



2022
Lleida

27·1
junio · juny
julio · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022
ISBN 978-84-941695-6-4
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Análisis de los precios de madera en pie a partir de series de subastas gallegas entre 2011 y 2017

PASAMAR ESCUDERO, A.¹ y TOLOSANA ESTEBAN, E.¹

¹ E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid. José Antonio Novais, 10. 28040 Madrid. Eduardo.tolosana@upm.es.

Resumen

En este estudio se han analizado 1.183 subastas de madera en pie en Galicia entre los años 2011 y 2017, publicadas por la Xunta de Galicia. Se han desarrollado series de precios medios anuales actualizados de eucalipto, coníferas para trituración, sierra de envases y construcción y sierra gruesa. Se identificaron y cuantificaron los factores que afectan a estos precios. Se analizaron cuatro muestras con criterios de especie, presencia de daños, tipo de corta y localización. Tres de ellas se analizaron con SIG añadiendo factores como pendiente, distancias a pistas y distancia o tiempo a fábrica. Los análisis de la varianza y modelos de regresión múltiple ajustados entre los precios y los factores analizaron coeficientes de determinación entre 37% y 54% y errores absolutos medios entre 3,1 y 5,3 €/m³. Los factores predictores del precio de la madera en pie han sido presencia de daños, tipo de corta, pendiente, distancia o tiempo a fábrica, volumen unitario, porcentaje de sierra y distancia a pistas (algunos de ellos solo en algunos de los casos).

Palabras clave

Factores condicionantes, precio de adjudicación, eucalipto, pino, Galicia.

1. Introducción.

Se ha escogido Galicia por su gran producción forestal y la buena calidad de información sobre subastas publicada por la Xunta. Se pretende identificar los factores que afectan al precio de la madera en pie analizando los datos del periodo 2011-2017.

El precio de la madera en pie se considera un valor residual entre el precio de la madera en fábrica y los costes de suministro. El de la madera en fábrica está condicionado por el valor de los productos finales en el mercado internacional. El de la madera en pie aumentará cuanto mayor valor alcancen los productos y cuanto menores sean los costes de aprovechamiento y transporte (Tolosana *et al.*, 2004).

La revisión de Klepacka *et al.* (2017) identifica varios factores condicionantes, entre ellos se han seleccionado los siguientes:

1.1. Demanda mundial y nacional de productos forestales

Adams (2002), Zhang *et al.* (2011), Sendak y McEvoy (2013), Parajuli y Change (2015), la identifican como relevante, incluido el comercio internacional de sus productos (Huhtala *et al.*, 2003; Malaty *et al.*, 2007) de un modo diferenciado según su destino (Zhou y Buongiorno, 2005; Hetemäki *et al.*, 2004).

1.2. Calidad de la madera

El volumen unitario afecta positivamente al precio (Huebschmann *et al.*, 2004), así como la calidad tecnológica para determinados destinos (Sydor y Mendell, 2008; Duval *et al.*, 2014) y la composición específica (Huebschmann *et al.*, 2004; Kilgore y Blinn, 2005; Leefers y PotterWitter, 2006; Kolis *et al.*, 2014). También influye el tipo de corta (Kolis *et al.*, 2014). Mayores volúmenes totales por unidad de área incrementan el precio (Leefers y Potter-Witter, 2006; Brown *et al.*, 2012).

Según la calidad de estación y la selvicultura, la masa alcanzará distintas calidades, lo que también condicionará los precios (Wagner y Sendak, 2005). Los daños producidos por incendios, tormentas y otros agentes los reducen (Niquidet y Van Kooten, 2006; Kolis *et al.* 2014,).

1.3. Tamaño del lote

Superficies de venta mayores aumentan los precios en pie, al reducirse costes fijos como el transporte de la maquinaria (Sydor y Mendell, 2008; Russell *et al.*, 2017). Pero un gran aumento de la superficie puede reducir la competencia, bajando el precio (Brown *et al.* 2012; Russell *et al.*, 2017).

1.4. Operatividad y accesibilidad

Ambas dependen de la escabrosidad, la pendiente y la humedad. Las condiciones meteorológicas esperadas (lluvia, nieve, etc.) se suelen considerar en la adquisición de madera por las limitaciones operacionales en suelos mojados (Klepacka *et al.*, 2017; Brown *et al.*, 2012).

El momento de venta de la madera y el plazo del aprovechamiento influyen en los precios por las restricciones de operatividad y competencia (Sydor y Mendell, 2008; Kolis *et al.*, 2014).

La distancia a fábrica y la red de pistas o las condiciones para su construcción y uso afectan al precio en pie, que sube si se reducen los costes de transporte a fábrica (Malaty *et al.*, 2007; Brown *et al.*, 2012). El efecto depende del producto aprovechado (Kolis *et al.*, 2014) y es difícil de cuantificar cuando la madera tiene varios destinos (Leefers y PottersWitter, 2006).

2. Objetivos

- Analizar la evolución reciente de los precios medios de la madera en pie de Galicia separando los principales productos y dimensiones, comparándolos con índices de precios.
- Identificar los principales factores que afectan al precio de la madera en pie para cada tipo de madera.
- Elaborar modelos de regresión cuantificando la dependencia de los factores de lote en los precios unitarios actualizados de la madera en pie para los diferentes tipos de madera.

3. Metodología

Este estudio se basa en las subastas de madera en pie publicadas por la Xunta de Galicia, que están divididas en lotes (32 por subasta como media). La información de cada uno se publica en la página web sobre *poxas*¹. Se publican cinco documentos por cada lote:

- Pliego de condiciones técnico-administrativas.
- Hoja de cálculo con un cuadro resumen.
- Inventario realizado por técnicos de la Administración.
- Plano de ubicación, casi siempre el polígono del lote se representa sobre ortofoto.
- Presentadas las ofertas y cumplidos los plazos, se publica la apertura de plicas, una hoja de cálculo con las ofertas presentadas en cada lote y sus pujadores.

¹ <https://mediorural.xunta.gal/gl/temas/forestal/poxas>

Se analizaron 38 subastas publicadas entre 3/11/2011 y 9/10/2017, comprendiendo 1.183 lotes, unidades muestrales del estudio. 972 fueron adjudicados. Los 206 desiertos y 5 anulados se descartaron para el análisis. Los que salieron a subasta en la modalidad de liquidación final (139) se descartaron también al no tener estadillo ni plano y tener el volumen en toneladas. La muestra se redujo a 854 lotes que constaban del precio unitario de adjudicación (€/m³).

Las especies presentes eran *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus obliqua*, *Pinus radiata*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris*, *Castanea sativa*, *Acacia melanoxylon*, *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus robur*, *Salix* spp. y *Betula* spp o combinaciones de ellos. En la Tabla 1 se representa su distribución y su precio unitario medio. El grupo de categoría mixta está compuesto por eucaliptos y pinos sin una especie dominante (superior al 90%).

Tabla 1. Distribución de especies de lotes adjudicados a riesgo y ventura; volumen total, número de lotes y precio unitario medio.

Categoría/especies	Número de lotes	Pu medio(€/m ³)	Volumen total (m ³)
Eucalipto spp	70	43,90	73.394,88
Mixta	111	33,12	106.695,16
Pinus spp	671	26,83	885.149,31
Otros	2	11,10	1.807,37
Total	854	29,01	1.067.046,72

Se crearon tres submuestras a partir de la general, para reducir la heterogeneidad. Se analizaron por separado el eucalipto y pino marítimo para evitar el factor especie, y se escogieron los lotes de una provincia (Orense) para reducir la influencia de factores administrativos, sociales y diferentes tejidos industriales.

Los grupos muestrales utilizados fueron:

- La Muestra general de 854 lotes.
- Muestra de eucalipto, con 45 lotes.
- Muestra de pino pinaster, de 207 lotes, como especie de pino más abundante y con un número alto de lotes puros.
- Muestra de Orense. Con 181 lotes menos heterogéneos que en otras provincias, casi sin eucalipto y destinados a industrias de sierra pequeñas o medias.

Para homogeneizar la clasificación por destinos (trituration, sierra 2 y sierra 1), se volvió a cubicar 84 estadillos utilizando las tarifas de Diéguez-Aranda *et al.* (2009) con los criterios definidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de clasificación de destino de la madera.

Destino	Descripción	Unidad
Sierra 1°	Volumen de madera > 25 cm de diámetro mínimo para trozas entre 2,1 y 2,5 m	m³
Sierra 2°	Volumen de madera de 15 a 25 cm de diámetro mínimo para trozas entre 2,1 y 2,5 m	m³
Trituración	Volumen de madera de 6 a 15 cm de diámetro mínimo para trozas entre 2,1 y 2,5 m	m³

El procedimiento del estudio se divide en tres etapas y en la Figura 1 se muestra un diagrama de flujo para una mejor comprensión del procedimiento.

1. Una primera donde se genera la muestra, recopilando la información de cada lote en una base de datos.
2. Una segunda donde se generan nuevas variables, en su mayor parte mediante herramientas SIG.
3. Una última donde se analizan las muestras estadísticamente y se obtienen los resultados.

En esta última fase se analizaron las cuatro muestras para determinar qué factores influyen en el precio de la madera, a través de análisis de varianza (ANOVA) multifactoriales. Finalmente, se ajustaron modelos de regresión múltiple en cada muestra. Se han utilizado *ArcGIS 10.3*, *Microsoft Office* y *Statsgraphics v18 Centurion*.

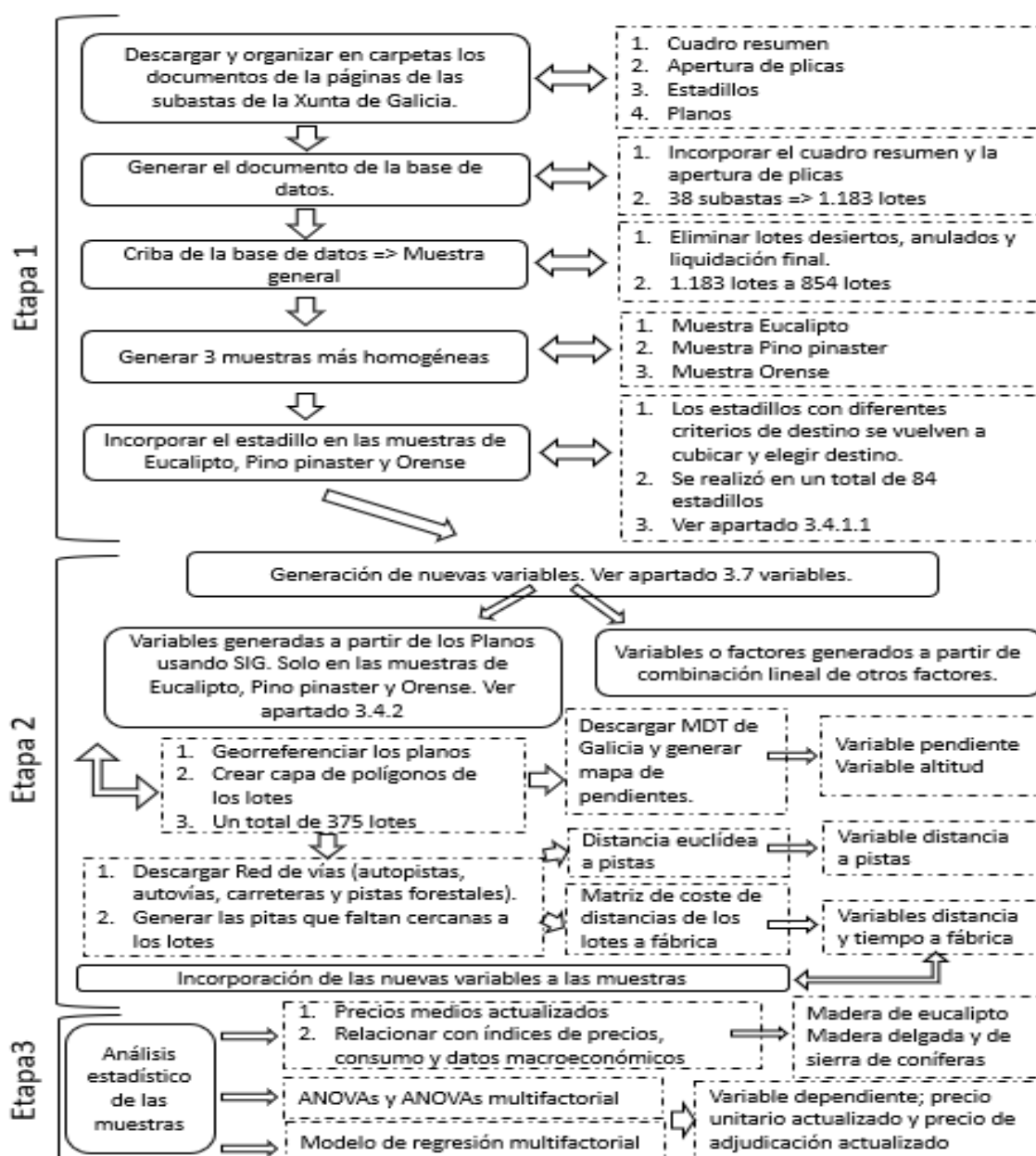


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento del estudio.

4. Resultados

4.1. Análisis de los precios medios de adjudicación actualizados.

El precio medio de la madera en pie actualizado a 2017 para las distintas clases de madera en pie consideradas (Tabla 3), se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3. Clasificación de productos para los precios medios anuales.

Producto	Descripción
Madera de eucalipto	Toda la madera de eucalipto
Madera delgada de coníferas	Madera de coníferas inferior a 0,25 m ³ /pie
Madera de sierra delgada y media de coníferas	Madera de coníferas entre a 0,25 y 1 m ³ /pie
Madera de sierra gruesa de coníferas	Madera de coníferas superior a 1 m ³ /pie

Tabla 4. Resumen de los precios medios de la madera en pie actualizando según los metros cúbicos de cada lote.

Grupo de especies	Coníferas	Coníferas ≤ 0,25 m ³	Coníferas 0,25 < x < 1 m ³	Coníferas ≥ 1 m ³	Fronosas
Especies	<i>Pinus spp.</i>	<i>Pinus spp.</i>	<i>Pinus spp.</i>	<i>Pinus spp.</i>	Eucalipto
Unidad	Euro/m ³	Euro/m ³	Euro/m ³	Euro/m ³	Euro/m ³
Detalles	Madera en pie	Madera en pie menor o igual a 0,25 m ³	Madera en pie entre 0,25 y 1 m ³	Madera en pie mayor o igual a 1 m ³	Madera en pie
2011	28,58	17,89	28,59	29,83	46,82
2012	27,31	19,75	27,40	31,34	50,83
2013	25,04	22,02	23,87	29,10	44,39
2014	25,89	17,68	25,66	30,78	50,34
2015	29,63	26,85	29,40	30,56	43,44
2016	27,34	22,55	26,85	30,42	40,40
2017	26,46	25,43	24,86	30,63	46,97
Precio medio	27,17	21,78	26,58	30,26	46,16

La Figura 2 muestra la evolución de precios medios por años. El eucalipto alcanzó siempre un valor superior al de las coníferas. En el ANOVA simple entre lotes con presencia de eucalipto (1) y lotes sin presencia de eucalipto (0), la diferencia ha resultado significativa al 99,99% (F=172).

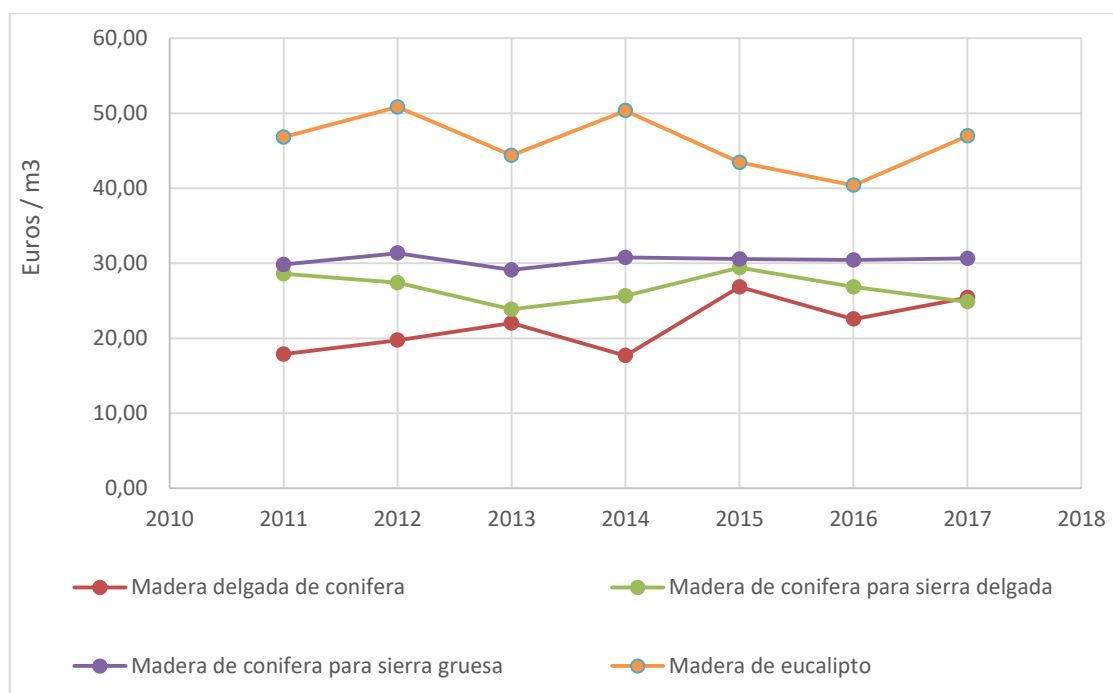


Figura 2. Evolución de los precios medios actualizados ponderados en función de los metros cúbicos de cada lote. Periodo: 2011 - 2017.

4.1.1. Precio de la madera de eucalipto.

Se seleccionaron 58 lotes para analizar el precio de eucalipto, con los siguientes criterios:

1. La corta no fue motivada por daños (plagas, incendios y/o derribos).
2. El 90% del volumen es de eucalipto.

4.1.1.1. Análisis del precio de la madera en pie de eucalipto con índices de mercado.

El precio de la madera de eucalipto se comparó con la producción de pasta de papel en ENCE y el índice de precio europeo de pasta BHKP², como muestra la Figura 3. La subida del BHKP se refleja en el precio de la madera dos años después y en la producción de pasta con un año de retraso. Puede deberse a que la pasta de papel es un producto elaborado obtenido tras un proceso de suministro, transformación y distribución que lleva tiempo, o posiblemente también a una transmisión poco transparente de la información de mercado a los agentes implicados.

² (BHKP) *Bleached hardwood kraft pulp*. Pasta de papel kraft blanqueada de frondosas.

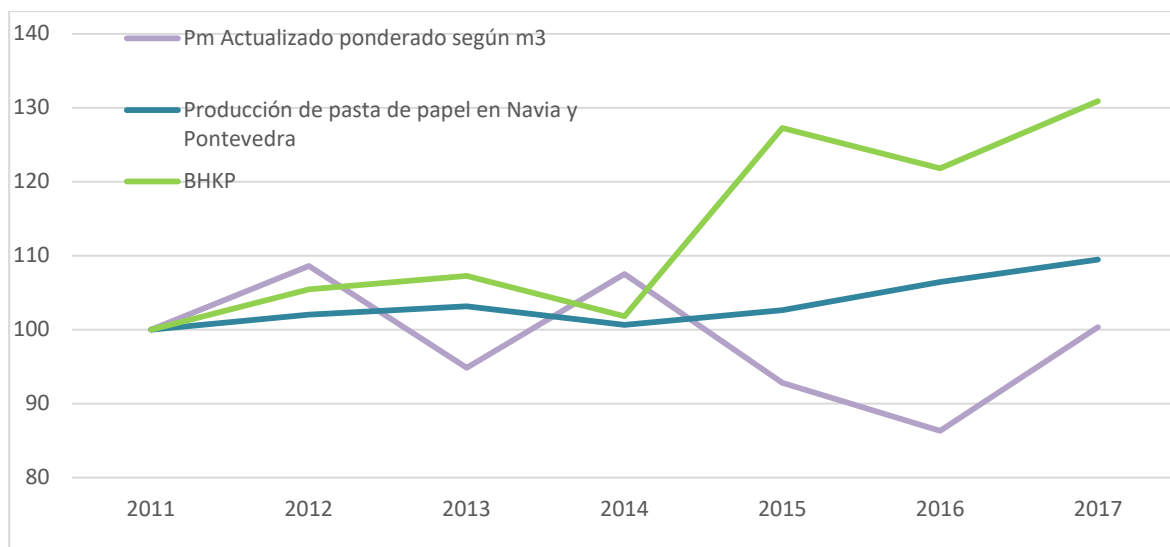


Figura 3. Comparativa de precio medios actualizados de madera en pie Pm, índices de precios europeos de pasta BHKP y producción de papel en ENCE, indexados al año 2011.

4.1.2. Precio de la madera de coníferas.

Se seleccionaron 658 lotes para analizar el precio de la madera en pie de coníferas, con los siguientes criterios:

- a) La corta no fue motivada por daños.
- b) El 90% del volumen era de coníferas.

4.1.2.1. Comparación del precio de la madera en pie de sierra de conífera con otros precios de mercado europeos.

En la Figura 4 se comparan los precios en pie de coníferas para sierra media y el precio de la madera de pino en cargadero en Noruega y Suecia, según UNECE-FAO. El comportamiento es muy similar (la relación con el precio sueco se ajusta a una regresión lineal con $R^2 = 58\%$). La diferencia de precio entre la madera en cargadero y en pie fue de 15 a 20 €/m³.

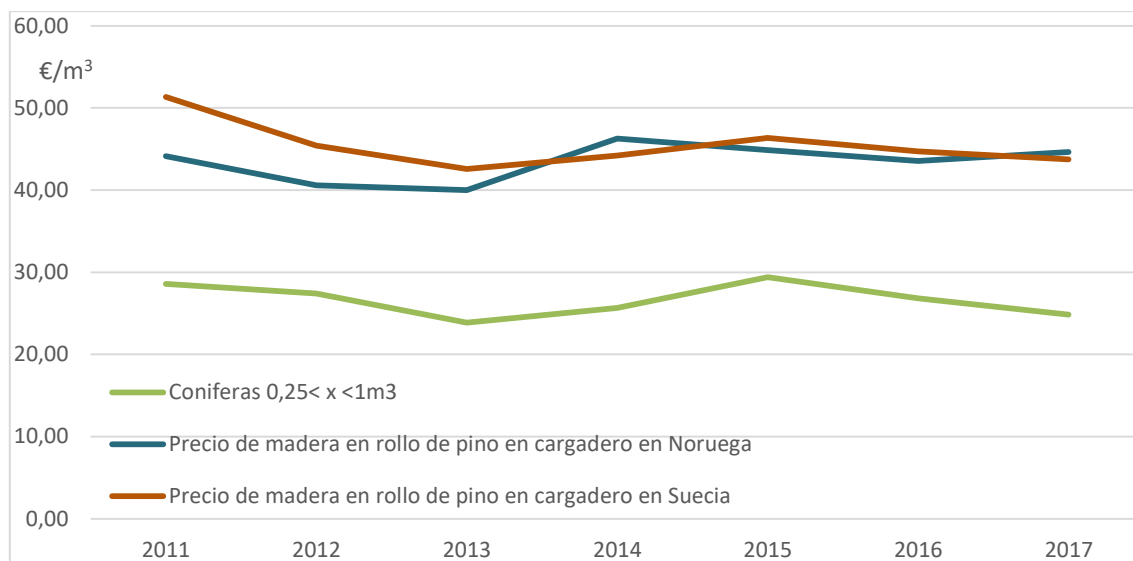


Figura 4. Precios medios actualizados al año 2017 de madera de coníferas de tamaño medio en pie en Galicia y en cargadero en los países nórdicos.

La comparación de los precios en pie de madera gallega para sierra gruesa de coníferas con madera de pino aserrada sueca para exportación y madera aserrada de coníferas alemanas no arrojó una relación clara; tampoco entre el precio de madera delgada de coníferas gallegas y europeas, tal vez por los tamaños muestrales, tanto para madera delgada como gruesa, muy reducidos.

4.2. Análisis de la muestra general

Se compone de 854 lotes, con 2,18 millones de árboles, 1,0 Mm³ y un valor de 29,9 M€. En 65 lotes se realizaron claras y 58 lotes presentaban daños. El volumen unitario medio fue 0,61 m³/pie y el precio medio de adjudicación 29,0 €/m³.

El lote medio se adjudicó por 35.000 €, con superficie de 6,58 ha, densidad de 435 pies/hectárea y plazo de aprovechamiento de 8,1 meses. Son lotes gestionados por la administración forestal, muchos pertenecientes a montes vecinales en mano común; su superficie es notablemente superior a los montes particulares predominantes.

Las especies más aprovechadas son *Pinus radiata*, *Pinus pinaster* y *Eucalyptus globulus*.

4.2.1. ANOVA Multifactorial

Los factores cuantitativos, exceptuando el número de ofertas, se agruparon en rangos. Los factores significativos fueron:

- Volumen unitario. Rangos: “1” para $v \leq 0,25 \text{ m}^3$, “2” para $0,25 < v \leq 0,50$, “3” para $0,50 < v \leq 0,75$, y “4” para $v > 0,75 \text{ m}^3$.
- Clara (variable “dummy”), “1” si se ha realizado una clara, “0” si no.
- Daños (variable “dummy”), “1” si presenta daños, “0” si no.
- Número de ofertas presentadas, entre 1 y 13.
- Presencia de eucalipto (variable “dummy”), “1” si está presente, “0” si no.

En la Tabla 5 se muestra el resultado del ANOVA multifactorial

Tabla 5. Análisis de Varianza para Precio Unitario actualizado a 2017. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Volumen unitario (0,25<0,50<0,75<1)	787,3	3	262,4	3,61	0,0131
B: Clara	1.016,9	1	1.017,0	13,99	0,0002
C: Daños	1.279,0	1	1.279,0	17,59	0,0000
D: Número ofertas	9.936,7	12	828,1	11,39	0,0000
E: Presencia Eucalipto	15.745,7	1	15.745,7	216,54	0,0000
RESIDUOS	60.716,1	835	72,7		
TOTAL (CORREGIDO)	93.461,8	853			

4.2.2. Modelo de regresión múltiple

Identificados los factores significativos, se ajustó un modelo de regresión múltiple. El resultado de la regresión se presenta en la Fórmula 1 ($R^2 = 36,7\%$, valor absoluto medio de los residuos = 5,3 €/m³).

$$Pu_Actualizado = 18,55 + 10,70 * Presencia_Eucalipto + 1,15 * N^oOfertas - 3,94 * Clara - 4,21 Daños + 1,47 * Vol_uni_1_2_3_4$$

Fórmula 1: Regresión múltiple del precio unitario actualizado a 2017 (€/m³) para la muestra general.

4.3. Muestra de Pino pinaster

Son lotes de *Pinus pinaster* (>90%) en que el motivo de corta no fue una clara ni daños (207 cortas de regeneración, 290.000 m³ con un valor de 7,6 M€). El lote medio tuvo un precio unitario de 27,14€/m³, un volumen de 1.320 m³ y una superficie de 6,4 ha.

4.3.1. ANOVA multifactorial.

Los factores significativos (agrupados en rangos) son los siguientes:

- Volumen unitario. Rangos: "1" para $v \leq 0,3\text{m}^3/\text{pie}$, "2" para $0,3\text{m}^3/\text{pie} < v \leq 0,6\text{m}^3/\text{pie}$, "3" para $0,6\text{m}^3/\text{pie} < v \leq 0,9\text{m}^3/\text{pie}$, y "4" para $v > 0,9\text{m}^3/\text{pie}$.
- Tiempo de transporte a fábrica. Media del tiempo que cuesta llegar a los dos aserraderos y a la empresa de trituración más cercanos en horas, estimado mediante herramientas SIG. Rangos: "1" para $T \leq 0,25\text{h}$, "2" para $0,25\text{h} < T \leq 0,5\text{h}$ y "3" para $T > 0,5\text{h}$.
- Distancia a pistas en metros desde el lote a la pista más cercana, calculada mediante herramientas SIG. Rangos: "1" para $D \leq 35\text{ m}$, "2" para $35\text{ m} < D \leq 70\text{ m}$, "3" para $70\text{ m} < D \leq 100\text{ m}$ y "4" para $D > 100\text{ m}$.
- Pendiente media en %, determinada mediante herramientas SIG. Rangos: "1" para $p \leq 25\%$, "2" para $25\% < p \leq 50\%$, y "3" para $p > 50\%$.

En la Tabla 6 se muestra el resultado del ANOVA multifactorial.

Tabla 6. Análisis de Varianza para Precio Unitario Actualizado de la muestra de pino pinaster. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: m3/pie_1_2_3_4 (0,3-0,6-0,9)	363,2	3	121,0	4,51	0,0044

B: Tiempo_1_2_3 (0,25-0,5)	193,7	2	96,9	3,61	0,0290
C: Dis_pista_1_2_3_4 (35-70-100)	260,7	3	86,9	3,23	0,0234
D: Pdt1_2_3 (25-50)	1.555,0	2	777,5	28,95	0,0000
RESIDUOS	5.264,7	196	26,9		
TOTAL (CORREGIDO)	8.419,4	206			

4.3.2. Modelo de regresión múltiple

Se ajustó un modelo de regresión múltiple con los factores significativos expresados de forma continua.

El resultado se presenta en la Fórmula 2 ($R^2 = 40.0\%$, valor absoluto medio de los residuos = $3,7 \text{ €/m}^3$).

$$Pu_{\text{Actualizado}} = 36,62 - 7,95 * \text{Tiempo_Trit_A1_A2(h)} - 0,241 * \text{Pendiente_media(\%)} - 0,0334 * \text{Distancia_a_pistas(m)} + 3,82 * \text{Volumen_unitario(m}^3\text{/pie)}$$

Fórmula 2: Regresión múltiple del precio unitario actualizado a 2017 (€/m^3) para cortas de regeneración sin daños de P. pinaster.

El factor más relevante ($T = -8,4$) fue la pendiente, seguida del volumen unitario ($T = 3,1$).

4.4. Muestra de eucalipto.

45 lotes cumpliendo las condiciones de no presentar daños y tener un 90% de eucalipto, con 120.000 pies, 43.000 m^3 y un valor de 2,0 M€. El lote medio se adjudicó por 44.632 €, con superficie 3,60 ha, densidad 728 pies/hectárea y plazo de aprovechamiento 6,3 meses. El volumen unitario medio fue $0,43 \text{ m}^3\text{/pie}$ y el precio unitario medio $44,16 \text{ €/m}^3$.

4.4.1. ANOVA Multifactorial

Los factores significativos, agrupados en rangos significativos, fueron:

- Superficie. Rangos: "1" para $S \leq 1,5 \text{ ha}$, "2" para $1,5 \text{ ha} < S \leq 5 \text{ ha}$, y "3" para $S > 5 \text{ ha}$.
- Distancia a fábrica, en km hasta la fábrica de ENCE más cercana, medida con herramientas SIG. Rangos: "1" para $DT \leq 40 \text{ km}$, "2" para $40 \text{ km} < DT \leq 80 \text{ km}$, y "3" para $DT > 80 \text{ km}$.
- Pendiente. Rangos: "1" para $p \leq 20\%$, "2" para $20\% < p \leq 30\%$, "3" para $30\% < p \leq 40\%$, y "4" para $p > 40\%$.

En la Tabla 7 se muestra el resultado del ANOVA multifactorial para la muestra de eucalipto.

Tabla 7. Análisis de Varianza para Precio Unitario actualizado a 2017 para la muestra de eucalipto. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Superficie (1<1,5ha-2-5ha<3)	464,4	2	232,2	5,76	0,0067
B: Pendiente (1<20%-2-30%-3-40%<4)	403,2	3	134,4	3,33	0,0298
C: Distancia_Fábrica_ENCE (1<40km-2-80km<3)	337,8	2	168,9	4,19	0,0229
RESIDUOS	1.492,4	37	40,3		

TOTAL (CORREGIDO)	2.697,8	44			
-------------------	---------	----	--	--	--

4.4.2. Modelo de regresión múltiple

El resultado, con variables explicativas continuas (no en rangos) se presenta en la Fórmula 3 ($R^2 = 39,0\%$, valor absoluto medio de los residuos = $5,0 \text{ €/m}^3$).

$$\text{Pu_actualizado} = 48,39 - 0,168 * \text{Pendiente_media}(\%) - 0,0614 * \text{Distancia_Fábrica_ENCE (km)} + 1,40 * \text{Superficie}(\text{ha})$$

Fórmula 3: Regresión múltiple del precio unitario actualizado a 2017 (€/m^3) para la muestra de eucalipto.

El factor más significativo fue la superficie ($T=3,4$) seguida de la distancia a fábrica ($T = - 2,7$) y de la pendiente media ($T = - 2,1$).

4.5. Muestra de Orense

Eran 181 lotes que no presentaban eucalipto y su corta era de regeneración. Estaban compuestos por *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* y *Pinus sylvestris*, con 569.000 pies, 264.638 m^3 y un valor de 7,2 M€. El lote medio tuvo precio de adjudicación de 40.277 €, superficie de 7,17 ha, densidad de 461 pies/ha y plazo de aprovechamiento de 5,64 meses. El volumen unitario medio fue $0,55 \text{ m}^3/\text{pie}$ y el precio de adjudicación actualizado a 2017 $28,1 \text{ €/m}^3$.

4.5.1. ANOVA Multifactorial

Los factores significativos en el análisis, con sus rangos, fueron:

- Porcentaje de sierra1, m^3 de sierra 1 respecto a los de sierra 2 y trituración, Rangos: “1” para $S1 \leq 33\%$, “2” para $33\% < S1 \leq 66\%$ y “3” para $S1 > 66\%$.
- Daños (variable “dummy”). “0”, si no existen daños en el lote, “1” si existen daños en el lote.
- Tiempo a fábrica. Rangos: “1” para $T \leq 0,33 \text{ h}$, “2” para $0,33 \text{ h} < T \leq 0,66 \text{ h}$, “3” para $T > 0,66 \text{ h}$.
- Aserradero. Esta variable “dummy” evalúa si el adjudicatario es un aserradero o sólo es rematante (“0”, si es un rematante, “1”, si es un aserradero).
- Pendiente media del lote en porcentaje. Rangos: “1” para $p \leq 20\%$, “2” para $20\% < p \leq 30\%$, “3” para $30\% < p \leq 40\%$ y “4” para $p > 40\%$.

En la Tabla 8 se muestra el resultado de este ANOVA multifactorial.

Tabla 8. Análisis de Varianza para Precio Unitario actualizado a 2017 de la muestra de Orense (cortas de regeneración sin eucalipto). Las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Fuente	Suma de Cuadrado	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFEITOS PRINCIPALES					
A: Porcentaje de Sierra1 [(1)33% < (2) <	1.036,1	2	518,2	29,34	0,000
B: Daños	496,3	1	496,3	28,11	0,000
C: Tiempo a Fábrica [(1)0,33h < (2) < 0,66h	210,8	2	105,4	5,97	0,003
D: Aserradero	110,0	1	110,0	6,23	0,013
E: Pendiente [(1)20% < (2) < 30% (3) < 40% (4)]	232,3	3	77,4	4,39	0,005
RESIDUOS	3.019,0	171	17,7		
TOTAL (CORREGIDO)	6.106,1	180			

4.5.2. Modelo de regresión múltiple

El resultado de la regresión con las variables significativas continuas (excepto las “dummy”) se presenta en la Fórmula 4 ($R^2 = 54,1\%$ y valor absoluto medio de los residuos = $3,1 \text{ €/m}^3$).

$$\text{Pu_Actualizado} = 27,70 + 1,83 * \text{Aserradero} - 4,37 * \text{Daños} - 8,42 * \text{Tiempo a fábrica (h)} - 0,106 * \text{Pendiente media (\%)} + 0,133 * \text{\% de sierra1(\%)}$$

Fórmula 4: Regresión múltiple del precio unitario actualizado a 2017 (€/m³) para la muestra de Orense.

Las variables más significativas fueron el % de madera de sierra 1 ($T = 7,5$), los daños ($T = -4,1$) y el tiempo a fábrica ($T = -3,9$). Todas las variables presentaron un valor de $T > 3,0$.

4.6. Factores no significativos

Los siguientes factores no influyeron significativamente sobre los precios unitarios actualizados: densidad (5 rangos de pies/ha), madera certificada (variable “dummy”), plazo para realizar el aprovechamiento (4 rangos entre menos de 3 y más de 12 meses), volumen total (5 rangos entre menos de 500 m³ y más de 2000).

5. Discusión

5.1. Series anuales de precios unitarios de la madera en pie

Las series de precios anuales para madera de coníferas y eucalipto se deben considerar orientativas por las diferencias entre las condiciones medias de los aprovechamientos anuales, dado el pequeño tamaño de algunas muestras.

Estos precios se compararon con los proporcionados por UNECE – FAO, observándose similitud entre los de madera de sierra de coníferas entre 0,25 y 1m³/pie y los de madera de pino nórdico en cargadero. Los precios en pie y cargadero se diferenciaron en 15-20 €/m³, lo que puede representar el coste medio de aprovechamiento hasta cargadero.

5.2. Factores explicativos de los precios unitarios

5.2.1. Calidad de la madera en pie

La mayor calidad de árbol, caracterizada groseramente por su volumen, implica menor coste de aprovechamiento y destino final en industrias de transformación con mayor valor. En este estudio se utilizaron el volumen unitario y el porcentaje de sierra1 como cuantificadores de esa calidad. En la muestra general y de pinaster resultó significativo el volumen unitario mientras que en la de Orense lo fue el porcentaje de sierra1. Para el eucalipto no resultaron significativos, por el destino casi único de su madera en trituración para celulosa.

Huebschmann *et al.* (2004) determinaron como variables significativas sobre precios en pie en Oklahoma el volumen total y el porcentaje de madera de sierra en pino. Sidor y Mendell (2008) encontraron significativas las proporciones de madera de sierra y trituración. Duval *et al.* (2014) encontraron diferencias significativas entre calidades de madera en Ohio entre 1960 y 2011.

5.2.2. Tamaño del lote

Se consideraron dos factores cuantificándolo: superficie del lote y volumen total. La primera fue significativa para eucalipto.

Sydor y Mendell (2008) concluyen que un mayor volumen total conlleva precios unitarios inferiores. En Minnesota y Wisconsin, Russell *et al.* (2017) discuten que este efecto puede ser negativo para grandes superficies, al reducirse la competencia. En cualquier caso, el tamaño de los lotes es muy inferior en Galicia respecto a esos estudios.

5.2.3. Composición de especies

En la muestra general, hay diferencia significativa entre precios de eucalipto y pinos, presentando el primero aproximadamente 20 €/m³ más. Numerosos autores señalan que la composición específica afecta al precio en pie (Huebschmann *et al.*, 2004; Kilgore y Blinn, 2005; Leefers y PotterWitter 2006; Kolis *et al.*, 2014).

5.2.4. El tipo de corta o tratamiento

En la muestra general se ha considerado el tipo de corta, en el resto de submuestras se eliminaron las claras. Según el modelo de regresión, la madera de claras reduce su valor en 4,2 €/m³.

Kolis *et al.* (2014) analizaron 4.824 ventas en pie en Finlandia entre 2008 y 2012, la madera de claras fue más barata por su menor volumen unitario y mayores costes de aprovechamiento.

5.2.5. Daños

Este factor se consideró en las muestras general y de Orense. Hay diferencias significativas entre masas con daños y sin ellos. Niquidet y Van Kooten (2006) y Kolis *et al.* (2014) llegan a conclusiones similares. La madera que ha sufrido daños alcanza destinos industriales de menor valor. Además, los daños afectan a menudo a masas jóvenes con menor volumen unitario. Y el aprovechamiento de masas con daños se encarece notablemente (Kärha *et al.*, 2018).

5.2.6. Transporte a fábrica

Los trayectos largos o complejos aumentan el coste de transporte. Ha resultado significativa para el eucalipto la distancia a la fábrica de ENCE más cercana y para el pino pinaster y la muestra de Orense, la media de tiempo a los dos aserraderos y la empresa de tableros de trituración más cercanos.

Para pinaster, el coste de una hora de transporte es de 7,95 €/m³, en la muestra de Orense es de 8,42 €/m³ y para eucalipto el kilómetro de transporte cuesta 0,0614 €/m³. Otros autores también han encontrado significativo este factor (Niquidet y Van Kooten, 2006; Malaty *et al.*, 2007; Brown *et al.*, 2012; Kolis *et al.*, 2014). Los primeros cuantifican en Canadá el coste de la hora de transporte en 4,19 \$/m³, más reducido que en este estudio por el mayor peso máximo permitido en Canadá para el transporte por carretera.

Leefers y PottersWitter (2006) destacan la dificultad de cuantificar el efecto del transporte cuando la madera tiene varios destinos. En este estudio se ha cuantificado como la media de tiempo de transporte entre los dos aserraderos y la empresa de tableros de trituración más cercanos, tratando de reducir el efecto del desconocimiento de los destinos.

5.2.7. Características del sitio

Condicionan el coste de aprovechamiento la pedregosidad, el carácter de “monte de verano” (que sólo se puede aprovechar con buen tiempo y suelo seco), la distancia de desembosque y la pendiente. De estos factores se han evaluado la pendiente y la distancia media a pistas.

La pendiente resultó siempre un factor significativo. Se estima la reducción de precio en €/m³ por % de pendiente media en -0,241 para pino pinaster, -0,168 para eucalipto y -0,106 para la muestra de Orense.

Niquidet y Van Kooten (2006) encontraron este factor significativo en Canadá. Fornea *et al.* (2018) cuantificaron su efecto en Transilvania en -0,443 €/m³ por cada grado de pendiente, estimación similar a la del presente estudio.

La distancia de saca se ha valorado como distancia media del lote a las pistas más cercanas. Solo ha resultado significativa en la muestra de pinaster, como -0,0334 €/m³ por metro de distancia. Fornea *et al.* (2018) lo estimaron en -0,004 €/m³ por m.

5.2.8. La competencia

El número de ofertas fue significativo en la muestra general. En las submuestras no se consideró, aunque resultó significativo, debido a que sólo se conoce después de la subasta, por lo que no permite pronosticar el precio *ex ante*.

Marty y Préget (2010) indican que un aumento de ofertas incrementa el precio en pie en Francia. Carter y Newman (1998) consideraron este factor en su regresión del precio en pie en Carolina del Norte.

5.2.9. Tipo de comprador

Para la muestra de Orense, se incluyó si el adjudicatario es rematante o aserradero. Un aserradero pagaría como media 1,83€/m³ más. En la bibliografía no se ha encontrado referencia a este factor, pero se describe la influencia de las estrategias del comprador (Klepacka *et al.*, 2017). Rematar como aserradero puede ser una estrategia competitiva, basando el negocio más en la primera transformación y renunciando a parte del beneficio del abastecimiento.

5.3. Estadísticos de los modelos de regresión

En la modelización del precio unitario se ha conseguido un R² entre 36,7% y 54,1% y unos errores absolutos medios entre 3,1 €/m³ y 5,3 €/m³.

Kollis *et al.* (2012) estudiaron 4.824 ventas en Finlandia entre 2008 y 2012. Ajustaron dos regresiones; para madera de sierra obtuvieron una R² de 74,1% y para madera para pasta 55,6%. Este estudio ha obtenido coeficientes de determinación más bajos, posiblemente al no añadir factores de precio medio según el cuatrimestre, carácter de “monte de verano” y variables de localización por provincias o comarcas.

Fornea *et al.* (2018) estudiaron 1.192 ventas en Transilvania, con factores como tipo y peso de corta, volumen total y unitario, pendiente y distancia de saca. Los coeficientes de determinación fueron 20% y 17%, muy bajos, a diferencia de los obtenidos por Kollis *et al.* (2012), Brown *et al.* (2012) y en este estudio con factores similares.

Brown *et al.* (2012) modelizaron el precio de 4.395 ventas en Minnesota entre 2001 y 2006, con $R^2 = 63\%$. Respecto al presente estudio, los autores añadieron factores de mercado, tipo de venta, duración de contrato, restricciones estacionales del monte y localización administrativa, lo que puede explicar el mayor coeficiente de determinación.

6. Conclusiones

- Se han elaborado series de precios medios de madera en pie de eucalipto y coníferas para Galicia a partir de datos públicos de subastas.
- La composición específica influye significativamente sobre el precio de la madera en pie. A la hora de estudiar los precios de madera en pie hay que separar por especie o género.
- La madera que ha sufrido daños y la que proviene de claras y/o clareos tienen un menor precio en pie.
- Los factores relevantes del precio de la madera en pie que se han cuantificado son:
 - o Para coníferas la pendiente media, el tiempo de transporte a fábrica, el volumen unitario medio, la calidad del árbol (% del volumen del lote con destino en sierra) y la distancia media a pistas.
 - o Para eucalipto la pendiente media, la distancia de transporte a fábrica y la superficie total del lote.
- La competencia y las características del comprador afectan al precio de la madera en pie, pero no ayudan a estimar el precio ya que son conocidos una vez realizada la venta.
- Los modelos de regresión multifactoriales ajustados son una herramienta útil para estimar precios de madera en pie, explicando entre un 36,7% y un 54,1% de su variabilidad observada.

7. Bibliografía

ADAMS, D. M.; 2002. Harvest, inventory, and stumpage prices: Consumption outpaces harvest, prices rise slowly. *Journal of Forestry* 100(2) 26-31.

HUHTALA A.; TOPPINEN A.; BONAN M.; 2003. When the Theory Is Not Enough – Valuation of Forest Resources with “Efficiency” Prices in Practice. *Journal of Forest Economics* 9(3) 205-222.

BROWN, R. N.; KILGORE M. A.; COGGINS, J. S.; BLINN, C. R.; 2012. The impact of timber-sale tract, policy, and administrative characteristics on state stumpage prices: An econometric analysis. *Forest Policy and Economics* 21 71-80.

CARTER, D. R.; NEWMAN, D. H.; 1998. The Impact of Reserve Prices in Sealed Bid Federal Timber Sale Auctions. *Forest Science* 44(4) 485-495.

DIÉGUEZ-ARANDA, U. *et al.*; 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Editado por Unidad de Gestión Forestal Sostenible (UXFS). Escuela Politécnica Superior Universidad de Santiago de Compostela. Disponible en: <http://www.usc.gal/gl/investigacion/grupos/uxfs>

DUVAL, R. P.; MCCONNELL, T. E.; HIX, D. M.; 2014. The Annual Change in Ohio Stumpage and Sawlog Prices: 1960 to 2011. *Forest Products Journal* 64 (1-2) 19–25.

FORNEA, M.; BÎRDA, M.; BORZ, S. A.; POPA, B.; TOMAŠIĆ, Z.; 2018. Harvesting conditions, market particularities or just economic competition: A Romanian case study regarding the evolution of standing timber contracting rates. *Sumarski List* 142(9-10) 499-508.

HETEMÄKI, L.; HÄNNINEN, R.; TOPPINEN, A.; 2004. Short-term forecasting models for the finnish forest sector: Lumber exports and sawlog demand. *Forest Science* 50(4) 461-472.

HUEBSCHMANN, M. M.; LYNCH T. B.; LEWIS D. K., TILLEY D. S., GULDIN J.M.; 2004. A bid price equation for National Forest timber sales in Western Arkansas and Southeastern Oklahoma. *Southern Journal of Applied Forestry* 28 100-108.

KÄRHÄ, K.; ANTTONEN T.; POIKELA A.; PALANDER T.; LAURÉN A.; PELTOLA H.; NUUTINEN Y.; 2018. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests. *Forests* 9(5) 280. doi:10.3390/f9050280.

KILGORE, M. A.; BLINN, C. R.; 2003. The financial cost to forest landowners who implement forest management guidelines - An empirical assessment. *Journal of Forestry* 101(8) 37-41.

KLEPACKA, A. M.; SIRY, J. P.; BETTINGER, P.; 2017. Stumpage prices: a review of influential factors. *International Forestry Review* 19(2) 158-169.

KOLIS, K.; HIIRONEN J.; ÄRÖLÄ E.; VITIKAINEN A.; 2014. Effects of sale-specific factors on stumpage prices in Finland. *Silva Fennica* 48(3) 18 p.

LEEFERS, L. A.; POTTER-WITTER, K.; 2006. Stumpage: A Case Study from the Lake States. *Forest Science*, 52(4) 460-467.

MALATY, R.; TOPPINEN, A.; VIITANEN, J.; 2007. Modelling and forecasting Finnish pine sawlog stumpage prices using alternative time-series methods. *Canadian Journal of Forest Research* 37(1) 178-187.

MARTY, G.; PRÉGET, R.; 2010. A socio-economic analysis of French public timber sales. *Journal of Sustainable Forestry* 29(1) 15-49.

NIQUIDET, K.; VAN KOOTEN, G. C.; 2006. Transaction evidence appraisal: Competition in British Columbia's stumpage markets. *Forest Science* 52(4) 451-459.

PARAJULI, R.; CHANG, S. J.; 2015. The softwood sawtimber stumpage market in Louisiana: Market dynamics, structural break, and vector error correction model. *Forest Science* 61(5) 904-913.

RUSSELL, M. B.; KILGORE, M. A.; BLINN, C. R.; 2017. Characterizing timber salvage operations on public forests in Minnesota and Wisconsin, USA. *International Journal of Forest Engineering* 28(1) 66-72.

SENDAK, P. E.; MCEVOY, T. J.; 2013. Vermont Stumpage Price Trends Revisited: With Comparisons to New Hampshire. *Forest Products Journal* 63(7-8) 238-246.

SYDOR, T.; MENDELL, B. C.; 2008. Transaction evidence analysis: stumpage prices and risk in central Georgia. *Canadian Journal of Forest Research* 38(2) 239-246.

TOLOSANA, E.; GONZÁLEZ, V.; VIGNOTE, S.; 2004. El Aprovechamiento maderero. 2º Edición. Ed. MUNDI-PRENSA y FUCOVASA. 575 p. Madrid

WAGNER, J. E.; SENDAK, P. E.; 2005. The annual increase of Northeastern regional timber stumpage prices: 1961 to 2002. *Forest Products Journal* 55(2) 36-45.

ZHANG, M.; MEI, B.; THOMAS, G.; HARRIS, T. G.; SIRY J. P.; CLUTTER, M. L.; BALDWIN, S. S.; 2011. Can timber hedge against inflation? An analysis of timber prices in the US South. *Forest Products Journal* 61(4) 276-282.

ZHOU, M.; BUONGIORNO, J.; 2005. Price transmission between products at different stages of manufacturing in forest industries. *Journal of Forest Economics* 11(1) 5-19.