

La producción de piña y piñón de *Pinus pinea* L. en la Meseta Norte

Rafael Calama, Sven Mutke, Marta Pardos, Lara Morales,
Francisco Javier Gordo, Gregorio Montero, Luis Finat

RESUMEN

Se presenta una revisión de los resultados obtenidos en el seguimiento de distintos dispositivos orientados al estudio de la producción de piña y piñón de *Pinus pinea* L. en la Meseta Norte. Se detecta un marcado patrón de variabilidad espacio temporal en la producción, identificando tanto las variables ecológicas (edáficas principalmente), de rodal y de árbol responsables de la variabilidad espacial, como aquellos atributos climáticos que explican la vecería en la especie. A partir de los hallazgos anteriores se han desarrollado distintos modelos predictivos que permiten predecir la producción anual de piña y piñón a distintas escalas espaciales y temporales.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de piña y piñón de *Pinus pinea* L. en los pinares de la Meseta Norte tiene importancia para la gestión forestal desde tres puntos de vista diferenciados: selvícola, ecológico y económico. Desde el punto de vista selvícola, la producción de fruto y semilla constituye un elemento clave para la consecución de la regeneración natural, requiriéndose un aporte de semilla adecuado en número y viabilidad. En este sentido, la producción de piñón define un cuello de botella para todos los procesos ligados a la regeneración de las masas naturales, siendo éste el aspecto que más nos interesa en el presente capítulo.

Desde un punto de vista ecológico, el piñón de *Pinus pinea* constituye un elemento fundamental en la dieta invernal de distintos mamíferos (ratón de campo *Apodemus sylvaticus*, ardilla *Sciurus vulgaris*) y aves (corneja *Corvus corone*, rabilargo *Cyanopica cyanus*), por lo que el mantenimiento de las poblaciones de éstos y de sus predadores, está asociado a la disponibilidad de fruto y semilla. La actividad depredadora de la fauna tiene dos efectos opuestos sobre la regeneración natural. Por un lado, reduce la cantidad de semilla disponible en el suelo, pudiendo llegar a tasas de depredación superiores al 95% (ver capítulo 7). Por otro, estas especies pueden ser agentes de dispersión secundaria, elementos fundamentales para conseguir la llegada de semilla fuera del área de influencia de la copa en una especie con piñón pesado, como es el caso de *Pinus pinea*.

Finalmente, la importancia económica actual asociada a la producción de piñón, que en la mayor parte de los montes del área de estudio es mayor que la derivada de la madera, ha condicionado una gestión orientada básicamente a incrementar la producción de fruto. El mayor centro de producción de piñón blanco de *Pinus pinea* se sitúa en la localidad de Pedrajas de San Esteban, en la provincia de Valladolid. En esta localidad se concentran la mayoría de las aproximadamente 100 empresas que en Castilla y León se dedican a la elaboración de piñón blanco. Se trata de empresas familiares que pueden dar empleo directo entre 600 y 800 personas. Así mismo, la actividad de recogida de la piña puede suponer otros 5.000-6.000 empleos en toda Castilla y León.

El creciente interés económico por el aprovechamiento de la piña ha llevado a un cambio en la gestión selvícola de estos pinares, que durante décadas estuvo subordinada a la ordenación por tra-

J. Gordo, R. Calama, M. Pardos, F. Bravo, G. Montero (ed.). La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta Castellana. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA). Valladolid © 2012 (81-98).

mos permanentes y densidades elevadas condicionada por el interés maderero y resinero. Actualmente se busca incrementar la producción individual de piña reduciendo desde edades tempranas la densidad del arbolado para permitir el desarrollo de copas abiertas y soleadas.

A pesar de la gran importancia ecológica y económica de la piña del pino piñonero, hasta hace pocos años existían en la bibliografía muy pocas referencias sobre series plurianuales de producción, posiblemente por el esfuerzo operativo que supone su seguimiento a las diferentes escalas, sea el monte, parcelas de muestreo o el árbol individual. En cualquier caso, varios autores han propuesto diferentes leyes de vecería cíclicas para los distintos ámbitos geográficos de la especie, basándose en su experiencia, observaciones empíricas personales, o seguimientos de cosecha de muy pocos años (Ximénez de Embún, 1959). Sin embargo, la marcada variación interanual de las cosechas, el solape de tres cohortes de piñas en el árbol y las posibles autocorrelaciones biológicas entre ellas hacen imprescindible el utilizar series temporales lo suficientemente largas como para obtener estimaciones fiables de la producción media, de su variación interanual y de las posibles causas de la misma. Este conocimiento es imprescindible para una planificación y gestión sostenible de estos ecosistemas forestales.

Dentro de este ámbito, el objetivo del presente capítulo es presentar una revisión de los resultados obtenidos en el seguimiento de distintos dispositivos instalados para el estudio de la producción de piña y piñón en la provincia de Valladolid, haciendo especial énfasis en los obtenidos a partir tanto de las series temporales de producción a nivel de montes públicos gestionados por la Junta de Castilla y León como de la red de parcelas permanentes de producción de piña instaladas por el INIA.

2. BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *PINUS PINEAL*.

Como en el resto de especies del género *Pinus*, en el pino piñonero los estróbilos masculinos y femeninos se forman en distintas zonas de la copa. Los primeros, pequeños, perecederos y numerosos, se sitúan en la base de los brotes nuevos del año, en ramillas laterales o dominadas que por su escaso diámetro son flexibles y fácilmente agitadas por el aire, lo que facilita la formación de densas nubes de polen amarillo que flotan por el pinar. El polen suspendido en el aire va cargándose electrostáticamente, siendo arrastrado por el viento hasta que es atrapado en los estróbilos femeninos, situados sobre los ápices más elevados de los brotes codominantes del casquete superior de la copa. Sólo cuando ha pasado la época de la polinización, empiezan a crecer las acículas del nuevo brote, que superan en longitud y envuelven a las pequeñas piñitas, que se van lignificando sin cambiar prácticamente de tamaño hasta el año siguiente.

Una singularidad de la especie, supuestamente relacionada con el gran tamaño de sus semillas, es que la maduración de la piña —y de los piñones— se prolonga a lo largo de tres años, un año más que en los demás pinos euroasiáticos. En la primavera del segundo año, la piña alcanza el tamaño de una nuez, mientras que la fecundación y embriogénesis no tienen lugar hasta la primavera del tercer año. La piña continúa creciendo hasta julio, no produciéndose la lignificación de la testa seminal y la maduración del piñón hasta el otoño de ese tercer año. A partir de noviembre, las piñas alcanzan la madurez comercial para ser apeadas del árbol. Si permanecen en el mismo, la apertura natural de las piñas y dispersión de los piñones no se produce hasta final de la primavera o comienzo del verano del cuarto año, pudiendo continuar hasta bien avanzado el otoño (ver capítulo 7).

Si se tiene en cuenta que además la diferenciación de los primordios de los estróbilos en la yema terminal de cada rama se produce al final de la primavera anterior a la antesis y polinización, la duración del proceso alcanza los cuatro años. Este intervalo de tiempo contrasta con el de la mayoría de los pinos, que suele durar un año menos, y especialmente con las frondosas, como los frutales o los

robles, que completan el proceso en poco más de un año. La mayor duración del proceso conlleva un mayor riesgo de ocurrencia de perturbaciones y eventos que afecten al mismo, al coincidir en el árbol tres cosechas seguidas: la del año, la del siguiente y aún la tercera cohorte de estróbilos recién polinizados esa misma primavera.

Para identificar momentos críticos del proceso y avanzar en la comprensión de los fenómenos de vecería (variabilidad sincrónica de la cosecha entre años), es habitual elaborar curvas de supervivencia para detectar reducciones en la producción potencial referida mediante el número de estróbilos femeninos desde su formación inicial hasta su madurez y por su tamaño medio y rendimiento en piñón.

Así, se observa que el número de flores femeninas formadas inicialmente en un año dado guarda una elevada correlación con el número final de piñas cosechadas casi tres años después, resultando la vecería en el caso del piñonero en buena parte una vecería floral (Mutke *et al.*, 2005b). Durante la floración, puede haber una primera reducción de efectivos si una primavera calurosa adelanta la aparición de los estróbilos femeninos receptivos, lo que incrementa el riesgo de daños por heladas tardías. Así ocurrió en 1997 en la provincia de Valladolid, cuando una helada negra ocurrida a principios de mayo, tras un abril inusualmente caluroso, provocó el aborto del 25% de los nuevos estróbilos.

El siguiente punto crítico es la mortalidad durante el primer verano tras la polinización, por falta de lignificación de las flores femeninas y deshidratación. Estas pérdidas alcanzan valores promedios del 10-40% en los pinares de Valladolid, siendo mayor aquellos años en los que el mes de junio es más caluroso. Estos valores contrastan con la tasa de mortalidad cercana al 90% observada en estos estróbilos femeninos de primer año en los pinares costeros de Huelva (Montero *et al.*, 2004). En la Meseta Norte también es frecuente la mortalidad de flores femeninas de uno e incluso dos años en inviernos muy severos (como sucedió en diciembre de 2001), en veranos muy secos (como los de 2005 ó 2009) o por daños por granizo.

Mención especial merecen las pérdidas debidas a la predación pre-dispersión de conos cerrados por parte de ardillas, principalmente, y por las larvas perforadoras de dos insectos, el gorgojo de la piña *Pissodes validirostris* y la polilla *Dioryctria mendacella*. Menos estudiados están los daños causados por otra plaga llegada recientemente a nuestro país, el chinche de la piña *Leptoglossus occidentalis*. Por último, hay una última variable de paso entre el número de piñas que llegan a madurar y su rendimiento final en piñón viable: el peso medio de la piña.

Como conclusión, la cantidad de piñón disponible en un año dado es el resultado de una sucesión de cuellos de botella que se pueden expresar en forma de coeficientes de paso que van reduciendo el número inicial de flores femeninas que potencialmente podrían llegar a desarrollarse como piñas maduras. En este sentido, el proceso debe considerarse una función multiplicativa de los distintos coeficientes de paso: basta que uno sólo de estos coeficientes falle a lo largo del ciclo (por uno de los citados eventos catastróficos) para que se reduzca la cantidad final de la cosecha.

3. DISPOSITIVOS EXPERIMENTALES

3.1. Series temporales de los aprovechamientos de piña en los montes de utilidad pública de la provincia de Valladolid 1960-2010

La primera fuente de información disponible aquí analizada sobre variabilidad espacio-temporal de la producción de piña en la Meseta Norte es el archivo de la administración forestal que refleja año a año, y para cada monte público, el volumen de la cosecha de piña enajenada. Debido a que este aprovechamiento se ha considerado tradicionalmente como secundario frente a las cortas maderables, su tratamiento en los planes anuales de aprovechamiento no se hizo de forma sistematizada hasta prin-

cipios de los años 60 del siglo pasado (Baudín, 1961). Los datos de producción de piña posteriores a 1982 se encontraban dispersos al coincidir con el traspaso de competencias forestales del Estado a la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Las revisiones de los proyectos de ordenación no fueron actualizadas y significó la ausencia de datos relativos a la superficie productiva. Estas deficiencias se subsanaron para dar continuidad a las series históricas de producción (Gordo *et al.*, 1989, 2000; Garrachón, 1992; Gordo, 2004) y actualmente la estadística está sistematizada, completa y actualizada. En el presente capítulo se analizará, por lo tanto, la serie de producción anual 1960-2009 que existe para los montes de utilidad pública de la provincia de Valladolid.

El análisis se basa en las estimaciones visuales de cosecha que cada año realizan los servicios forestales a principios de verano del año del aprovechamiento. Estas estimaciones sirven para aforar la cosecha esperada, como fase previa a su posterior enajenamiento mediante subasta pública. Al cerrar los Planes Anuales de Aprovechamientos una vez finalizada la recogida, estas estimaciones son corregidas. Se dispone así de series temporales de hasta cincuenta años para 58 montes públicos de la provincia de Valladolid, que abarcan unas 16.000 hectáreas de pinar de piñonero. La extensión de estas masas de piñonero no excede un área de unos 80 km en dirección oeste-este y de 40 km norte-sur, situada en la cuenca central del río Duero, careciendo de barreras o accidentes orográficos que diferencien el clima.

3.2. Seguimiento de la producción individual de piña en la red de parcelas INIA 1996-2009

En el año 1996, y en el marco de un proyecto de investigación conjunto entre la Junta de Castilla y León y el INIA, se instaló en montes de utilidad pública de la provincia de Valladolid una red de 140 parcelas permanentes en masas regulares de pino piñonero. La finalidad principal de esta red era el estudio y modelización del crecimiento y la producción de madera, piña y piñón de la especie. A este fin, las parcelas se seleccionaron de forma tal que representasen las diferentes combinaciones de edad, espesura y calidad de estación presentes en las masas, cubriendo además de manera uniforme el área de estudio.

Las parcelas son circulares, de radio variable, y contienen un número fijo de 20 árboles. En los cinco pies más cercanos al centro de la parcela (en algunas parcelas, en diez) se recoge cada otoño la producción total de piña (Figura 1), contando y pesando de forma independiente para cada árbol las piñas sanas y las atacadas y destruidas por larvas de perforadores. El número inicial de árboles cosechados fue de 751. A lo largo de los diez primeros años de estudio (1996-2005), diez parcelas desaparecieron como consecuencia de cortas no autorizadas, obras públicas o mortalidad por fuego o plagas, entre otras causas. Asimismo, en las restantes 130 parcelas murieron 28 árboles por causas naturales, manteniéndose en ese caso la recogida en el resto de los pies. En algunos años, se perdieron los datos de cosecha de algunas parcelas al haberse producido robos de fruto antes de la fecha del muestreo. En 2005, se recolectaron todavía un total de 672 árboles de 130 parcelas. En una segunda etapa, a partir de 2006, el muestreo se redujo a 150 árboles localizados en 30 parcelas, distribuidas a lo largo de la superficie de estudio.

4. LA PRODUCCIÓN DE PIÑA EN LA MESETA NORTE

4.1. Series temporales de los aprovechamientos de piña en los montes de utilidad pública de la provincia de Valladolid 1960-2010

Considerando en conjunto los montes de pino piñonero estudiados en la provincia de Valladolid, la producción media anual de piña a escala provincial a lo largo de los 50 años varió entre 18 kg/ha y 909 kg/ha, siendo el promedio de 193 kg/ha (coeficiente de variación 91%). La variación entre años

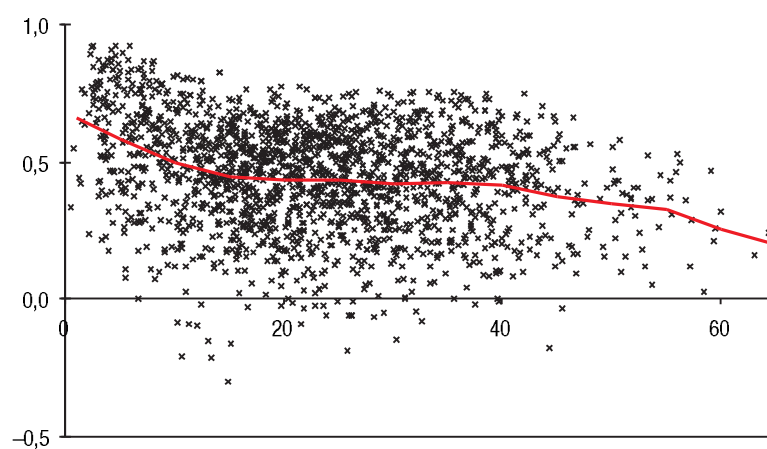
**Figura 1**

Recogida manual de piña en las parcelas permanentes del INIA.

mostró una marcada asimetría a la derecha, con 19 años por debajo de los 100 kg/ha, 8 más por debajo de 150 kg/ha, 8 hasta 200 kg/ha, 4 hasta 250 kg/ha, 9 hasta 500 kg/ha y sólo 3 por encima de 500 kg/ha de producción media de la provincia.

A nivel de serie individual de monte, los promedios variaron entre 46 y 582 kg/ha con coeficientes de variación entre años de 60 a 183%. Excepto en siete de los montes más productivos (17% del área total estudiada), la variación entre años mostraba en la mayor parte de las series una distribución bimodal con un segundo máximo local en el cero, por la frecuencia de cosechas nulas.

Respecto a la variación espacial, la correlación r_{ij} entre las series temporales de dos montes mostraba a su vez una ligera correlación cruzada negativa significativa ($r = -0,30$) con la distancia entre montes D_{ij} , hasta una distancia de 15 km, ajustándose a la ecuación $r_{ij} = 0,675 - 0,019 D_{ij}$. Entre mon-

**Figura 2**

Correlaciones r_{ij} entre las series temporales de cosechas anuales de los montes frente a la distancia D entre montes (línea roja - media móvil ajustada).

tes más distantes, la correlación espacial fue prácticamente estacionaria hasta una distancia de 40 km, alcanzando un valor cercano a 0,4, bajando a mayor distancia hasta 0,2 (Figura 2).

Este patrón de correlación espacial justifica la agrupación de los montes de piñonero de la provincia en unos estratos geológica, edáfica y orográficamente homogéneos, denominado Unidades Naturales, y que se definen en el siguiente apartado.

4.2. Datos generales de producción de piña medidos en las parcelas INIA.

Variabilidad temporal y espacial en la producción de fruto

Tras 14 años de seguimiento en la red de parcelas INIA antes descrita, se dispone de 7.660 observaciones, de las cuales un 54% (4.121) son valores nulos, es decir árboles que un año determinado no tenían producción. En la Tabla 1 se muestran los principales resultados, desglosados año a año, obtenidos en el seguimiento de la red.

Tabla 1

Producción de piña en la red de parcelas INIA 1996-2009

Año	Parcelas	Árboles	Observaciones nulas		Piñas sanas / árbol		Máximo piñas sanas / árbol		Peso / piña
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	%	<i>n</i>	<i>kg</i>	<i>n</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
1996	141	751	241	32%	23,3	6,4	473	135,0	0,276
1997	141	751	301	40%	13,8	3,5	297	99,9	0,251
1998	137	724	360	50%	4,2	1,5	178	49,5	0,345
1999	137	722	489	68%	2,8	0,7	134	28,5	0,249
2000	132	698	213	31%	17,9	5,5	238	92,5	0,307
2001	135	712	458	64%	9,3	2,8	300	89,5	0,302
2002	135	704	505	72%	4,3	1,0	172	49,8	0,229
2003	131	683	455	67%	2,7	0,9	135	40,8	0,335
2004	131	682	563	83%	0,6	0,2	16	5,6	0,251
2005	130	672	247	37%	9,5	1,9	205	55,0	0,198
2006	29	145	45	31%	20,3	4,9	325	87,7	0,243
2007	30	150	119	79%	5,2	1,2	106	26,8	0,231
2008	31	155	91	59%	4,9	1,5	89	24,4	0,309
2009	23	111	34	31%	12,7	2,7	189	47,5	0,210
Total		7.660	4.121	54%	9,1	2,5	473	135,0	0,271

El valor medio de producción es de 2,5 kg de piña sana por año y árbol (equivalente a 9,1 piñas por árbol), con valor de promedio anual mínimo de 0,15 kg/árbol (0,6 piñas/árbol, año 2004) y máximo de 6,4 kg/árbol (23,3 piñas/árbol, año 1996). En cuanto al porcentaje de pies sin producción, éste oscila entre un valor mínimo del 31% (año 2000) y un máximo del 83% (año 2004). En 70 de los 751 árboles (9%) no se ha encontrado ninguna piña en el periodo de estudio. Considerando la distribución de frecuencias de producción de fruto por árbol y año, se observa una sobreabundancia en ceros, una marcada asimetría hacia valores elevados, y una acentuada desviación entre la moda y la media de la distribución, apuntando a que muy pocas observaciones presentan valores muy elevados, mientras que la mayor parte presentan valores muy bajos o nulos.

Además de la gran variabilidad interanual detectada en la producción de fruto, se identifica un patrón de variabilidad espacial a distintas escalas: árbol, rodal, monte y comarca. Al objeto de considerar

Tabla 2
Unidades Naturales definidas

UN	Nombre	Área (ha)	Altitud	IS (m)	Litología	CRA (mm)	Montes
1	Torozos	1.834	847	14,0	Caliza-Margas	350	85, 86
2	Páramos calizos	4.757	845	14,9	Caliza-Margas	313	40, 41, 47-95-101, 48-103, 50, 54, 55, 64
3	Transición páramos calizos	2.284	854	14,4	Caliza-Margas	295	66, 72, 92, 141
4	Valladolid	1.908	687	13,1	Arenas cuarcíticas	107	69, 71*, 79, 80
5	Nava del Rey	1.480	710	11,8	Gravas	175	17
6	Viana de Cega	7.211	707	15,1	Arenas cuarcíticas	160	8 a 16, 18, 24, 25, 34, 35, 42, 43, 44, 45, 57, 58, 59
7	Íscar	2.945	745	16,7	Arenas cuarcíticas -arcillas	186	19, 29, 30, 31, 32, 33, 46
8	Medina	4.044	746	12,5	Arenas cuarcíticas	111	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 22, 23, 28, 36, 37, 38, 39, 51, 52, 56, 60, 61, 62, 63, 97
9	Tudela de Duero	1.401	712	12,6	Arenas cuarcíticas	166	20, 21, 74, 75, 76, 77, 78
10	Terrazas fluviales	1.664	688	16,8	Suelos de depósito aluvial	158	65, 67, 68, 70, 71*

IS (m): índice de sitio; **Área (ha):** se refiere únicamente a la superficie de montes públicos; **CRA (mm):** capacidad de retención de agua.

* el **M.U.P. 71** (T.M. Simancas, tienen los cuarteles cercanos al río adscritos a la UN.10, mientras que el resto lo están a la U.N. 4).

este patrón de variabilidad espacial, Gordo (2004) y Calama *et al.* (2008) proponen una estratificación de las masas de *Pinus pinea* de la provincia de Valladolid en unidades naturales (Tabla 2) a partir de atributos edáficos (capacidad de retención de agua), climáticos, litológicos (roca madre) y orográficos (altitud). Esta tabla no está cerrada de forma definitiva, motivo por el que no se ha recogido la unidad natural Camporredondo (Gordo, 2004), formada por los montes 26, 27 y 102 localizada en los arenales de las campiñas y en el entorno del Arroyo del Masegar, por su reducida extensión y la ausencia de parcelas INIA pero no exenta de interés para los estudios de regeneración natural al estar muy vinculada a los descensos de la capa freática por sobreexplotación del acuífero. Tampoco se incluyen las masas mixtas de los montes 107, 108, 109, 110 y 117 localizados en los páramos cálizos de Quintanilla de Onésimo, Cogeces del Monte y Torrecárcela por falta de datos suficientes para su caracterización y de parcelas INIA, que seguro completarán en un futuro la variabilidad de la producción de fruto en los páramos.

En la Tabla 3 se observa que existe un marcado patrón de variabilidad espacial en la producción media (kg piña/árbol.año) entre unidades naturales, con un máximo de producción correspondiente a la comarca de Torozos (6,5 kg/árbol.año; < 5% de observaciones nulas) y un mínimo de producción en el pinar de Nava del Rey (0,2 kg/árbol.año; 77% de observaciones nulas).

Las unidades con mayor producción son aquellas cuyos suelos presentan una mayor capacidad de retención de agua, sobre litologías calizas del páramo con mayor altitud y precipitación (Torozos, Páramos calizos). También destacan como muy productivas algunas unidades sobre arenas, bien con suelos de texturas medias más evolucionados (Íscar); bien por un mayor aporte adicional de agua des-

Tabla 3
Producción media anual de piña por árbol en la red de parcelas INIA, según Unidades Naturales.

UN	Observaciones			Piña sana/árbol.año				CV % entre parcelas	Peso medio de piña (kg)
	Parcelas	n	% Ceros	kg	desv tip	n	desv tip		
1	2	70	4,29%	6,489	7,972	26,486	26,727	45,6	0,245
2	23	1.088	38,14%	3,367	8,890	11,336	28,724	147,2	0,297
3	11	527	53,51%	0,922	2,910	3,370	10,288	160,5	0,274
4	17	795	69,94%	0,616	1,800	2,170	55,834	122,9	0,284
5	6	295	77,29%	0,207	0,762	0,902	53,318	128,5	0,230
6	12	504	66,07%	1,248	3,745	5,292	15,916	113,5	0,236
7	19	1.439	46,21%	4,347	11,795	16,420	40,361	148,5	0,265
8	19	855	70,88%	0,654	1,966	2,668	57,702	93,4	0,245
9	10	496	58,87%	0,801	2,136	3,026	58,380	79,7	0,265
10	22	1.030	43,88%	4,371	8,793	15,181	28,925	70,0	0,288

n: número; **desv tip:** desviación típica; **CV (%):** coeficiente de variación; **UN:** Unidad Natural, según Tabla 2.

de el freático (Terrazas fluviales del Duero). La unidad Torozos representa un caso particular al tratarse de un núcleo de repoblación coetáneo, realizado en los años 40, que carece de una estructuración de monte ordenado que abarque todas las clases de edad, incluidas las no productivas, sino que toda la superficie se encuentra actualmente en edad de producción.

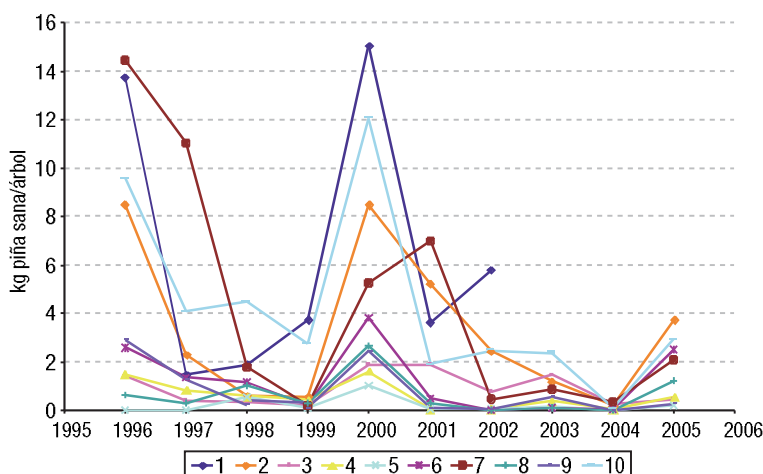
Además de la gran variabilidad detectada entre unidades naturales (coeficiente de variación entre unidades = 217%), existe un marcado patrón de variabilidad en la producción entre parcelas dentro de una misma unidad natural (columna CV parcelas en Tabla 3), destacando los altos valores en las unidades del páramo (2 y 3) e Íscar (7). Por último, la variabilidad en la producción entre árboles de una misma parcela se sitúa, en la mayor parte de las parcelas, en un CV entre 25% y 75%.

4.3. Sincronía en la producción de piña

En la descripción de la producción anual de fruto en especies leñosas, la vecería se define como el patrón sincronizado a distintas escalas espaciales (árbol, rodal, unidad natural, región) en la producción de fruto. Un patrón común de vecería, es decir, la sincronización de los años de cosecha buena, mala o intermedia a cada una de las escalas mencionada indicaría que los mecanismos o factores que controlan la abundancia de la producción de fruto actúen posiblemente de una manera común a esta escala. La sincronía entre distintas series de producción se estudia a través del coeficiente de concordancia τ de Kendall (Legendre, 2005).

Considerando la serie de producción entre 1996 y 2005, se detecta un patrón significativo de sincronía en el valor medio de la producción por árbol entre Unidades Naturales (Figura 3), definido por el valor del estadístico τ de Kendall de 0,589 (p-valor < 0,0001). Se comprueba que tanto los años favorables (1996, 2000, 2005) como los más desfavorables (1999, 2004) lo son en todas las unidades, aunque con algunas particularidades asociadas a la unidad Torozos (1) e Íscar (7), donde aparecen dos pares de años consecutivos de buena cosechas (1996/1997 y 2000/2001).

El análisis entre parcelas situadas dentro de la misma unidad muestra patrones de sincronía significativa en todas las unidades, salvo en la 1, donde pese al alto valor del coeficiente, el bajo número de parcelas (dos) afecta al nivel de significación asociado.

**Figura 3**

Serie de producción media anual (kg/árbol.año) en las parcelas INIA para las distintas Unidades Naturales del área de estudio.

Los resultados anteriores demuestran la existencia de un patrón sincrónico en la producción a las distintas escalas espaciales estudiadas, confirmando el carácter vecero apuntado para la especie en la literatura forestal desde antiguo (Romero, 1886; Ximénez de Embún, 1959). La identificación de este patrón de vecería a distintas escalas espaciales permitirá identificar los factores de influencia y aproximar la modelización temporal en la producción de fruto.

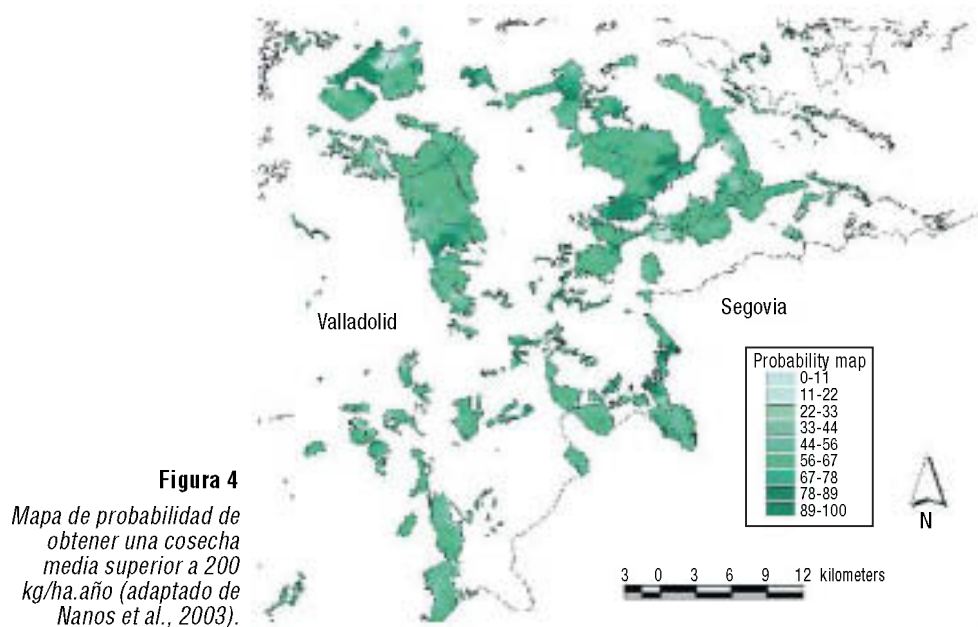
5. MODELIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PIÑA EN LA MESETA NORTE

5.1. Modelos espaciales

La gran variabilidad interanual, la falta de series largas de producción de fruto y las particularidades en la distribución de frecuencias de los valores individuales de producción de piña (asimetría, abundancia de ceros) motivaron el que los primeros modelos para predecir la producción de piña tuvieran un carácter espacial puro. Estos modelos utilizaban como variable de producción el promedio o la suma acumulada de las producciones para un número determinado de años, y tenían como objetivo preferente el identificar los principales factores ambientales, de rodal, de árbol y de gestión que explicasen la variabilidad a distintas escalas espaciales.

García-Güemes (1999) utiliza la serie 1996-1998 de datos de la red de parcelas INIA para elaborar modelos univariantes que permitan predecir la producción de piña por hectárea a partir de variables de rodal. Los modelos identificaban tendencias crecientes con el área basimétrica y el diámetro medio cuadrático, decreciente con la densidad, y cuadrática con la edad (máximo en torno a los 80 años de edad). Lo restringido y la poca representatividad de la serie (de los tres años utilizados dos tienen cosechas muy superiores a la media del periodo 1996-2010), y la no consideración de diferencias dentro de la región de estudio motivan el que estos modelos tiendan en general a sobreestimar la producción.

Nanos *et al.* (2003), ampliando la serie anterior a 1996-2000, desarrollan un modelo geoestadístico que permite predecir la producción media de piña por hectárea. Los autores identifican un patrón de correlación espacial hasta una distancia de 2.000 metros, lo que les permite construir mapas provinciales para la producción media y para la probabilidad de obtener producciones medias por hectárea.



rea superiores a 200 kg (Figura 4). Los resultados obtenidos permitieron realizar una zonificación del territorio de acuerdo a su potencialidad productiva.

Finalmente, Calama *et al.* (2008) utilizan la serie 1996-2005 para construir un modelo que permite predecir la producción media por árbol para un periodo de cinco años. Para evitar los problemas asociados a la falta de normalidad, los autores estudian la transformada logarítmica de la producción individual + 1:

$$\ln(wc+1) = 1,1345 + 4,5501 g + 0,5243 d/dg - 0,1956 \ln(N) + UN_0 \quad [1]$$

Donde wc representa la producción anual esperada de piña (kg) en un árbol para un promedio de cinco años, g es la sección individual del pie (m^2), N es la densidad del rodal (pies/ha), d/dg es el cociente entre el diámetro normal y el diámetro medio cuadrático, y UN_0 es un parámetro asignado a cada Unidad Natural (Tabla 4).

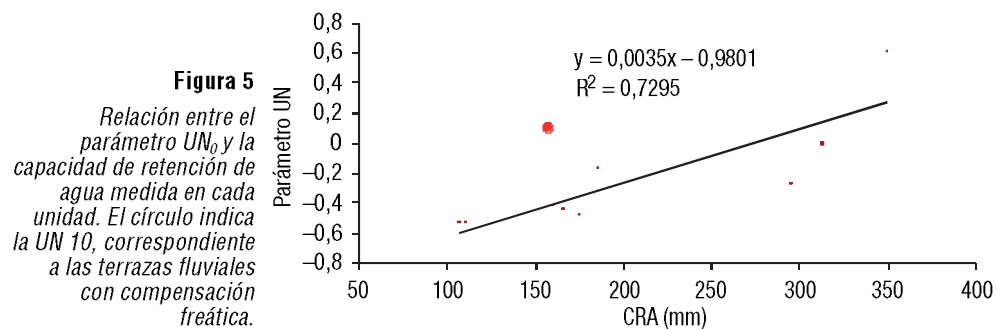


Tabla 4

Valor de los parámetros UN_0 , UN_1 y UN_2 de las ecuaciones 1 a 3, respectivamente, según Unidad Natural 1 a 10

Unidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UN_0	0,609	0	-0,261	-0,537	-0,484	-0,413	-0,175	-0,537	-0,445	0,106
UN_1	2,192	0	-0,372	-1,841	-1,357	-1,461	-0,782	-1,727	-0,798	-0,432
UN_2	0,743	0	-0,182	-0,785	-0,605	-0,316	-0,193	-0,414	-0,650	0,274

El modelo anterior demuestra que las mayores producciones individuales se consiguen en los pies dominantes, de mayor tamaño, que crecen en espesuras bajas, en aquellas unidades caracterizadas por poseer mayor cantidad de agua disponible en el suelo, bien por aporte de agua adicional (unidad 10), por una mayor precipitación debida a la mayor altitud (unidades 1 y 2 del páramo) o, principalmente, por una mayor capacidad de retención de agua (CRA). En este sentido, se identifica una correlación positiva significativa ($r = 0,85$) entre el valor de UN (exceptuando la Unidad 10) y la capacidad de retención de agua promedio de cada unidad (Figura 5). La recta de regresión ajustada permite aplicar el modelo anterior a rodales situados fuera de los montes públicos, de los que no se conozca a que unidad adscribirlos, pero en los que se disponga del dato de CRA.

El modelo espacial de árbol individual permite predecir de forma insesgada la producción media de un árbol en un periodo de 5 años con valores de eficiencia cercanos al 35%. Cuando se estima la producción a nivel de parcela (valor de mayor interés desde el punto de vista de la gestión) la eficiencia del modelo alcanza valores cercanos al 50%. La ecuación (1) constituye el módulo de producción de fruto del modelo integral PINEA2 (Calama *et al.*, 2007a), quedando incluida en el simulador que implementa el citado modelo.

5.2. Hipótesis de vecería y modelos con componente temporal: el modelo regional de Mutke *et al.* (2005)

En la actualidad existen enunciadas tres hipótesis principales —no excluyentes entre sí— acerca del posible origen de este patrón sincrónico de variación en la producción de fruto (Kelly, 1994): (1) *Disponibilidad de recursos*, que apunta a la existencia de un control ambiental (normalmente climático) sobre la producción de fruto, reflejando las series de producción anual las limitaciones debidas al factor climático asociado en momentos clave del desarrollo del fruto; (2) *Agotamiento de recursos o hipótesis de saciación*, que apunta bien a la existencia de una producción menor de fruto en el año que sigue a una buena cosecha, como consecuencia de un agotamiento en los recursos, bien a una *inhibición en la inducción floral* por parte de la cosecha abundante; (3) *Vecería cíclica*, que indica la existencia de ciclos endógenos de producción de fruto para cada especie, repitiéndose de forma periódica cada cierto número de años, un ciclo de cosechas.

Para *Pinus pinea* la hipótesis comúnmente defendida ha sido la de la vecería cíclica. Así, Ximénez de Embún (1959) indicaba que cada cinco años de producción ocurrían un año con cosecha igual a 2,5 veces la cosecha media (C), dos años con cosecha igual a C, otro año con cosecha igual a 0,5C y otro con cosecha nula o no apreciable. Butler y Martínez (1990) proponen que en 10 años hay una cosecha excepcional (1,65C), tres buenas (1,2C), dos normales (C), tres malas (0,75C), y una muy mala (0,5C). Yagüe *et al.* (1994), sin llegar definir un esquema, apunta a una cosecha muy superior a la media cada cinco años. Por su parte, Gordo *et al.* (2000) observan un ciclo de seis años, en el que a tres o cuatro años de cosechas por debajo de la media le siguen dos o tres años con producciones superiores a la media, aunque indicando ya la existencia de una fuerte relación entre la producción y factores climáticos.

Frente a la supuesta existencia de ciclos fijos, Mutke *et al.* (2005a) y Gordo *et al.* (2005) proponen la hipótesis de *Disponibilidad de recursos*. Los autores construyen un modelo de regresión lineal múltiple para predecir la producción media por hectárea a nivel provincial, aplicando una transformación logarítmica de la serie de producción (1960-2004). El modelo ajustado alcanza un coeficiente de determinación R^2 superior al 75%. Los autores identifican una correlación positiva entre la producción de fruto y el valor de distintos factores climáticos, especialmente la precipitación acumulada en ciertos periodos, que reflejarían la disponibilidad o el estrés hídrico que tuvieron los pinos en momentos claves del proceso de desarrollo de la piña. Se detecta un efecto positivo de la precipitación en distintos meses de la primavera y del otoño del año anterior a la floración (relacionados con los momentos de inducción y diferenciación de las yemas florales), la precipitación de primavera del año de floración, temperaturas bajas en las semanas después de la polinización y con la precipitación en el año meteorológico anterior a la maduración (engorde de la piña).

Los autores detectan además una correlación negativa entre producciones separadas un periodo de tres años, existiendo un efecto negativo de una carga excesiva de piña de tres años sobre la cohorte de estróbilos inducidas en junio, lo que indicaría un argumento a favor de la hipótesis de *Agotamiento de recursos*. El efecto conjunto de los parámetros climáticos explicaría un 63% de la variabilidad interanual detectada en la serie, mientras que el efecto autocorrelativo negativo entre cosechas separadas tres años explicaría otro 12%. Excepto la precipitación del último año de maduración, correlacionada directamente con el tamaño final que alcanza la piña, y que explica un 7% de la variación total de la cosecha entre años, todas las demás variables explicativas se refieren a momentos anteriores o inmediatamente posteriores a la polinización. Esto indica que el 68% de la variación en la cosecha final está determinada —y puede predecirse— dos años y medio antes de la recogida de la misma, volviendo a la idea que la vecería de la piña es en buena medida debida a una vecería floral.

5.3. El modelo espacio-temporal de producción de piña de Calama *et al.* (2011)

En línea con el trabajo anterior, Calama *et al.* (2011) en el ámbito de la Meseta Norte utilizan 370 series de producción de fruto individual de entre siete y catorce años de duración para estudiar las causas de la vecería, no detectando correlación significativa entre cosechas individuales separadas intervalos de 1-5 años, lo que contradice la hipótesis de vecería cíclica. Asimismo, los autores analizan el efecto que la cosecha más abundante de la serie tiene sobre la producción en los siguientes 1-4 años. En la mayor parte de las series de producción estudiadas, la producción tres años después de la mejor cosecha es menor que la que se correspondería en el caso de no existir un efecto (ciclos aleatorios), lo que sería una evidencia a favor de la hipótesis de *Agotamiento de recurso por inhibición floral*.

Sin embargo, los autores detectan que la producción el año siguiente de la cosecha más abundante es mucho mayor de lo que correspondería esperar: en un 20% de las series el año siguiente se produce la segunda mejor cosecha, en otro 25% la tercera mejor cosecha y en otro 20% la cuarta (en el caso de ciclos aleatorios, el porcentaje de casos esperados sería en torno al 9%). La presencia de cosechas abundantes consecutivas supone un argumento contrario a la hipótesis clásica de *Agotamiento de recursos*. Por el contrario, esta evidencia apuntaría a la teoría de la *Disponibilidad de recursos*, lo que confirman los autores al identificar como explicativas variables climáticas similares a las presentadas por Mutke *et al.* (2005).

Una vez identificado el control climático sobre la variabilidad interanual en la producción de fruto a nivel de árbol individual, se construye un modelo espacio-temporal que permite predecir la producción de un árbol para un año determinado en cualquier punto del área de estudio. Se formula un

modelo bietápico de ajuste simultáneo, compuesto por (1) un modelo binomial que permite predecir la probabilidad π de ocurrencia de cosecha en el árbol en un año determinado, y (2) un modelo log-normal que predice la producción de fruto del árbol (wc , expresada en kg) en el año condicional a la ocurrencia de cosecha. El modelo quedaría definido por las siguientes funciones:

$$\ln\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = -1,7062 + 0,0131 pp_{my_jn_3} + 0,0111 pp_{oc_nv_3} - 0,1003 nhel - 0,5664 \ln(N) + 0,0754 SI - 2,7243 T_{20} - 0,3298 T_{50} + 2,2421 d / dg + UN_1 \quad [2]$$

$$\ln(wc) = -2,8930 + 0,0089 pp_{my_jn_3} + 0,0055 pp_{oc_nv_3} + 0,0030 pp_{summ_2} + 0,0036 pp_{fb_my_0} - 0,0425 nhel - 0,2673 \ln(N) + 0,0421 SI + 0,0454 d + 0,5895 d / dg + UN_2 \quad [3]$$

Donde π es la probabilidad de obtener fruto en el árbol y año determinado, wc es la producción de fruto del citado árbol, en el caso de que la cosecha no sea nula, $pp_{my_jn_3}$ es el valor de la precipitación (mm) en los meses de mayo y junio del año anterior a la floración; $pp_{oc_nv_3}$ es el valor de la precipitación (mm) en los meses de octubre y noviembre del año anterior a la floración; pp_{summ_2} es el valor de la precipitación (mm) del verano (julio-septiembre) posterior a la floración; $pp_{fb_my_0}$ es el valor de la precipitación (mm) en los meses de febrero a mayo del año de maduración del fruto; $nhel$ es el número de días de helada severa (mínima inferior a -5°C) durante el primer invierno (diciembre a marzo) tras la floración; N es la densidad de masa (pies/ha); SI el índice de sitio (m); T_{20} y T_{50} son dos variables categóricas que valen uno si la edad del rodal es menor que 20 ó 50 años, respectivamente, y 0 en el resto de casos; d es el diámetro normal (cm); d/dg el cociente entre el diámetro normal y el diámetro medio cuadrático; UN_1 y UN_2 los valores correspondientes a la Unidad Natural donde se localice el rodal de estudio, y que aparecen recogidos en la Tabla 4.

El modelo desarrollado alcanza eficiencias del 35% en la estimación del valor de producción del árbol en un año determinado y del 50% en el caso de la estimación de la producción de la parcela en un año. En cuanto a la variabilidad espacial pura, el modelo explica un 50-60% de la producción de un árbol para el total del periodo de estudio, valor que se incrementa hasta el 75% en el caso de estimar la producción a nivel de parcela. Por último, referido a la variabilidad temporal a nivel regional, el modelo estima la variabilidad interanual con una eficiencia cercana al 80%, siendo capaz de discernir entre años de buena y mala producción (Figura 6).

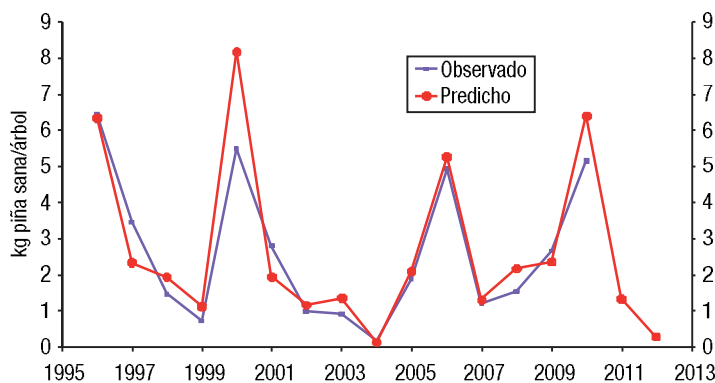


Figura 6

Valor observado y predicho por el modelo de Calama et al. (2011), para la producción media de piña (kg/árbol) en la Meseta Norte.

5.4. Modelos para definir la calidad de piñón: peso medio y contenido de piñón

Un factor tradicionalmente ligado a la calidad de la piña ha sido su tamaño y peso. Las piñas de gran tamaño (y peso) se han asociado, además de con un mayor número de piñones por piña, con un mayor rendimiento en piñón y con piñones de mayor tamaño (mayor interés comercial, mayor interés para la fauna asociada y mayor viabilidad germinativa). El peso de una piña es una variable que presenta una gran variabilidad interanual (Tabla 1), pero una menor variabilidad espacial. Calama *et al.* (2007a, 2007b) identifican como principal variable explicativa de la variabilidad espacial en el peso medio de la piña la Unidad Natural, detectando mayores pesos individuales en las unidades situadas en litología caliza (páramo) y las ubicadas en terrazas fluviales con aporte adicional de agua desde el freático. Dentro de cada Unidad se detecta un efecto significativo de la calidad de estación, mientras que no se observa ningún efecto de la selvicultura (área basimétrica, densidad) o de la edad de la masa. Por último, tampoco se identifica un efecto significativo de la dimensión de árbol o posición social sobre el peso individual de piña, por lo que las diferencias entre árboles pueden estar asociadas a factores de micrositio, patrón espacial de competencia o, especialmente, genotipo. En este sentido, en el estudio del peso individual de la piña en un huerto clonal de la región de procedencia Meseta Norte, el valor de heredabilidad asociada fue del 17% (Mutke *et al.*, 2005b).

En cuanto al patrón de variabilidad interanual en el peso individual de la piña, su estudio y modelización ha sido objeto de distintos estudios (Mutke *et al.*, 2005b; Mutke *et al.*, 2007; Calama *et al.*, 2007b), que coinciden en destacar el control fundamental que la precipitación ejerce sobre esta variable. Se identifica una relación positiva muy significativa entre el peso individual de la piña y la precipitación caída en los meses de maduración y engorde de la misma (Figura 7), que se llega a cifrar en incrementos en peso de 0,3-0,4 g por cada mm de precipitación anual adicional (Mutke *et al.*, 2007).

Una vez identificados los factores que influyen en la variabilidad espacial y temporal del peso individual de la piña, es interesante analizar si esta variable tiene influencia —como tradicionalmente se ha asumido— sobre las variables indicadoras de la calidad de piñón:

- Número de piñones por piña (NPo).
- Peso medio (g) del piñón con cáscara (PmPcc).
- Peso total de los piñones con cáscara de la piña/peso de la piña (η Po).
- Porcentaje piñones vanos (%Pv).
- Peso medio (g) del piñón sin cáscara (PmPsc).
- Peso medio del piñón sin cáscara/peso medio del piñón con cáscara (η Psc).

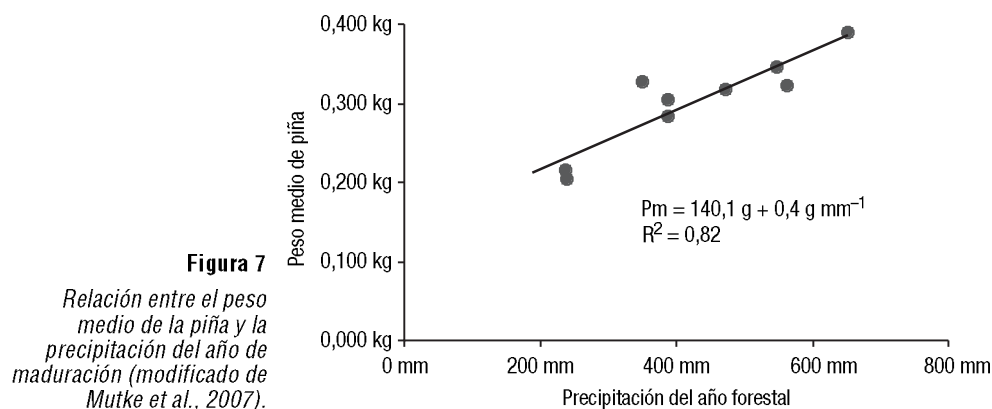


Tabla 6
Valor medio de las variables indicadoras de calidad de piña en función del peso seco medio de una piña

Peso seco piña(g)	Npo	PmPcc (g)	η Po	%Pv	PmPsc	η Psc
< 75	14,2 ^a	0,476 ^a	0,074 ^a	32,7 ^a	0,147 ^a	0,268 ^a
75-125	48,3 ^b	0,474 ^a	0,179 ^b	20,9 ^b	0,151 ^a	0,252 ^b
125-175	75,9 ^c	0,517 ^b	0,248 ^c	12,1 ^c	0,146 ^a	0,240 ^c
175-225	91,0 ^d	0,616 ^c	0,279 ^d	8,0 ^d	0,147 ^a	0,227 ^d
225-275	96,3 ^e	0,726 ^d	0,283 ^d	4,9 ^e	0,168 ^b	0,224 ^{de}
275-325	106,2 ^f	0,803 ^e	0,286 ^d	5,4 ^{de}	0,182 ^c	0,215 ^e
> 325	112,9 ^f	0,846 ^e	0,270 ^{cd}	4,7 ^e	0,189 ^c	0,212 ^{de}

Npo: número de piñones por piña; **PmPcc:** peso medio del piñón con cáscara; **η Po:** rendimiento del piñón con cáscara en piña; **%Pv:** porcentaje de piñones vanos (en número); **PmPsc:** peso medio del piñón sin cáscara; **η Psc:** rendimiento del piñón blanco en piñón con cáscara. Valores con la misma letra en la misma columna indican diferencias no significativas entre clases de peso de piña (p-valor < 0,05).

Morales (2009) identifica diferencias significativas entre clases de peso seco de piña para todas las variables de estudio indicadoras de calidad (Tabla 6).

De acuerdo a la tabla anterior, se identifica para las clases de peso inferiores una relación positiva entre el peso de la piña y las variables número de piñones por piña y peso medio del piñón con y sin cáscara, con tendencia a estabilizarse a partir de valores de peso seco de piña de 300 g. En cuanto al rendimiento en peso de piñones de la piña, la relación es creciente hasta valores de peso seco de piña de 200 g, para a partir de ahí no crecer más e, incluso, en piñas grandes (peso seco superior a 300 g), disminuir ligeramente. Por el contrario, el porcentaje de piñones vanos en la piña presenta valores muy altos en piñas de pequeño tamaño (por encima del 30% en piñas de menos de 75 gramos de peso seco), tendiendo este valor a estabilizarse en el 5% a partir de pesos individuales de piña de 225 gramos. Por último, se produce una reducción en el rendimiento en piñón blanco en piñones de gran tamaño por presentar una cáscara más gruesa.

A partir de los resultados anteriores, Morales (2009) construyó sendos modelos no lineales que permiten predecir cada una de las variables de interés utilizando como variable predictora el peso medio seco de la piña (Tabla 7).

Tabla 7
Modelos predictivos para las distintas variables indicadoras de la calidad de piñón en función del peso medio seco (g) de la piña (Pm)

Variable respuesta	Ecuación	R ²
Npo	$107,6840 \cdot (1 - \exp^{-0,0156 \cdot Pm})^{3,6588}$	0,486
PmPcc	$0,2848 + 0,00169 \cdot Pm$	0,439
η Po	$0,2899 \cdot (1 - \exp^{-0,0230 \cdot Pm})^{4,7321}$	0,393
%Pv	$56,3216 \cdot (\exp^{-0,0098 \cdot Pm})$	0,213
PmPsc	$0,1254 \cdot (\exp^{0,0011 \cdot Pm})$	0,087
η Psc	$0,4617 \cdot Pm^{-0,1320}$	0,125

Abreviaturas de las variables según Tabla 6.

4. CONCLUSIONES

El interés económico de la producción de piña y piñón de *Pinus pinea* ha permitido en los últimos años dedicar un gran esfuerzo a su estudio en detalle y a varias escalas. Su variabilidad espacial y temporal es elevada, fenómeno característico para las especies forestales mediterráneas. En el presente capítulo se han revisado distintos trabajos orientados a explicar y modelizar el patrón de variabilidad espacio-temporal de la producción detectado en la región del estudio, la Meseta Norte. Entre los factores que más explican la variabilidad espacial destaca una estratificación ecológica del territorio realizada en función de características edáficas (principalmente la capacidad de retención de agua) y orográficas. A nivel de rodal, es la espesura el factor de mayor influencia, incrementándose la producción individual de piña a medida que disminuye la densidad de masa. Por último, a nivel de árbol son la dimensión individual y la competencia los factores que más influyen en su producción.

Se ha demostrado que la marcada vecería en la producción de fruto identificada en *Pinus pinea* está principalmente relacionada con la precipitación recogida a lo largo de distintos periodos relacionados con la fenología de las distintas fases implicadas en la floración y fructificación, comenzando por el momento de diferenciación de estróbilos en las yemas, lo que ocurre el año antes de la floración. En este sentido, la vecería en *Pinus pinea* se explica por la hipótesis de *Asignación de Recursos*, aunque existe una marcada disminución de la producción tres años después de una cosecha abundante, lo que apunta a un control secundario por inhibición de la inducción floral. La identificación de patrones sincrónicos a las distintas escalas espaciales estudiadas confirma las hipótesis previas.

Por último, se ha identificado un fuerte control climático (precipitación) sobre el tamaño individual de las piñas, y se ha demostrado el control que esta variable ejerce sobre los atributos tradicionalmente asociados con la calidad de piña y piñón.

Los resultados anteriores han permitido el desarrollo de modelos espacio-temporales, con validez a distintas escalas (región, rodal, árbol) y temporales (año, quinquenio), que permiten predecir la producción de piña y piñón en la Meseta Norte. Los resultados presentados en el capítulo permiten identificar zonas y años en los que la disponibilidad de fruto y semilla puedan constituir un cuello de botella para la consecución de la regeneración. Los modelos construidos permiten predecir la producción anual de fruto con más de dos años de antelación, por lo que constituyen herramientas fundamentales para la gestión y planificación tanto del aprovechamiento de fruto como de la regeneración natural de las masas.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la inestimable labor de Carlos García Güemes, Ángel Bachiller y Enrique Garriga en la instalación y seguimiento de las parcelas permanentes de producción de fruto de *Pinus pinea* instaladas por el INIA en la provincia de Valladolid. Asimismo, los autores quieren agradecer la colaboración continua del resto de personal técnico, administrativo y agentes medioambientales del servicio forestal de Valladolid, así como los hermanos Romera encargados de la recogida de las cosechas sin los que hubiera sido imposible generar esta fuente de información durante tan dilatado periodo de tiempo. En especial a Federico Baudín, José Luis Sagardoy y Julián de Dios, pioneros e impulsores de la sistematización de los registros anuales del aprovechamiento de fruto. El presente trabajo se ha desarrollado en el marco financiero y funcional de los proyectos INIA CPE-003-01-C5.2, RTA-00044-2007 y AGL2010-15521.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA LA GESTIÓN

La producción individual de piña es mayor en los pies de mayor tamaño, del estrato dominante y que crecen en espesuras bajas desde edades jóvenes. A nivel de rodal, existe un rango amplio de densidades (entre 120 y 250 pies/ha a partir de los 50-60 años de edad) en el que la producción de piña por hectárea alcanza un máximo, descendiendo en espesuras mayores y menores. La disponibilidad de agua en el suelo es el factor de mayor influencia en la variabilidad a nivel de región, siendo las estaciones de mayor productividad aquellas que tienen suelos con mayor capacidad de retención de agua (páramos calizos), o que presentan un mayor aporte de agua, bien por mayores precipitaciones, bien por presencia de freáticos superficiales (terrazas del Duero).

La vecería en la producción de piña es un fenómeno asociado principalmente a las condiciones meteorológicas —precipitación— del año anterior a la floración, y de distintos momentos claves de la maduración de la piña. Existe asimismo una correlación negativa entre un año de buena cosecha y la producción de fruto tres años después, lo que apuntaría a un control secundario por agotamiento de los recursos. No se han detectado evidencias que apoyen las reglas de vecería propuestas en la literatura clásica.

El tamaño individual de la piña es un atributo muy relacionado con aspectos de la calidad de la misma, tales como el rendimiento en piñón y tamaño de los piñones con o sin cáscara. El tamaño de la piña presenta gran variabilidad interanual, estando correlacionado de forma significativa con la precipitación caída durante el invierno y primavera anterior al año de maduración de los frutos. No se detecta un efecto de la selvicultura sobre el tamaño medio de la piña.

6. LISTADO DE REFERENCIAS

- Baudín, F. (1961). Los daños en las piñas de *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. Boletín del Servicio de Plagas Forestales nº 8. Madrid (pp. 63-71).
- Butler, I., Martínez, C. (1990). Selvicultura de *Pinus pinea* en Andalucía: utilización histórica y perspectivas futuras. Informe inédito.
- Calama, R., Sánchez-González, M., Montero, G., (2007a). Integrated management models for Mediterranean multifunctional forests: the case of stone pine (*Pinus pinea* L.). EFI Proc. 56: 57-69.
- Calama R., Mutke S., Sánchez-González M., Garriga E, Montero G. (2007b). Modelling spatial and temporal variability in stone pine (*Pinus pinea* L.) cone quality. Comunicación tipo oral en EFIMED Scientific Seminar: «Modelling, valuing and managing Mediterranean forest ecosystems for non-timber goods and services». Palencia.
- Calama, R., Mutke, S., Gordo, J., Montero, G., (2008). An empirical ecological-type model for predicting stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production in the Northern Plateau (Spain). For. Ecol. Manage. 255 (3/4): 660-673.
- Calama, R., Mutke, S., Tomé, J. A., Gordo, F. J., Montero, G., Tomé, M. (2011). Modelling spatial and temporal variability in a zero-inflated variable: the case of stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production. Ecological Modelling 222: 606-618.
- García-Güemes C. (1999). Modelo de simulación selvícola para *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. Ph. Dr. Thesis. Universidad Politécnica de Madrid.
- Garrachón, S., (1992). Selección de rodales selectos de *Pinus pinea* L. en M.U.P. de la provincia de Valladolid. Trabajo Fin de Carrera. EUPA, Palencia.

- Gordo, F. J., Gándara, E., Sierra, J. M., Agúndez, D., Hernández, J. A. (1989). Estadística de producción de fruto de *Pinus pinea* L. para los montes públicos de la provincia de Valladolid. Servicio Territorial de Agricultura, Ganadería y Montes. Junta de Castilla y León. Documento inédito.
- Gordo, J., Mutke, S., Gil, L. (2000). La producción de piña de *Pinus pinea* L. en los montes públicos de Valladolid. I Congreso Internacional sobre el pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Valladolid. Junta de Castilla y León. Volumen 2: 269-277.
- Gordo, J. (2004). Selección de grandes productores de fruto de *Pinus pinea* L. En la Meseta Norte. Ph. Dr. Tesis. Universidad Politécnica de Madrid.
- Gordo J., Mutke S., Gil L. (2005) Consecuencias del cambio climático en la producción de piña en los pinares continentales de *Pinus pinea* L. Actas IV Congreso Forestal Español Zaragoza 2005 (Mesa 1).
- Kelly, D., (1994). The evolutionary ecology of mast seeding. Trends Ecol. Evol. 9: 465-470.
- Legendre, P. (2005). Species Associations: the Kendall coefficient of concordance revisited. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics 10(2): 226-245.
- Montero, G., Candela, J. A., Rodríguez, A (coords.). (2004). El Pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía: Ecología, Distribución y Selvicultura. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla, 261 pp.
- Morales, L. (2009). Modelos para la predicción del contenido y calidad de piñón en piñas de *Pinus pinea* L. en los Valles del Tiétar y del Alberche. Proyecto Fin de Carrera. ETS Ingenieros de Montes. UPM. 149 pp. + Anexos.
- Mutke, S., Gordo, J., Gil, L., (2005a). Variability of Mediterranean stone pine cone production: yield loss as response to climatic change. Agric. Forest Meteorol. 132: 263-272.
- Mutke, S., Gordo, J., Gil, L., (2005b). Characterization of a stone pine (*Pinus pinea* L.) clone bank. Silvae Genet. 54 (4-5): 189-197.
- Mutke, S., Iglesias, S., Gil, L. (2007). Selección de clones de pino piñonero sobresalientes en la producción de piña. Invest. Agraria. Sist. Rec. For. 16(1): 39-51.
- Nanos, N., Calama, R., Canadas, N., García, C., Montero, G. (2003). Spatial stochastic modelling for cone production from stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Spanish Northern Plateau. In: Amaro, A., Reed, D., Soares, P. (Eds.), Modelling Forest Systems. CABI Publishing, Wallingford, pp. 131-141.
- Romero, F. (1886). El pino piñonero en la provincial de Valladolid. Imprenta y Librería Nacional y Estranjera de los Hijos de Rodríguez Valladolid. 313 pp.
- Ximénez de Embú, J. (1959). El pino piñonero en las llanuras castellanas. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Yagüe, S. (1994). Silviculture and production of Stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in the province of Avila (Spain). Invest. Agraria. Sist. Rec. For. Fuera de Serie 3: 423-444.

La regeneración natural de los pinares en los arenales de la meseta castellana



EDITORES

Francisco Javier Gordo • Rafael Calama
Marta Pardos • Felipe Bravo
Gregorio Montero



RED TEMÁTICA DE SELVICULTURA Y GESTIÓN SOSTENIBLE
DE SISTEMAS FORESTALES (SELVIRED) DEL CIFOR-INIA



Instituto Universitario de Investigación
GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE
Universidad de Valladolid-INIA



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Para citar este libro:

J. Gordo, R. Calama, M. Pardos, F. Bravo, G. Montero (ed.). © 2012. La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta Castellana. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA). Valladolid. 254 pp.

Esta publicación es el resultado de la jornada de transferencia científica y tecnológica «La regeneración natural de *Pinus pinea* L. y *Pinus pinaster* Ait. en los arenales de la Meseta Castellana» celebrada los días 20 y 21 de mayo de 2010 en Valladolid, y organizada por la Red Temática de Selvicultura y Gestión Sostenible de Sistema Forestales (SELVIREG) del CIFOR-INIA, el Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA) y la Junta de Castilla y León (Servicio Territorial del Medio Ambiente de Valladolid).

Edita: Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible.
Universidad de Valladolid-INIA

ISBN: 978-84-615-9823-6
Depósito Legal: P-128-2012

Maquetación e impresión: Cicegraf, S. L.