAS «NORMALES»			
	Madera (1)		Yema (2)		Madera (3)		Yema (4)	
Tipo de injerto	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%
Fallos								
Falta tratamiento	918	69,02	53	63,86	246	69,49	16	64,00
Inherente operarios	355	26,69	23	27,71	86	24,29	5	20,00
Causas externas	57	4,29	7	8,43	22	6,22	4	16,00
TOTALES	1.330	100,00	83	100,00	354	100,00	25	100,00

TABLA IV
 MEDIAS E INTERVALOS DE CONFIANZA PORCENTUALES

	MADERA		YEMA	
	Media	Intervalo	Media	Intervalo
Falta tratamiento	69,49	64,69-74,29	63,86	53,52-74,20
Inherente a operarios	24,29	19,82-28,76	27,71	18,08-37,34
Causas externas	6,22	3,70- 8,71	8,43	2,65-14,21

aceptar que el aprendizaje de los operarios se obtiene rápidamente, siendo los hábitos mal adquiridos los que proporcionan prácticamente el 25% de los fracasos inherentes a los injertadores. Parece también que por esta causa incurrir en más fallos los operarios en yemas que en madera, tal vez por ser aquella una parte muy delicada de la planta. Esta consideración fue la que nos llevó al error de recomendar el injerto en madera, siendo, como se ha demostrado ya, mucho más eficaz el de yema.

— Las otras causas de fallos pueden aligerarse eligiendo zonas sin problemas de plagas. El mantenimiento de un buen estado sanitario es aquí, como para tantos casos, fundamental. La escasa cuantía de pérdidas por reses no aconseja de momento el uso de repelentes.

Resumiendo, en este monte NO PUEDEN DEJAR DE HACERSE LAS REVISIONES SELVICOLAS POSTERIORES AL INJERTO SI SE QUIERE CONSEGUIR UN ALTO NIVEL DE RENDIMIENTO. Por ello ha de programarse, contando en su presupuesto con, al menos, dos revisiones.

III. Análisis del sistema que utiliza púas extraídas de los primeros injertos

El primer año de injertos se trabajó con púa seleccionada de Castilla y León y, pese a las dificultades lógicas de la novedad en la zona, se pueden sacar una serie de consecuencias, a nuestro entender interesantes.

La púa utilizada en 1988 fue extraída de los árboles injertados con éxito en 1986. El trabajo fue muy bien realizado, consiguiéndose un alto porcentaje de agarre, y la extracción de las púas, operación siempre traumática, se hizo cuidadosamente.

En la primavera de 1990 se ha injertado con púas de los injertos de 1986 y 1988 y también con otras que fueron traídas del mismo lugar que las del primer año.

El método de la utilización de la púa criada en el monte tiene el inconveniente de las evidentes mermas en las primeras fructificaciones.

Comparemos las evoluciones de las formaciones de flores femeninas polinizadas de árboles en los que ha habido extracción de púas (CE) con los que no han sufrido corte alguno a estos fines (SE). Los pies «con extracción» han soportado generalmente la doble amputación de los años 1988 y 1990 y hay que tener en cuenta que, lógicamente, se eligieron para ello, de entre todos, los mejores, dejando los menos buenos sin extracción.

De los injertos muestreados (CE) sólo existen 17 árboles, en los que, habiéndose extraído púa en 1990, no tuvieron extracción en 1988. En el recuento de 1991, efectuado recientemente, algunos pies no han sido identificados, por lo que ambas muestras son menores que las de años anteriores, pero de suficiente tamaño.

El pinar, por otro lado, está expuesto, por su ubicación, a riesgos de heladas y otros efectos climáticos desfavorables. En la primavera de 1990 estas causas malograron gran cantidad de piñitas, entonces en formación. Ha sido el motivo de la caída de la representación de las flores polinizadas en ese año.

Se han inventariado las fructificaciones de 35 árboles para cada clon. Los datos obtenidos se reflejan en la Tabla V, en la que Σx es el número de flores femeninas polinizadas de los pies muestreados; n , el número de árboles observado; σ^2 , la varianza poblacional, y m , la media muestral.

TABLE V
FLORES POLINIZADAS POR AÑOS, CON Y SIN EXTRACCION DE PUAS

	(SE)					(CE)				
	n	Σx	Σx ²	σ ²	m	n	Σx	Σx ²	σ ²	m
1987	220	61	123	0,4822	0,2773	229	61	107	0,3963	0,2664
1988	220	430	2.128	5,8525	1,9545	229	286	1.044	2,9992	1,2489
1989	220	596	4.820	14,5699	2,7091	229	374	1.690	4,7126	1,6332
1990	203	413	2.147	6,4372	2,0344	246	401	1.557	3,6721	1,6301
1991	182	893	9.381	27,4693	4,9066	225	1.102	12.004	29,3629	4,8977

Se confirma analizando las hipótesis nulas de igualdad de medias por años lo expresado en el cuadro, es decir, la semejanza en los años 87 y 91 y se rechazan esas hipótesis para los 88, 89 y 90. La igualdad de medias para el primer año coincide con la lógica de lo ocurrido, ya que la extracción de púas comenzó al siguiente, al no haberse injertado en 1987.

Para el año 1991 se consigue la igualdad de medias, lo que parece, en principio, indicar que se ha logrado la recuperación de la capacidad productiva de los años que sufrieron la extracción de púas. Esto debe ser confirmado con el inventario de las flores polinizadas del año próximo, lo que consolidaría el sistema utilizado empleando púas del propio monte.

Además de las ventajas expresadas, el método es favorable también desde el punto de vista económico, por ser menor la merma de piñas referida en pesetas del año 1986 que el coste de la púa en esa época.

IV. Resultado de la fructificación de 12 clones diferentes en los cuatro primeros años

Las circunstancias que han tenido lugar en el desarrollo de los trabajos realizados en 1986, y que se han descrito anteriormente, hacen que no podamos estudiar aún las evoluciones naturales de las fructificaciones de cada clon, alteradas por el tratamiento recibido de extracción de yemas. También ha influido en la irregularidad de las producciones de este corto período de tiempo la adversa climatología de la primavera de 1990.

En todo caso, como vamos a realizar un análisis de la varianza y éste es un procedimiento de compa-

ración de medias de varias poblaciones (clones), al ser igual el clima de la zona para todas ellas, la anomalía del tiempo de este año no influye en los resultados, como tampoco las demás circunstancias. Cosa diferente sería si estudiáramos otro tipo de estimaciones.

Se va a considerar si las diferencias observadas (en un primer período de cuatro años, a partir de la implantación del injerto) entre el número de flores femeninas fecundadas o polinizadas por árbol de los 12 clones, se pueden atribuir a la casualidad, o bien indican diferencias reales entre las medias de las poblaciones correspondientes.

Queremos, pues, saber si existe diferencia entre la productividad de piñas por árbol y año de los diferentes clones o, lo que es lo mismo, averiguar si algún clon presenta una mayor productividad en la zona considerada y las circunstancias en que esto sucede.

Para obtener los datos de la variable (flores femeninas polinizadas por árbol y año) se han tomado poblaciones muestrales de tamaño $n > 30$ para todos los clones. Estos tamaños son:

Clones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arb. observ.	31	35	69	35	35	34	35	35	35	35	35	35

La primera hipótesis que debemos asumir es que las 12 poblaciones correspondientes a los distintos clones presentan distribuciones normales e independientes, con medias diferentes pero con la misma varianza.

De la Tabla VI, y de acuerdo con el contenido de «Análisis de la varianza U.D. núm. 10 de CEPADÉ», obtenemos:

Suma de cuadrados total	$SC_T = 58,009$
Suma de cuadrados entre tratamientos. $SC_{TR} = 23,315$	
Suma de cuadrados del error	$SC_{ER} = 34,694$
Cuadrado medio entre tratamientos ..	$CM_{TR} = SC_{TR} : (r-1)$
Cuadrado medio del error	$CM_{ER} = SC_{ER} : (N-r)$

siendo en este caso $r = 12$ y $N = 48$, expresándose en la Tabla VII el análisis de la varianza.

Como $F(11,36) = 2,20$ y el valor tabular de F para el 5% de significación, con 11 grados de libertad en el numerador y 36 en el denominador, es 2,39, SE ACEPTA LA HIPOTESIS DE QUE LA PRODUCTIVIDAD «FLORES ♀ FECUNDADAS POR ARBOL» ES LA MISMA PARA LOS DIFERENTES CLONES.

Esto nos indica que no hay, de momento, un clon que destaque sobremanera de los demás, ni tampoco uno que desmerezca de los otros. Por otro lado, la comparación dos a dos de los clones sí podría acusar diferencias de medias, pero en este caso, de las 66 combinaciones binarias posibles entre los 12 clones, sólo se rechaza la hipótesis de igualdad de medias en cinco de ellas. El clon número 10 es el que parece de tendencia a peor comportamiento, al estar incluido en tres de estos ca-

sos, seguido del número 11 con dos. Nótese, además, lo cercano que se encuentra el valor obtenido para F (11,36) del tabulado. Cualquier nuevo dato de 1991 puede cambiar el resultado de este análisis global.

El estudio queda, pues, completamente abierto.

V. Rentabilidad del injerto del *P. pinea*/*P. pinea*

Los rendimientos de las masas de *P. pinea* L., frente a otras del mismo género, pueden ser importantes. Basta considerar que los ingresos por sus frutos son, a partir de cierta edad, anuales, lo que repercute con gran efecto en su capitalización, superando a la de otros pinos. Si, además, se consigue, mediante la injertación, adelantar e incrementar las producciones de piñas, en cantidad o/y en calidad, la productividad de la masa primitiva se verá o no incrementada, según sea el resultado de la relación de los costes de los trabajos selvícolas precisos y los rendimientos complementarios que esa operación genera.

TABLA VI
TRATAMIENTOS (CLONES) Y OBSERVACIONES (AÑOS). FLORES ♀ FECUNDADAS POR ARBOL (X_{ij})

Año/Clon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1987	0,161	0,314	0,246	0,714	0,086	0,765	0,400	0,086	0,057	0,114	0,400	0,114	
1988	1,032	2,829	2,609	2,686	1,629	1,441	0,486	2,229	0,971	0,657	0,771	0,714	
1989	1,839	4,714	3,783	3,343	3,629	1,441	1,429	1,371	1,114	0,400	1,086	1,229	
1990	1,581	2,486	2,710	2,543	2,629	1,912	1,429	1,629	1,171	0,314	0,514	1,857	
$T_{.j}$	4,613	10,343	9,348	9,286	7,973	5,559	3,744	5,315	3,313	1,485	2,771	3,914	
$T_{.j_0}$	5,320	26,744	21,846	21,557	15,892	7,726	3,504	7,062	2,747	0,551	1,920	3,830	
$T_{..} = \sum T_{.j} = 67.664$				$\sum T_{.j_0}^2 = 118.699$				$\bar{X}_{..} = 1.410$					$\sum X_{ij}^2 = 153.393$

TABLA VII
ANALISIS DE LA VARIANZA

Origen de la variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	
Tipo de púa (clon o tratamiento)	23.315	11	2,120	$F = \frac{2,120}{0,964}$
Error (variación debida al azar)	34.694	36	0,964	$= 2,20$
TOTAL	58.009			

La cuestión que se plantea ahora es:

— ¿Cuándo debe dejarse de injertar desde el punto de vista económico?, o bien:

— ¿Por debajo de qué porcentaje de agarre la operación de injerto no resulta rentable?

Conviene antes de continuar diferenciar entre el rendimiento o porcentaje de éxitos del injerto en cuanto a la rentabilidad de la inversión, del rendimiento o porcentaje de éxitos del injerto que debe exigirse a un trabajo desde su aspecto meramente laboral. Esto nos llevará, entre otras consideraciones, a la posibilidad de decidir si para este tipo de operación selvícola —injerto— han de precisarse necesariamente especialistas o resulta suficiente la exigencia del rendimiento medio de un injertador no especializado, e incluso si son admisibles, por suficientes, resultados laborales más bajos de esa media.

En otras palabras:

¿Pueden originar los rendimientos laborales inferiores a los normales del personal no especializado, inversiones financieras favorables o aceptables?

Expuesto así el asunto, se trata de hallar la relación entre el porcentaje de éxitos en la operación de la injertación y el interés a que resulta la inversión o TIR (tasa interna de rendimiento).

Para este fin, llamaremos:

C: al coste en pesetas de un injerto, incluyendo salarios, materiales, sus portes, etcétera.

P: al tanto por uno de éxitos en la operación.

V: al valor en pesetas de una piña en árbol.

Δ : es el incremento del número de piñas de un árbol como consecuencia del injerto.

N: es el período de tiempo en años que contabiliza ese aumento.

r: es el TIR en tanto por uno, hallado para un Valor Añadido Neto nulo.

Para intentar conocer Δ , hemos de tener en cuenta que el aumento que representa ha de depender no sólo de las características y producciones del clon injertado, sino también de las características y producciones de esos mismos árboles sin injer-

tar, siendo su valor la suma de esas diferencias para cada año.

Admitiendo que las evoluciones de la cantidad de piñas por árbol, tanto en los injertados como en esos mismos sin injertar, se ajustan a curvas de tipo lineal, sus diferencias se pueden expresar de la forma $\Delta = kI$ y también por I-S, siendo I el número de piñas de un árbol injertado; S, el número de piñas de ese mismo árbol si no se hubiera injertado, y k, una constante de proporcionalidad.

De esta forma la relación de producciones para cada año es $I/S = 1/(1-k)$, indicando $k/(1-k)$ el tanto por uno de aumento de la producción del árbol injertado sobre la producción del mismo árbol si no se hubiera injertado.

Las cuatro posturas que hemos considerado para k , como más adelante se verá, son:

$$k = 1/5, 1/3, 1/2 \text{ y } 3/4$$

con lo que se quiere indicar que para estos cuatro casos los árboles injertados producen un 25, 50, 100 ó 300% más, respectivamente, que si esos mismos árboles no se hubieran injertado.

No podemos partir, en general, de los valores de S para cada año. Habría que tener una serie de datos de producción que normalmente se desconocen. Tomamos, en cambio, para I, por considerarlos adecuados y muy fiables, los que nos proporciona el trabajo realizado por el INIA en diciembre de 1979 y que nos ha facilitado J. L. Gallego sobre producciones de piñas de árboles injertados y sus medias.

Tenemos entendido que estos datos, que están fundados en una muestra de 1.000 pies injertados y agarrados, corresponden, a su vez, a unos 35 clones que el INIA ensayó como interesantes por productivos y que fueron de pinares de Valladolid.

El resumen de las medias de producción por árbol (I) para los once primeros años (i) después del injerto es:

i	4	5	6	7	8	9	10	11
I	0,73	3,279	7,274	11,614	15,190	19,850	22,135	25,200

e $I = -14,39 + 3,678 i$ la recta de regresión.

Este valor I nos ha de llevar a Δ .

Se estima, por otro lado, como consecuencia de nuestras observaciones que en los (1-P) árboles en los que no ha agarrado el injerto se produce una merma por la no producción de piñas durante los años cuarto y quinto después del injerto. Su cuantificación es, por lo anteriormente expuesto:

$$F = (-14,39 + 3,678 \times 4) (1+r)^{-4} + (-14,39 + 3,678 \times 5) (1+r)^{-5}$$

De este modo, la relación que se busca se puede expresar así:

$$C = P.V. \sum_{i=1}^N \Delta - (1-k)(1-P) V.F.$$

o bien:

$$C_1 - P\Phi + (1-k)F = 0 \quad [1]$$

en la que:

$$C_1 = C/V \text{ y } \Phi = (1-k)F + \sum \Delta$$

siendo:

$$\Delta = k \sum_{i=1}^N [-14,39 (1-r)^{-i} + 3,678 i (1-r)^{-i}]$$

La expresión [1], que se refiere a la productividad de un árbol, es también aplicable a la masa, puesto que las entresacas precisas para mantener la fracción de superficie cubierta, o mejoran esa productividad, al ir aumentando con las cortas selectivas la relación de árboles injertados respecto al total, o, en su defecto, si sostienen la proporción inicial, la conservan.

La ecuación relaciona seis variables: P, k, N, r y C₁, englobando ésta a C y V.

Construiremos un nomograma para los dos casos N=20 y N=40, que estimamos acota suficientemente los valores de r para cada uno de los cuatro casos de k, y puede abordar en un momento cualquier caso intermedio sin necesidad de cálculo ni programación alguna. Para conseguirlo con medidas convenientes hacemos, por medio de coordenadas plückerianas o tangenciales (u.v.), apoyar las variables «C» y «P» en dos soportes rectilíneos verticales mediante:

$$a_1 u + b_1 (C_1 - 5) v + 1 = 0$$

$$a_2 u + b_2 P \cdot v + 1 = 0$$

Despejando C₁ y P y entrando con esos valores en [1] se obtienen las ecuaciones, primero, tangencial y, posteriormente, las paramétricas cartesianas para las Φ, k y F y, en definitiva, para las N, k y r.

Eligiendo a₁ = 12, b₁ = -2, a₂ = 0, b₂ = 15 medidas en las mismas unidades de longitud, las escalas de los distintos soportes son:

$$\begin{aligned} \text{Soporte } C_1 : x_1 &= 12 & y_1 &= 19-2C_1 \\ \text{Soporte } P : x_2 &= 0 & y_2 &= 15P \\ \text{Soporte } r : x_3 &= 12/(1+\Phi/7,5) & y_3 &= 2[(1-k)F+5]/(1+\Phi/7,5) \end{aligned}$$

o bien:

$$y_3 = [(1-k)F + 5] \cdot x_3/6$$

Con objeto de partir de los valores de V y C en lugar del C₁, se ha construido la escala-soporte de V en la horizontal que pasa por el origen de la C₁. Haciendo superponer la escala de C con el soporte de la de C₁, pero con cifras diez veces superiores, el valor auxiliar C₁ será el punto de intersección de la paralela por el diez de la escala de V a la recta C V.

Finalmente, si se une C₁ con P, la intersección con la curva k nos da r, que en el dibujo, en lugar de en tantos por uno se han indicado, por la comodidad de la representación de sus números, en tantos por ciento.

Al incluir seis variables una sola ecuación, la capacidad de combinación de éstas es, lógicamente, muy grande. Con el fin de limitar sus valores al campo de los casos posibles que se presentan en la realidad, se han acotado los valores de V, C, k, N y P, según se expresan en la Tabla VIII, entre los límites siguientes:

Variable	V	C	k	N	P
Intervalo	5-11	35-85	1/5-3/4	20-40	0,20-0,40

Dentro de los intervalos de C y k se han considerado, además de sus extremos, los resultados de r para los estados intermedios C = 60 y k = 1/3, 1/2.

Todas las acotaciones están condicionadas por una serie de circunstancias de cada momento, que analizamos.

Valores de V. Este concepto dependerá fundamentalmente:

a) De la situación de los mercados interior y exterior del piñón blanco, que son quienes realmente imponen los precios a la industria elaboradora y a la producción.

b) De la calidad de la piña, medida por sus rendimientos en piñón con cáscara o blanco, así como de las características comerciales de ellos: color, sabor, tamaño, etcétera.

c) Del coste de la recogida. En la actualidad los piñeros suelen comprar la piña en cargadero. El valor V es ese precio disminuido del importe de la recogida. Depende ésta de la accidentación del monte, sistema de recolección, abundancia de la cosecha, eficacia de los recogedores, tipo de arbolado y su configuración, etcétera.

d) Del estado sanitario del monte. Si existe ataque de *Dioryctria* deben cogerse las piñas dañadas durante la colecta general para quemarlas posteriormente, lo que hace mermar el valor de V .

En los pinares injertados, los factores b) y c) mejoran considerablemente sobre los no injertados.

En efecto, al preparar el monte para que sus alturas no sean considerables, la recogida se abarata y también influye en ello la mayor cantidad de frutos como consecuencia de haber introducido un clon productivo. La calidad es mejorada también por la misma razón de la elección clonal.

Valores de C . El coste del injerto incluye o puede incluir:

a) Lo que corresponde salarialmente por mano de obra. Su cuantía es función del rendimiento laboral. Un injertador medio no especializado puede realizar en una jornada de trabajo entre 100 y 130 injertos.

b) La partida correspondiente al material, que es prácticamente despreciable frente a los demás factores de este capítulo.

c) Lo relativo al material vegetal, es decir, el precio de la púa, su transporte y almacenamiento, si los hubiere. Las puas de los clones reconocidos como de muy buena producción pueden alcanzar precios de 20 a 30 pesetas unidad.

d) Los trabajos culturales posteriores al injerto.

No incluir en el coste del injerto el concepto d), disminuye C , pero hace a P mucho menor. La partida c), caso de existir, se puede aminorar considerablemente planificando el trabajo de injertación para varios años, y adquiriendo púa seleccionada sólo para la primera campaña de actuación. En las sucesivas, el material vegetal resultará gratis si es recolectado, en el propio monte, del injerto que agarró el primer año. De este modo, aunque al principio C llegue a tomar un valor alto, por aunar en ese coste los cuatro factores que inciden en él, en las campañas sucesivas esa cantidad baja notoriamente al prescindirse de c).

Valores de k . Su significación se indicó anteriormente, no debiendo su expresión alcanzar la unidad numérica.

El rendimiento económico r crece con k , y éste es mayor o menor según sea la calidad del clon elegido para injerto. Los demás factores resultan influenciables por k porque puedan proporcionar más cantidad de fruto por unidad superficial, lo que mejora la recogida, y también por la calidad de la piña.

En uno y otro caso decide sobre V .

Valores de N . Únicamente dependen de las condiciones biológicas del árbol del que se extrae la púa, al transmitirse por vía agámica las características de aquél.

El estudio comprende el intervalo entre veinte y cuarenta años, analizándose estos extremos.

Valores de P . Son consecuencia, además de la experiencia de los operarios (rendimiento laboral), de la época, del tipo de injerto, de los trabajos culturales posteriores, del estado de la púa empleada, de las condiciones climáticas, etcétera.

Se han considerado los casos $P=0,20$ y $P=0,40$.

El primero de ellos, es decir, cuando se obtiene sólo el 20% de éxitos en el injerto, es muy improbable que se dé. Únicamente puede admitirse como consecuencia de situaciones límites desfavorables, como utilización de operarios no habituados a trabajos de campo, injertación en condiciones atmosféricas negativas, uso de puas con varios días de extracción, etcétera. Generalmente, no puede tomarse este caso como media de una campaña, sino como resultados puntuales adversos a ella.

Más probable es, dentro de la lógica en una organización racionalizada, la obtención de un 40% de aciertos en los árboles injertados, aun con operarios no especializados. Es una realidad que hemos comprobado, incluso teniendo que admitir trabajadores por quincenas y con la bisoñez propia de los principiantes.

Para todos los supuestos que se exponen en la Tabla VIII resulta:

Si el agarre medio representa el 40% de los injertos realizados la TIR supera el 5% en *todos los casos*.

Si el número de éxitos es sólo del 20%, la tasa interna del rendimiento es más alta que el 6% cuando N=40 años, y si N=20 años también resulta la inversión mayor del 5%, con la excepción de *sólo tres casos* en los que *r* no alcanza este último porcentaje, teniéndose para ello que simultanear, además, las situaciones más desfavorables para las variables V, C y k.

Como consecuencia de todo lo expuesto, del nomograma y de su análisis, se llega a las siguientes conclusiones para responder a lo planteado.

CONCLUSIONES

Lo indicado con anterioridad se ha hecho con el fin de comunicar nuestros modestos estudios a los picicultores de piñonero que estén interesados en estos temas.

No se deben, por otro lado, generalizar los resultados obtenidos a otros montes. Los aquí indicados se refieren a una determinada finca y sus conclusiones son consecuencia de las circunstancias que concurren en la misma. La extrapolación a otros lugares ha de tratarse, en todo caso, con gran cuidado.

De los dos primeros estudios se deduce:

TABLA VIII

			VALORES DE <i>r</i> EN %			
			P=0,20		P=0,40	
V	C	K	N=20	N=10	N=20	N=40
5	35	1/5	5	11	12	15
		1/3	10	13	16	19
		1/2	14	17	21	23
		3/4	18	21	26	28
	60	1/5	<5	7	8	12
		1/3	6	11	12	16
		1/2	10	13	16	18
		3/4	13	16	21	22
	85	1/5	<5	6	5	10
		1/3	<5	9	9	13
		1/2	7	11	13	16
		3/4	11	14	17	19
11	35	1/5	11	12	18	21
		1/3	16	16	25	26
		1/2	21	19	30	31
		3/4	27	24	32	37
	60	1/5	7	11	14	17
		1/3	11	15	19	21
		1/2	16	18	24	25
		3/4	21	23	29	30
	85	1/5	5	10	11	14
		1/3	9	13	16	18
		1/2	13	16	21	22
		3/4	18	20	25	26

— El vigor del patrón no influye en el éxito del injerto.

— De entre las causas que determinan los fracasos en la injertación, es la falta de tratamiento selvícola posterior a la operación del injerto lo que debe cuidarse más en la programación, al constituir el motivo de mayor incidencia en los fracasos.

Del tercer y cuarto estudios se desprende:

— Es pronto aún para asegurar la conveniencia de la aplicación del sistema de la utilización de la púa criada en el propio monte y sacada de los injertos agarrados anteriormente. Aunque es evidente que tiene a su favor una serie de ventajas, conviene confirmar la recuperación de los árboles objeto de extracción.

— También queda pendiente de las producciones de los próximos años la clasificación de la bondad de los diferentes clones.

Del estudio económico del TIR se llega a estas conclusiones:

— Cuando los rendimientos laborales de campo, en cuanto al porcentaje de éxitos en el injerto, son normales, los rendimientos financieros de la inversión resultan muy favorables.

— Cuando aquellos rendimientos laborales sean bajos, e incluso inferiores a la media que proporcionan operarios no especializados, la rentabilidad es, en la mayoría de los casos, aceptable.

AGRADECIMIENTOS

Hemos contado siempre con el apoyo de J. M. Toledano.

La toma de datos ha sido posible por el entusiasmo de Abraham Martín y Paco Contreras. Luis Jiménez provocó la realización del estudio económico.

Irene Ramos y Emilia Plaza, de una maraña de borradores, cuadernos y notas, han sido capaces de ordenar y redactar este trabajo.

SUMMARY

We point out the first statistic inferences about grafting *P. pinea*'s scions on *P. pinea* in a population of more than 46,000 trees. We also study the obtained yield of the operation from the economic point of view.

BIBLIOGRAFIA

FREUND, J. E., y WILLIAMS, F. J., 1973: *Elementos modernos de estadística empresarial*, p. 240.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID: Cursos Especiales de Planificación y Administración de Empresas (CEPADE). Curso de Tutoría de Estadística Aplicada a la Empresa «Análisis de la Varianza». U.D. núm. 10.

MURRAY, R.; SIEGEL, Ph. D.: *Teoría y problemas de estadística*. Libros McGraw y Hill de México, p. 163.