



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-253

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Evolución de los aprovechamientos y su mecanización en las claras de coníferas en Castilla y León entre 1996 y 2016.

BORRACHERO MARTÍNEZ - PINNA, E.¹, TOLOSANA ESTEBAN, E.¹ y LAINA RELAÑO, R.¹

¹ E.T.S.I. de Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid. e.borrachero@alumnos.upm.es
eduardo.tolosana@upm.es, ruben.laina@upm.es.

Resumen

Se ha analizado la información recogida de forma sistemática en 86 trabajos de las asignaturas “Aprovechamientos Forestales” y “Aprovechamientos y Certificación Forestal” (E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural) sobre claras en repoblaciones y masas naturales de coníferas en Castilla y León entre los años 1996 y 2016. Se ha valorado cuantitativa y cualitativamente la mecanización y los sistemas de aprovechamiento relacionados con la misma, así como el cambio desde el predominio de primeras claras con destino prioritario en trituración hacia segundas claras con destino principal en sierra de envase y embalaje, estudiándose también aspectos como la evolución del volumen unitario y del volumen de los lotes. Se ha analizado también el precio de adjudicación en euros constantes, su dependencia, para la categoría volumétrica superior a 0,12 m³ por pie, del volumen unitario, su relación con índices de precios del mercado internacional y la influencia de factores como el grado de mecanización o el tipo de clara (primera o segunda) en ese valor.

Palabras clave

Cortas de mejora, maquinaria forestal, pliegos de condiciones, sistemas de aprovechamiento, *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster*, selvicultura.

1. Introducción

Los tratamientos parciales de una masa forestal regular son las operaciones que se llevan a cabo en el plazo que transcurre entre el final de la regeneración y el momento en que comienzan las siguientes cortas de regeneración. El objetivo principal de realizar estos tratamientos es mejorar el vigor con el que se desarrolla la masa para así asegurar su persistencia frente a la acción de agentes externos (bióticos o abióticos) y a la vez incrementar la producción en cantidad y/o calidad. Existe una gran variedad de tratamientos parciales (laboreos, fertilizaciones, desbroces, escardas, podas, etc.), todos ellos con una función y un objetivo específico, siendo uno de los más efectivos y frecuentes las cortas parciales de mejora o claras.

Las claras son cortas de parte de los pies de una masa regular en su estado de latizal y fustal. Pretenden reducir la competencia dentro de la masa, regular su composición específica y anticipar parte de la producción de madera procurando que la producción acumulada al final del turno sea máxima (SERRADA et al., 2008). Se observa por tanto un carácter tanto selvícola como económico.

En cuanto a los destinos de la madera extraída, el que en las claras sobre masas de coníferas en España es la llamada “madera de industria”, normalmente de pequeña dimensión, que irá a parar a fábricas que utilizan como materia prima la madera desintegrada, industrias dedicadas a la fabricación de pasta de papel e industrias dedicadas a la fabricación de tableros de fibras o partículas. Otros destinos comunes son los palés, las leñas y los postes. En ocasiones, las segundas claras y las primeras claras “tardías” generan ciertas cantidades de producto que pueden ser destinados a madera de sierra, que aunque requieren una clasificación eficaz de la madera extraída, son el destino más atractivo de las cortas de mejora y suelen ser las responsables la autofinanciación de estas cortas.

La superficie de plantaciones de coníferas sobre montes públicos o consorciados en España entre 1940 y 1993 fue de $2937 \cdot 10^3$ ha, y la superficie forestada en tierras agrícolas marginales con financiación de la Política Agrícola Común entre 1994 y 2008 fue de $657 \cdot 10^3$ ha (incluyendo también frondosas), de acuerdo con VALBUENA-CARABAÑA et al. (2010). En este último periodo, de acuerdo con las estadísticas oficiales – donde no constan los datos de 2003 y 2004 –, las plantaciones adicionales sin financiación europea supusieron $746 \cdot 10^3$ ha forestadas y $173 \cdot 10^3$ reforestadas, estas últimas incluyendo con frecuencia zonas afectadas por incendios forestales.

Si se suman las plantaciones, bastante comunes hasta épocas recientes, de *Pinus pinaster* y *Pinus radiata* en montes particulares, aproximadamente cinco millones de hectáreas de superficie forestal española se estima cubierta por repoblaciones de coníferas. Aunque una proporción considerable de las plantaciones públicas tienen un carácter protector y una gestión de muy baja intensidad, no cabe duda que hay un gran potencial de producción en estas masas forestales, en muchos casos a través de la práctica de las correspondientes claras. Estos tratamientos se han producido de una forma muy retrasada con respecto a las prescripciones selvícolas, por razones económicas (al elevado coste de las operaciones se une el valor relativamente bajo de los productos, especialmente en las primeras claras).

La rentabilidad de las claras ha mejorado gracias al aumento del grado de mecanización del sector forestal en nuestro país, pero aun así la ejecución de estos tratamientos se encuentra lejos de cumplir los objetivos que se plantean las administraciones, aunque desde mediados de los años 90 del siglo pasado se ha incrementado notablemente la ejecución de claras sobre plantaciones – y, en menor medida, masas naturales - de coníferas.

El presente trabajo pretende analizar cualitativamente la evolución reciente de esta situación en cuanto a tendencias técnicas y de mercado en lo relativo a la ejecución de los mencionados tratamientos de mejora.

2. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es analizar la evolución de los precios de adjudicación de lotes de madera de coníferas procedentes de primeras y segundas claras a partir de 86 aprovechamientos realizados en Castilla y León entre 1996 y 2016, y así obtener un modelo estadístico que relacione dichos precios con las variables de las que dependen.

Se pretende analizar también la relación de los precios “en pie” medios actualizados con precios de referencia en el mercado internacional.

Paralelamente se estudiará cómo ha afectado el proceso de mecanización en los aprovechamientos locales durante el periodo antes mencionado y cómo ha evolucionado el volumen unitario extraído, el peso de las claras y el destino de la madera en ese periodo.

3. Metodología

Se ha partido de 86 claras realizadas sobre masas de coníferas en Castilla y León entre 1986 y 2016, estudiadas por grupos de estudiantes de las Escuelas de Ingenieros de Montes, Forestales y del nuevo Grado de Ingeniería Forestal y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid. Los datos de los trabajos académicos se han homogeneizado e introducido en una base de datos para permitir su análisis estadístico, para el que se ha utilizado el programa STATGRAPHICS Centurion XVII.I®. Algunas gráficas han sido diseñadas por el programa Microsoft Excel 2016®.

En relación con el objetivo de elaborar un modelo de precios de adjudicación “en pie” (en € constantes de 2016 por metro cúbico con corteza), las posibles variables independientes con mayor cantidad de datos utilizables en el modelo de precio de adjudicación eran el volumen unitario (m^3/pie) y el volumen ofertado en el lote (m^3). Mediante el uso de variables *dummy*, se estudió si factores cualitativos como la especie principal del aprovechamiento, el tipo de clara (primera o segunda clara) y el sistema del aprovechamiento (madera corta o fuste entero) serían de utilidad en el modelo. También se incluyó entre estos factores el grado de mecanización del apeo y procesado, entendiéndose como “total” si sólo se usó maquinaria pesada (procesadoras o cosechadoras) durante estas operaciones, “parcial” si se combinó el uso de dicha maquinaria con motosierras y “nula”, si sólo se usó motosierra.

Estas variables fueron estudiadas mediante técnicas de regresión lineal múltiple probando ajustes de Mínimos Cuadrados Ordinarios, selección paso a paso hacia delante y selección paso a paso hacia atrás. Las que mejoraban el modelo eran incluidas, y las que no, rechazadas. Finalmente se utilizó un modelo de regresión no lineal para obtener los estadísticos (R^2 , valor absoluto medio de los residuos) con respecto a las variables originales.

También se ha comparado la evolución de los precios de adjudicación por intervalos de volumen unitario con diferentes índices de mercado internacional disponibles en la base de datos de UNECE/FAO (2016).

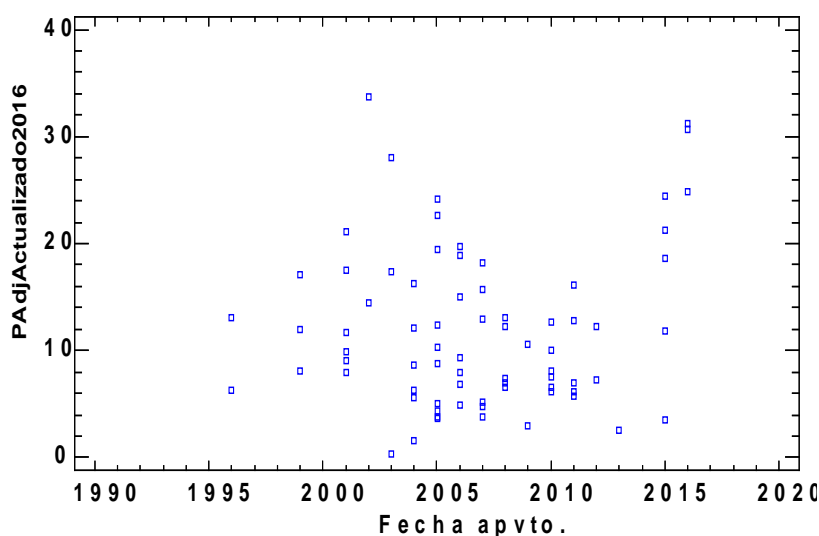
Por último se ha evaluado la evolución de la tipología de estas claras y de su proceso de mecanización durante el periodo estudiado mediante técnicas de Análisis de Varianza (ADEVAs) de las variables precio de adjudicación, grado de mecanización y volumen unitario para sucesivos subperiodos. Para ello, el periodo de 1996 a 2016 se dividió en 5 subperiodos de 4 años cada uno, excepto el último, de 5 años (primer subperiodo: 1996 – 1999; segundo: 2000 – 2003; tercero: 2004 – 2007; cuarto: 2008 – 2011; quinto: 2012 – 2016).

4. Resultados

De los 86 casos estudiados, sólo en 79 se dispone del precio de adjudicación unitario correspondiente, que se ha actualizado a euros corrientes de 2016, con un valor medio de 11,89 €/m³ y valores entre 0,27 y 33,73 €/m³, con un elevado coeficiente de variación del 61%. La distribución de estos datos a lo largo del periodo de estudio figura a continuación (Figura 1).

Figura 1. Distribución de los aprovechamientos de los que se dispone precio de adjudicación a lo largo del periodo estudiado.

Gráfico de PAdjActualizado2016 vs Fecha



Los datos estadísticos de las variables cuantitativas independientes y las frecuencias de los datos de los factores considerados como de posible influencia en el precio de adjudicación aparecen a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Valores medios, mínimos, máximos y coeficientes de variación de las variables independientes y distribución de los valores y frecuencias de los posibles factores cualitativos a incluir en el modelo.

Variable independiente	Valor medio	Mínimo	Máximo	Coeficiente de variación
Volumen unitario (m3/pie)	0,206	0,02	0,569	60%
Volumen ofertado (m3)	3050,1	276	9929	64%
Factor	Valor	Número	Frecuencia (%)	
Especie	Pinus sylvestris	50	58	
	Pinus pinaster	27	31	
	Pinus nigra	8	9	
	Pinus halepensis	1	1	
Tipo de clara	Primera clara	63	75	
	Segunda clara	20	23	
Sistema de aprovechamiento	Madera corta	58	67	
	Fuste entero	21	24	
	Madera clasificada	7	8	
Grado de mecanización del	Total	38	44	

apeo y procesado	Parcial	16	19
	Nulo	32	37

Se analizó la correlación del precio constante de adjudicación ($Y = \text{€/m}^3$) con las variables descritas para todo el conjunto de datos, obteniendo en general resultados de correlación débiles. El mejor resultado se encontró con $X = \text{volumen unitario (m}^3/\text{pie)} > 0,12 \text{ m}^3$, obteniendo la siguiente ecuación de regresión:

$$Y = 6,14 + 80,45 \cdot X^2$$

con $R^2 = 0,46$.

Se realizaron además varios ADEVAs para conocer la significación de los factores cualitativos sobre el precio de adjudicación. No se encontraron diferencias significativas entre especies (Tabla 2).

Tabla 2. ADEVA para Precio de adjudicación por Especie.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	150,609	3	50,203	0,90	0,4473
Intra grupos	3918,98	70	55,9854		
Total (Corr.)	4069,59	73			

Por el contrario, sí se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de clara y el sistema de aprovechamiento. Para el factor tipo de clara, se encontraron diferencias entre primeras y segundas claras (Tabla 3). La media de los precios de adjudicación de los aprovechamientos de primeras claras es de $10,65 \text{ €/m}^3$ mientras que en segundas claras es de $16,55 \text{ €/m}^3$.

Tabla 3. ADEVA para Precio de adjudicación por Tipo de clara.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	450,136	2	225,068	4,32	0,0170
Intra grupos	3593,0	69	52,0724		
Total (Corr.)	4043,13	71			

El ADEVA del factor sistema de aprovechamientos halló diferencias significativas entre los sistemas de madera corta y fuste entero, y no lo hizo con el sistema madera clasificada en comparación a los anteriores (Tabla 4). La media de los precios de adjudicación en los aprovechamientos realizados por el sistema de madera corta es de $10,37 \text{ €/m}^3$, en sistema de fuste entero es de $16,48 \text{ €/m}^3$ y en madera clasificada de $15,26 \text{ €/m}^3$.

Tabla 4. ADEVA para Precio de adjudicación por Sistema de aprovechamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	496,8	2	248,4	4,94	0,0098
Intra grupos	3572,79	71	50,3209		
Total (Corr.)	4069,59	73			

No se hallaron diferencias significativas en el ADEVA del grado de mecanización entre las clases "Total" y "Nula", con respectivos valores promedio del precio de adjudicación de 9,90 €/m³ y 14,62 €/m³. Es necesario advertir que el Valor-P del análisis es muy próximo al límite de significación, así que podría interpretarse que sí existe cierta relación entre dicho factor y el precio de adjudicación con un grado de significación inferior, pero muy cercano, al 95% (Tabla 5).

Tabla 5. ADEVA para Precio de adjudicación por Grado de mecanización del apeo y procesado.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	328,587	2	164,294	3,12	0,0504
Intra grupos	3741,0	71	52,6901		
Total (Corr.)	4069,59	73			

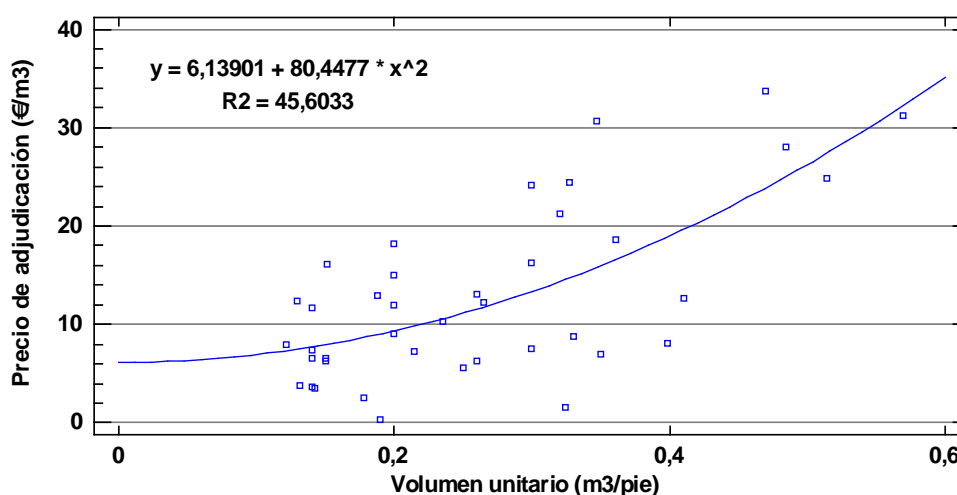
Se incorporaron los factores tipo de clara, sistema de aprovechamiento y grado de mecanización en el modelo de regresión mediante variables *dummy*, pero ninguno de ellos mejoró la ecuación antes propuesta, quedando así la siguiente expresión, válida para volúmenes superiores a 0,12 m³:

$$\text{Precio de adjudicación (€/m}^3\text{)} = 6,14 + 80,45 \cdot (\text{Volumen unitario(m}^3\text{/pie)})^2$$

con R² = 0,46 y valor absoluto medio de los residuos de 5,03 €/m³.

La representación gráfica del modelo ajustado se presenta a continuación (Figura 2).

Figura 2. Precio de adjudicación actualizado de madera de coníferas procedente de claras en Castilla y León entre 1996 y 1999 frente al volumen unitario medio para valores > 0,12 m³/pie.



Para la comparación de los precios de adjudicación obtenidos de los aprovechamientos con los precios de mercado internacional se ha dividido el marco de estudio en dos, atendiendo al valor del volumen unitario medio en función del tamaño y dada su relación con el destino industrial de la madera; así, para volúmenes unitarios inferiores a 0,2 m³/pie se ha supuesto que el destino principal serán los tableros de partículas o la pasta de papel, mientras que para volúmenes unitarios iguales o superiores a dicho valor se ha supuesto que el destino principal sería la sierra de envase o embalaje

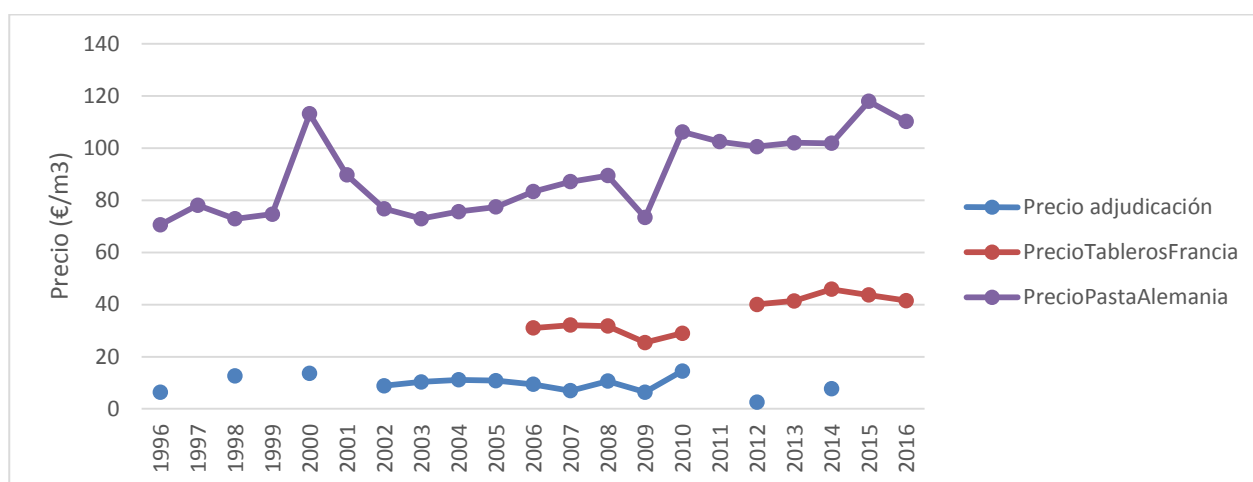
(en nuestro país, con producto más común el palé), destino también conocido como cánter. Los datos obtenidos de UNECE/FAO (2016) provienen de dos fuentes distintas, una base de datos de series de precios actuales y otra base de datos de precios históricos de comercio, y los aquí mostrados son exclusivamente de madera de coníferas.

- $V_u < 0,2 \text{ m}^3/\text{pie}$:

De los casos estudiados, se han seleccionado aquellos aprovechamientos que tuvieran un volumen unitario medio inferior a $0,2 \text{ m}^3/\text{pie}$, obteniendo así 40 casos repartidos entre 1996 y 2016. Se ha calculado la media de los precios de adjudicación actualizados disponibles ($\text{€}/\text{m}^3$) para dicho intervalo de volumen unitario y los resultados obtenidos se han comparado con los precios anuales disponibles ($\text{€}/\text{m}^3$) de la industria del tablero en Francia y la industria de la pasta en Alemania.

El resultado de esta comparación se refleja en el siguiente gráfico (Figura 3), en que se pone de manifiesto el paralelismo entre los valores medios de precios de adjudicación en pie y los precios de referencia en el mercado internacional.

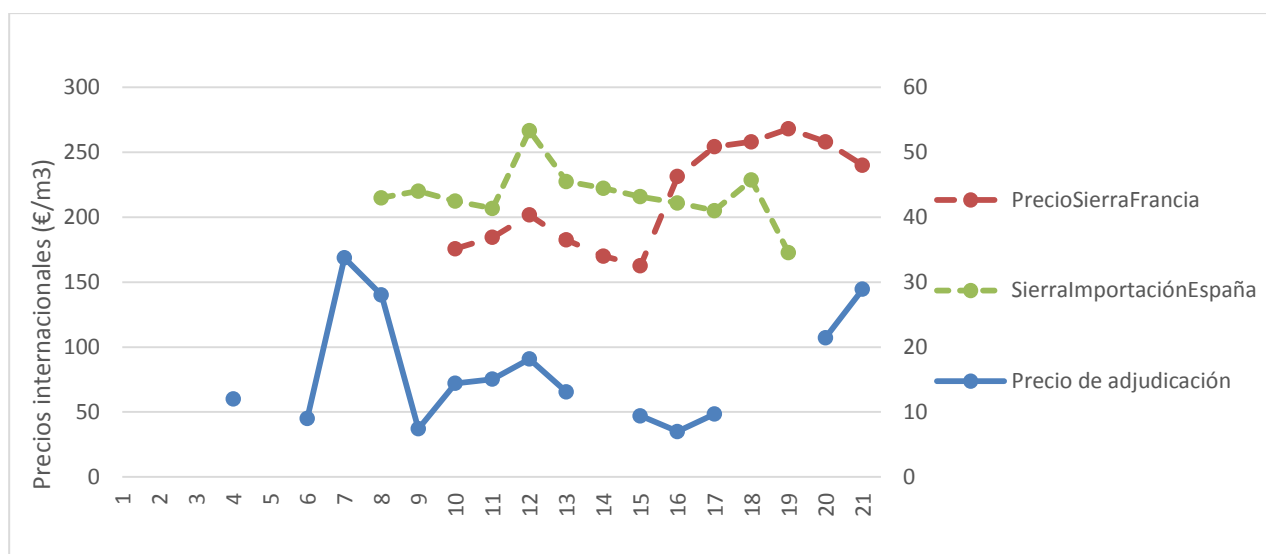
Figura 3. Comparación de precios de adjudicación para volúmenes unitarios $< 0,2 \text{ m}^3/\text{pie}$ con el mercado internacional.



- $V_u \geq 0,2 \text{ m}^3/\text{pie}$:

Esta vez se han buscado los aprovechamientos con volumen unitario medio superior o igual a $0,2 \text{ m}^3/\text{pie}$, y se han obtenido 31 aprovechamientos repartidos entre 1996 y 2016. Se ha procedido de la misma manera que en el caso anterior, y los resultados obtenidos se han comparado con los precios anuales disponibles ($\text{€}/\text{m}^3$) de la industria del aserrado en Francia y con los precios de importación en España de madera de coníferas (Figura 4). Se observa un paralelismo menos acusado, con algunos puntos de discordancia en las tendencias de las series.

Figura 4. Comparación de precios de adjudicación para volúmenes unitarios $\geq 0,2 \text{ m}^3/\text{pie}$ con el mercado internacional.



Se ha estudiado la importancia del proceso de mecanización ocurrido entre 1996 y 2016 mediante distintos ADEVAs. Se han analizado como variables *dummy* los factores antes descritos para realizar los análisis de varianza de la mecanización. Así, los factores “mectot” (grado de mecanización) y “tc” (tipo de clara) tendrán valores de 1 y 0 en los que el 1 significa “grado de mecanización total en el apeo y procesado” y “primera clara”, respectivamente, y 0 significará lo contrario, es decir, “grado de mecanización nula o parcial en el apeo y procesado” y “segunda clara”. También se ha dividido el periodo estudiado en 5 subperiodos y se ha utilizado en uno de los ADEVAs para analizar la evolución de la mecanización a lo largo del tiempo.

Como se ha señalado, estadísticamente el grado de mecanización presente en los aprovechamientos estudiados no parece tener influencia en el precio de adjudicación, pero esto sucede muy cerca del límite de probabilidad fiducial del 95%. En este caso, el ADEVA del precio de adjudicación actualizado con respecto a la mecanización total del apeo y procesado (mectot) sí ofrece significación entre ambas variables, aunque de nuevo ocurre muy cerca del límite (Tabla 6). El valor medio del precio de adjudicación cuando hay mecanización total es de 10,21 €/m³, mientras que si no la hay es de 14,23 €/m³.

Tabla 6. ADEVA para Precio de adjudicación por mecanización total (mectot).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	238,157	1	238,157	4,10	0,0475
Intra grupos	3428,44	59	58,1092		
Total (Corr.)	3666,6	60			

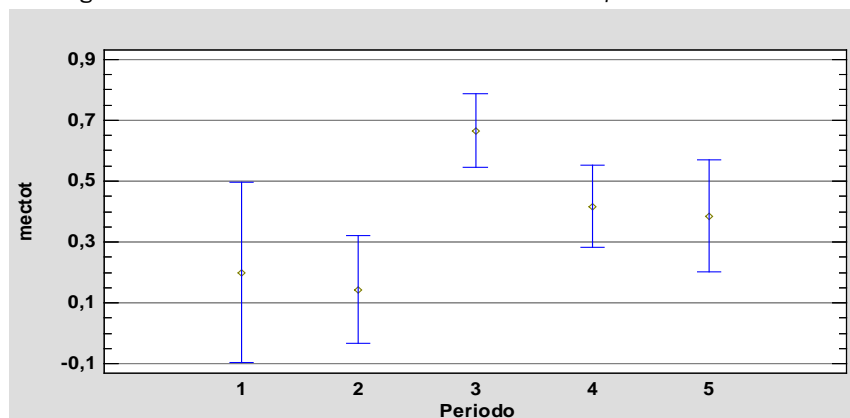
El volumen unitario (m³/pie) sí se ve claramente relacionado con la mecanización del aprovechamiento, reflejándose esto en las medias de sus valores: cuando el apeo y procesado es mecanizado, el volumen unitario medio es de 0,164 m³/pie, mientras que cuando no lo es su valor medio es de 0,237 m³/pie (Tabla 7).

Tabla 7. ADEVA para volumen unitario (m^3 /pie) por mecanización total (mectot).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0911289	1	0,0911289	6,10	0,0160
Intra grupos	1,0302	69	0,0149304		
Total (Corr.)	1,12133	70			

Por último, se ha realizado un ADEVA de la mecanización total del apeo y procesado (mectot) por el periodo de tiempo. Se observa en la siguiente figura (Figura 5) la significación en el paso del primer y segundo periodos al tercero, apreciándose un descenso posterior aun sin significación estadística.

Figura 5. Análisis de la mecanización en los distintos periodos de estudio.



5. Discusión

La dependencia de los precios de adjudicación y los volúmenes unitarios proviene del carácter de los precios en pie como precios residuales, relacionados con el precio en fábrica del producto final, que aumenta según lo hace su volumen unitario, especialmente cuando la madera empieza a utilizarse – aunque sea en parte - en industrias distintas de las de trituración.

No obstante, el coeficiente de determinación de la relación entre estas dos variables no es muy alto, dadas otras influencias de otros factores que no han podido analizarse, por la calidad de los datos. Los más relevantes serían los costes de aprovechamiento y transporte, relacionados con las condiciones de los montes (red viaria, tamaño del lote, distancia a las fábricas de consumo, condiciones fisiográficas) y la influencia del mercado internacional, que condiciona de modo creciente en las últimas décadas el precio de los productos en fábrica, por el proceso de interdependencia creciente de los mercados (globalización).

De hecho, de la comparación de los precios de adjudicación actualizados ($\text{€}/m^3$) con los precios de mercado internacional para volúmenes unitarios inferiores a $0,2 m^3$ /pie, se observa cómo España sigue las tendencias de sus vecinos europeos Francia y Alemania. Se aprecia una bajada de los precios en el año 2009 debido a la crisis económica, pero en los años posteriores el sector se ha recuperado y mantenido en los niveles habituales (GONZÁLEZ LINARES, V. y VIGNOTE PEÑA, S., 2015).

Para volúmenes iguales o superiores a $0,2 m^3$ /pie resulta más complicado distinguir tendencias por la diferencia de precios, pero se aprecia un pequeño pico de mejora a principios de siglo además del mismo descenso en los años 2008 y 2009. El mercado del aserrado en España fue

de los más perjudicados por su fuerte relación con el sector de la construcción (GONZÁLEZ LINARES, V. y VIGNOTE PEÑA, S., 2015), de ahí la notable disparidad que se aprecia en el gráfico.

Esta relación aconsejaría ampliar el estudio, tratando de establecer una relación entre los precios de adjudicación y uno o varios índices de referencia del mercado internacional, además del volumen unitario como variable explicativa de más significación. El modelo de precios de adjudicación sería de utilidad práctica para los gestores forestales si incluyera un parámetro de condiciones de los montes en cuanto a costes de aprovechamiento y transporte, y continuando iniciativas muy valiosas truncadas por las dificultades presupuestarias, como los boletines del mercado de la madera de Castilla y León (PICARDO y MARINAS, 2008) o los estudios de COSE (2015).

La influencia de la mecanización en las operaciones de apeo y procesado arroja, con una significación cercana a los límites fiduciales, precios actualizados medios en torno a 10 €/m³ si la mecanización era total y en torno a 14 €/m³ si era nula. Este hecho se debe relacionar con el vínculo entre el volumen unitario (m³/pie) y la preferencia del adjudicatario a utilizar maquinaria pesada u operarios. Así, se utilizaría maquinaria en aprovechamientos de madera de escaso valor, lo que le permitiría reducir costes y aumentar los rendimientos en cortas de poca compensación económica, y operarios con motosierra en las cortas de mayor valor ya que éstas se relacionan con el sistema de aprovechamiento de fustes enteros, que se viene mecanizando con menos frecuencia en España (TOLOSANA et al., 2014).

Por ello también se advierten diferencias significativas de precio de adjudicación entre primeras y segundas claras, debidas a la mencionada relación entre el volumen del árbol y el valor de la madera. La madera procedente de primeras claras suele ser utilizada para la fabricación de tableros o pasta para papel por su escaso diámetro, mientras que la que se obtiene de segundas claras opta a destinos más valiosos como el cánter o postes y apeas. La media de los volúmenes unitarios (m³/pie) estudiados de primeras claras es de 0,162 m³/pie, y la de los volúmenes procedentes de segundas claras es de 0,319 m³/pie.

Una relación similar a la del tipo de clara se deduce de la influencia del sistema de aprovechamiento en el precio de adjudicación. El sistema de madera corta se utiliza más comúnmente en aquellos lotes destinados a la trituración, y por tanto es entendible que tendrá asociado un precio de adjudicación más bajo que el sistema de fuste entero. Los resultados obtenidos para el sistema de madera clasificada no se consideran relevantes por el reducido número de casos estudiados (5 casos).

El hecho de que se aprecie una mayor proporción de segundas claras con el transcurso del tiempo (tendencia lógica, dado el origen de la mayoría de las masas estudiadas) está relacionado con la influencia del volumen unitario en el grado de mecanización y parece confirmar las preferencias explicadas anteriormente del adjudicatario a la hora de elegir maquinaria pesada u operario con motosierra para realizar las cortas de mayor volumen. Se aprecia un claro aumento de la mecanización del apeo y procesado en los aprovechamientos entre los periodos 2 (años 2000 a 2003) y 3 (años 2004 a 2007) que podría deberse a la inversión de los maderistas españoles en maquinaria pesada tras el periodo de bonanza económica ocurrido durante los primeros años de siglo. Si no hay diferencias en el grado de mecanización en periodos posteriores al periodo 3 – e incluso se detecta una tendencia decreciente -, podría ser debida a la crisis económica en la que los propietarios están aún amortizando la maquinaria recién adquirida, y al hecho de que las segundas

claras producen madera cada vez de mayor volumen y resulta menos interesante su apeo y elaboración completamente mecanizados.

6. Conclusiones

Se ha ajustado una ecuación de regresión que pretende explicar los precios “en pie” de adjudicación actualizados en subastas de lotes de madera de coníferas procedentes de cortas de mejora (primeras y segundas claras) a partir de más de 80 aprovechamientos reales que tuvieron lugar en Castilla y León durante el periodo 1996 – 2016.

Se trata de un modelo no lineal basado en una relación directa del precio de adjudicación “en pie” actualizado a € de 2016 para pies de más de 0,12 m³ con el volumen unitario (m³/pie), tomando forma en la ecuación:

$$\text{Precio de adjudicación (€/m}^3\text{)} = 6,14 + 80,45 \cdot (\text{Volumen unitario(m}^3\text{/pie)})^2$$

con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,46$ y valor absoluto medio de los residuos de 5,03. No se han incluido en el modelo las variables especie del aprovechamiento y grado de mecanización del apeo y procesado por no ser estadísticamente significativas. Las variables volumen ofertado en el lote (m³), tipo de clara y sistema del aprovechamiento, pese a ser estadísticamente significativas en los correspondientes análisis de varianza, no se han incluido en el modelo debido que reducían el coeficiente de determinación.

En el futuro sería interesante aumentar el número de casos del estudio para así disponer de una base de datos más amplia y homogénea que permita realizar modelos más completos y que acepten un mayor número de variables explicativas, como confirma la relación observada entre los precios medios y los precios del mercado internacional, para los tramos de volumen unitario que se relacionan con diferentes destinos industriales de la madera (volúmenes unitarios mayores o iguales a 0,2 m³ con precios de madera de sierra y volúmenes inferiores con precios de productos de las industrias de trituración). El modelo se debería completar, para poder utilizarse como una herramienta de gestión, con alguna variable que reflejara las condiciones de cada monte en cuanto a sus costes de aprovechamiento y transporte.

Se observa que el mercado español de madera procedente de cortas de mejora sigue recuperándose de la crisis económica sufrida, particularmente en el sector del aserrado. También se ha detectado a principios de siglo un aumento de mecanización en las operaciones de apeo y procesado del sector, que en la actualidad está pasando por un momento de estabilización, lo que se podría explicar parcialmente por el predominio creciente de segundas o ulteriores claras que se asocian con productos de mayor volumen y valor y con sistemas de aprovechamiento menos adecuados a la mecanización total, como el de fustes enteros.

7. Agradecimientos

Agradecemos a los estudiantes de último curso de Ingeniería de Montes, Ingeniería Técnica Forestal e Ingeniería Forestal y del Medio Natural el esfuerzo realizado durante su proceso de formación, para recabar los datos que se han utilizado en el presente trabajo.

8. Bibliografía

COSE, 2015: Observatorio de Precios de los Productos Forestales. (actualizado en septiembre de 2015), en: http://selvicultor.net/redfor/wp-content/uploads/Observatorio-de-precios-Completo_Sep-2015_Final.pdf.

GONZÁLEZ LINARES, V. y VIGNOTE PEÑA, S.; 2015. Forests Products Market in Spain 2015: Situation and Projection. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en http://oa.upm.es/38185/1/Situacion_Mercado_2015.pdf.

PICARDO NIETO, A. y MARINAS BENAVIDES, M^a. E.; 2008. Boletín Comercial de Productos Forestales de Castilla y León. Octubre 2008. Junta de Castilla y León. Gobierno de España.

SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE KILCHENMANN, J.A.; 2008. Compendio de selvicultura aplicada en España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Madrid.

TOLOSANA, E.,; AMBROSIO, Y.; GONZÁLEZ, V.; LAINA, R.; MARTÍNEZ, I., VIGNOTE, S.; 2014. Apeo de árboles con cosechadora. Ed. Paraninfo.124 pág. Madrid.

UNECE-FAO; 2016. Base de datos de series de precios actuales (Database Current Prices Series). Disponible en <http://www.unece.org/forests/output/prices.html> y de precios históricos de comercio (TIMBER Database Historical Prices). Disponible en <http://www.unece.org/forests/output/prices.html>

VALBUENA-CARABAÑA, M.; LÓPEZ DE HEREDIA, U.; FUENTES-UTRILLAS, P.; GONZÁLEZ-DONCEL, I.; GIL, L.; 2010. Historical and recent changes in the Spanish forests: A socio-economic process. Rev Palaeobot Palyno 162 (3): 492–506.