

Una aproximació a l'anàlisi de les sèries de preus dels productes forestals a Catalunya: l'exemple de la tendència del pi roig

Adriano Raddi

Programa de Bioeconomia i Governança, Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya

REBUT: 3 D'ABRIL DE 2023 · ACCEPTAT: 15 DE MAIG DE 2023

RESUM

El preu de la fusta és una de les variables més importants per a la viabilitat econòmica de la gestió forestal. Els preus de mercat observats reflecteixen les condicions presents i passades de l'oferta i la demanda. Quan fem hipòtesis sobre preus futurs, dos factors són cabdals: la inflació expectada i la variació dels preus.

En aquest article s'exposa un mètode simple per calcular la línia de tendència a través de la taxa de variació del preu real, estimada mitjançant un model economètric basat en la linealització de la capitalització composta tractada en la matemàtica financera. Sempre que hi hagi disponible una sèrie de preus versemblants, aquest mètode és recomanable per a tots aquells usuaris que només tinguin coneixements bàsics d'informàtica i estadística. Tot i que es pugui utilitzar per predir els preus a mitjà termini, finalment seran les condicions de mercat vigents en aquell moment les que influiran en la presa de decisions sobre la compravenda de productes forestals.

Correspondència: Adriano Raddi. Programa de Bioeconomia i Governança, Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya. Ctra. de Sant Llorenç de Morunys, km 2. 25280 Solsona. Tel.: +34 973 481 752, ext. 232. A/e: adriano.raddi@ctfc.cat.

Havent calculat la taxa de variació del preu real dels darrers quaranta anys, s'evidencia que a Catalunya la gran majoria dels productes forestals mostren una tendència a la baixa, tot i l'augment registrat recentment, sobretot pel que fa als diferent tipus de fusta.

PARAULES CLAU: anàlisi econòmica forestal, tendència dels preus, capitalització composta, tractament de la inflació, taxa de variació anual del preu real, mercat forestal català.

An approach to forest product price series analysis in Catalonia: The example of the Scots pine trend

ABSTRACT

Timber price is one of the most important variables affecting the economic feasibility of forest management. Observed market prices reflect present and past conditions of supply and demand for products. When deciding on how to estimate prices that could occur sometime in the future, we should consider two factors: the expected inflation and the price change.

This paper discusses a simple method to calculate the trend line by means of the real price change rate, estimated by an econometric model based on the linearization of the compounding approach. This method is recommended for less skilled IT and statistics users, provided that an acceptable price time series is available. Although it may be used to predict prices in the medium term, in the end it will be the market conditions prevailing at the time that will drive decision-making on the sale of forest products.

After having calculated the real price change rate of the last forty years, it is evident that in Catalonia the vast majority of forest products show a downward trend, despite the increase registered recently, especially for timber.

KEYWORDS: forest economics analysis, price trend, compounding, treatment of inflation, real price change rate, Catalan forest market.

Una aproximación al análisis de las series de precios de los productos forestales en Cataluña: el ejemplo de la tendencia del pino silvestre

RESUMEN

El precio de la madera es una de las variables más importantes para la viabilidad económica de la gestión forestal. Los precios de mercado observados reflejan las condiciones presentes y pasadas de la oferta y la demanda. Cuando hacemos hipótesis sobre los precios futuros, dos factores resultan esenciales: la inflación esperada y la variación de los precios.

Este artículo expone un método sencillo para calcular la línea de tendencia a través de la tasa de variación del precio real, estimada mediante un modelo econométrico basado en la linealización de la capitalización compuesta tratada en la matemática financiera. Siempre que haya disponible una serie de precios verosímiles, este método es recomendable para todos aquellos usuarios que solo tengan conocimientos básicos de informática y estadística. Aunque se pueda utilizar para predecir los precios a medio plazo, finalmente serán las condiciones de mercado vigentes en aquel momento las que influyan en la toma de decisiones sobre la compraventa de productos forestales.

Después de haber calculado la tasa de variación del precio real de los últimos cuarenta años, se evidencia que en Cataluña la gran mayoría de los productos forestales muestran una tendencia a la baja, a pesar del aumento registrado recientemente, sobre todo en lo que se refiere a los diferentes tipos de madera.

PALABRAS CLAVE: análisis económico forestal, tendencia de los precios, capitalización compuesta, tratamiento de la inflación, tasa de variación anual del precio real, mercado forestal catalán.

1. Introducció

La taxa de variació anual del preu real, juntament amb la taxa de descompte, és un dels factors crítics en l'anàlisi econòmica forestal. Variacions relativament petites poden tenir impactes força grans en els indicadors econòmics que es fan servir per a la presa de decisions.

Tal com argumenten Wagner i Sendak (2005), la taxa de variació anual del preu pot facilitar una informació addicional per ajudar a comparar els rendiments d'una inversió forestal amb aquells que s'obtidrien invertint el mateix capital en fons, accions, bons o

obligacions de l'Estat. A més, la taxa de variació anual del preu real ens permet traçar una línia de tendència basada en una sèrie de dades que reflecteix el preu de mercat en el present i en el passat, és a dir, basada en «fets consolidats», no pas especulacions. De fet, el preu de mercat reflecteix les condicions presents i passades de l'oferta i la demanda i és el resultat de la negociació d'un cert producte en un mercat determinat.

És bastant comú que uns preus augmentin (o disminueixin) en relació amb la resta, això vol dir que augmenten amb una taxa més alta (o més baixa) que la d'inflació general. D'aquí rau la pregunta de com hauríem d'intentar estimar aquesta variació. Normalment, moltes de les persones interessades, tècnics i analistes, no utilitzaran tècniques de predicció sofisticades per intentar predir els preus futurs, més aviat prefereixen aplicar metodologies més senzilles, entenedores i accessibles.

Si es disposa de sèries temporals versemblants de preus, l'enfocament més simple és evidenciar una línia de tendència que es pugui estendre cap al futur. Això es pot fer mitjançant un model de regressió lineal. Si treballem amb sèries de dades, podríem arribar a una estimació de la tendència a mitjà termini, que exclouï els efectes de la inflació (Gregersen i Contreras, 1979).

Cada model economètric implica certes hipòtesis sobre el comportament dels factors que afecten la variació de preus. La hipòtesi implícita que hi ha en la base de totes les anàlisis de tendències és la de la persistència dels factors que incideixen en el canvi del consum, allò que va condicionar l'oferta i la demanda en el passat, les continuarà afectant exactament de la mateixa manera en el futur (Gregory, 1971).

Com que el temps per si mateix no té cap efecte sobre els preus, i els preus passats no dictaminen quins seran els preus futurs, cal recomanar prudència a l'hora d'utilitzar les tendències dels preus per predir-ne els valors futurs. No obstant això, si tenim una tendència clara dels preus reals passats i uns indicadors estadístics de la confiança de la variació real dels preus, de vegades pot ser útil intentar-ho.

Comptat i debatut, aquesta simple tècnica de projecció és la que s'utilitza més sovint en la pràctica, atès que permet a tots aquells usuaris no tan qualificats en informàtica i estadística poder fer una hipòtesi sobre la variació dels preus reals a mitjà termini.¹

1. Per *curt termini*, s'entén un període de fins a dos anys; per *mitjà termini*, entre dos i deu anys; per *llarg termini*, un període superior als deu anys. <www.investopedia.com/terms/m/mediumterm.asp#:~:text=The%20most%20common%20terms%20are,years%20to%20be%20long%20term> (consulta: 30 març 2023); <economyapertutti.bancaditalia.it/notizie/breve-medio-e-lungo-termine-negli-investimenti-finanziari/?com.dotmarketing.htmlpage.language=1> (consulta: 30 març 2023).

2. Modelització per a la predicció de preus futurs dels productes forestals

El preu de la fusta és una de les variables més importants per a la viabilitat econòmica d'una inversió forestal. Tot i que els models basats en sèries de dades s'utilitzen àmpliament en el sector forestal per a la predicció dels preus dels productes obtinguts, Leskinen i Kangas (2001, p. 93) observen amb raó que «una de les dificultats de predir el desenvolupament futur del preu de la fusta mitjançant sèries de dades és la possibilitat de canvis en els mercats i en la societat en general». Per això, en les seves prediccions de preus de la fusta, aquests autors apliquen l'anàlisi basada en sèries de dades juntament amb judicis d'experts per comprendre millor l'evolució futura dels preus i la probabilitat de variacions brusques (pics).

També hi ha models de predicció més complexos basats en sèries temporals de preus. Els uns utilitzen un model de correcció d'errors vectorials (VECM) en una modelització relativament senzilla dels preus futurs (Kolo i Tzanova, 2017), d'altres inclouen uns factors que influeixen en els preus i quantifiquen l'abast del seu impacte mitjançant paquets de programari més complicats que una estimació de la línia de tendència, com el suavitzat (*smoothing*) i predicció exponencial multivariada, o el model estadístic autoregressiu integrat de mitjana mòbil ARIMA (Gejdoš *et al.*, 2019). Aquests models requereixen coneixements avançats d'informàtica i estadística i la disponibilitat d'una quantitat ingent de dades. De fet, les projeccions de la variació futura del preu de la fusta basades en models d'oferta i demanda han de tenir en compte diversos factors (Sedjo i Lyon, 1990; Dykstra i Binkley, 1987), alhora que la disponibilitat limitada de la quantitat de dades requerides debilita la validesa d'aquests models. Encara més sofisticat és el model de Verly Lopes *et al.* (2021), que utilitza una xarxa neuronal recurrent (RNN, de l'anglès *recurrent neural network*) de memòria a llarg termini (LSTM, de l'anglès *long short-term memory*) per predir els preus de les cotitzacions de la fusta amb un grau d'error notablement baix.

Sens dubte, el preu de la fusta és una variable clau en l'optimització de la gestió forestal, però la seva previsió comporta molta incertesa (Leskinen i Kangas, 2001). Els mètodes basats en sèries de dades proporcionen resultats robustos, alhora que requereixen una modesta disponibilitat d'informació, cosa que els atorga una utilitat gairebé única en l'anàlisi econòmica forestal (Kolo i Tzanova, 2017).

Una anàlisi de Feltham i Messmer (1996) revisa diversos estudis sobre els preus històrics de la fusta serrada, les variacions de preus estimades i l'ús de sèrie de dades per calcular les variacions històriques de preus reals i un índex de variació de la qualitat de la fusta a la Colúmbia Britànica al Canadà. Haynes *et al.* (2007) presenten més exemples del valor futur d'una parcel·la forestal estimat a través de la variació del preu real de la fusta.

La finalitat d'aquest article, doncs, és la de triar un model, tan simple com sigui possible, que pugui ajudar a estimar l'evolució a mitjà termini dels preus dels productes forestals, mitjançant l'anàlisi de sèries temporals de preus. No obstant això, com s'ha esmentat, el temps per si mateix no té cap efecte sobre els preus i no determina els preus futurs. Més aviat, són l'oferta i la demanda del mercat, que canvien amb el pas del temps, les que fan que els preus variïn. A més, la suposició mencionada, que els factors que van incidir en el passat en l'oferta i la demanda continuïn amb la mateixa correlació també en el futur, pot demostrar-se no vàlida. Per tant, es recomana precaució a l'hora d'utilitzar les tendències històriques dels preus per predir-ne els valors futurs (British Columbia Forest Service, 1999).

3. Metodologia i dades

3.1. Tractament de la inflació: preu real envers preu nominal

Com destaca Gregersen (1975), els forestals solen confondre's alhora de distingir entre el preu real i el preu nominal, és a dir, en el moment de tenir en compte la inflació d'una manera coherent. Si parlem de preu real, significa que cal aplicar un factor de deflació. El preu nominal, en canvi, fa referència a l'any en què es dona el preu sense cap tractament o elaboració i, per tant, inclou els efectes de la inflació (figura 1). El biaix ha estat més baix en el passat, en períodes d'inflació baixa, però el problema podria ser més important en el futur, atès el fort increment de la inflació registrat durant el 2022 i el principi del 2023. Com a observació empírica, cal destacar que les variacions de preu real tendeixen a ser més intenses en situacions d'inflació elevada, ja que els inversors busquen alternatives d'actius per protegir-se de la inflació.

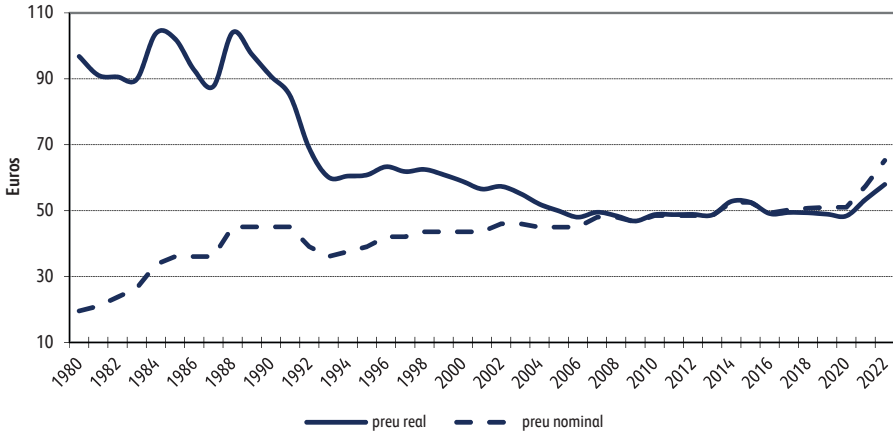
Els forestals hauríem d'acostumar-nos a pensar en el preu futur en termes de moneda constant (preu real), excloent-ne els efectes de la inflació. Una bona anàlisi econòmica ja resulta prou difícil sense haver d'intentar predir la taxa d'inflació futura. Atès que no volem fer servir una bola de vidre, l'anàlisi en termes reals ens permet disposar d'una imatge més clara dels preus i dels resultats esperats.

Per determinar si l'augment d'un preu ha mantingut el ritme de la inflació, cal enraonar en termes de *preus deflactats*, és a dir, dividint el preu nominal pel deflactor del producte interior brut (PIB). La sèrie de preus reals resultant és la que fem servir per estimar la variació de preu real.

El deflactor del PIB (HM Treasury, 2014; Requeijo *et al.*, 2006) es considera l'indicador més comprensiu dels efectes de la inflació. Per protegir el poder adquisitiu dels capitals invertits en el sector forestal, el preu de la fusta i de la resta de productes forestals

FIGURA 1

Preu nominal envers preu real: fusta de serra a fàbrica de pi roig a Catalunya



FONT: Elaboració pròpia.

comercialitzats haurien d'incrementar-se almenys en la mateixa proporció que la del deflactor del PIB.

3.2. Aproximació lineal de la capitalització composta a través d'un model de regressió lineal

En matemàtica financera, el procés de creixement cumulatiu d'un import a un tipus determinat s'anomena *capitalització composta*. La coneguda fórmula bàsica de la capitalització composta (Bullard i Straka, 2011; Lluveras, Ortiz i Pérez, 2012; Rose, Blinn i Brand, 1988) és:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad (1)$$

P_n = preu estimat de l'any n

P_0 = preu inicial de l'any 0

r = taxa anual de variació del preu real

n = nombre d'anys a partir de l'any 0

La variació del preu real, és a dir, la variació percentual del preu de mercat de béns o serveis més enllà d'allò causat per la inflació² durant un període de temps, és un reflex del canvi en l'escassetat d'un producte al llarg del temps (British Columbia Forest Service, 1999).

El problema principal rau en com hauríem d'estimar aquesta taxa r . Hoover (1995) argumenta que la taxa anual de variació composta no s'hauria d'utilitzar per predir preus futurs, ja que els increments o decrements de preus obtinguts no són realistes. Així que proposa emprar un model de regressió lineal, més que la fórmula de la capitalització composta, que permet calcular el tipus d'interès entre els preus de dos anys donats. No queda clar per què, *a priori*, un model lineal hauria d'encaixar millor que una funció exponencial alhora de traçar la tendència dels preus. Ambdós pretenen reflectir la tendència d'un preu; poden sobreestimar o subestimar els preus futurs; la línia de tendència obtinguda pot tirar amunt o avall envers el preu que finalment es registrarà. De fet, atès que el termini d'inversió forestal sol ser llarg, la variació potencial del valor real dels productes forestals, ja sigui a l'alça o a la baixa, podria ser considerablement i difícilment previsible.

En canvi, Sendak (1991), per estimar la variació anual de preu real, proposa una aproximació basada en l'enfocament del factor de capitalització compost, però no a través de la fórmula (1), ja que aquesta fórmula no representa un model estadístic capaç de predir el valor assumit per la variable y en coincidència d'un valor conegut de x o, dit d'una altra manera, l'estimació d'una variable sent coneguda l'altra, ni tampoc ens indica el grau de confiança o incertesa o la significació estadística de la variable o del mateix model.

Així doncs, sense renunciar a la robustesa estadística d'un model de regressió lineal, és a dir, una línia recta del preu mitjà a llarg termini, Sendak aplica l'enfocament de la capitalització composta emprat en matemàtica financera, transformant l'equació (1) en una recta a través d'un canvi de variables (linealització).

Donada la funció exponencial

$$y = ka^x$$

podem linealitzar aquesta funció mitjançant les propietats dels logaritmes (Colera *et al.*, 2017), però, diferentment del que fa Sendak (1991), que usa els logaritmes naturals i el concepte una mica artificiosos de *taxa de variació contínua*, fem servir els logaritmes decimals; així, obtenim l'equació següent:

2. Com han comentat Gregersen (1975) i Rose, Blinn i Brand (1988), això és força diferent de les assumpcions que podem fer per a la inflació esperada.

$$\log_{10} y = \log_{10} k a^x = \log_{10} k + \log_{10} a^x = \log_{10} k + x \log_{10} a$$

Substituint

$$Y = \log_{10} y$$

tenim l'equació d'una línia recta

$$Y = \alpha + \beta x$$

en què $\log_{10} k$ és la intercepció (α) i $\log_{10} a$ el pendent de la línia (β).

Així, doncs, podem transformar la fórmula (1) en:

$$\log_{10} P_n = \log_{10} P_0 + n \log_{10} (1 + r)$$

en què α ($\log_{10} P_0$) i β $\log_{10} (1 + r)$ són els paràmetres que podem estimar a través d'un model lineal simple en què n és la variable independent (Freese, 1967):

$$\log_{10} P_n = \alpha + \beta n \quad (2)$$

Utilitzant les propietats dels logaritmes una vegada més, i a partir de (2), el preu real de l'any n es pot calcular com:

$$10^{(\alpha + \beta n)} = P_n \quad (3)$$

A més, ja que $\beta = \log_{10} (1 + r)$, el tipus compost r (la taxa anual de variació del preu real) és:

$$10^\beta = (1 + r)$$

és a dir,

$$r = 10^\beta - 1r = 10^\beta - 1 \quad (4)$$

Usant la fórmula (3)³ per calcular el preu de l'any n (P_n) podem traçar la línia de tendència en funció d'una sèrie de dades que reflecteix el preu de mercat existent i passat.

3. Altrament, podem utilitzar la fórmula (1), en què P_0 és qualsevol preu real calculat mitjançant el model (3) i r és obtinguda per l'equació (4). Els resultats seran els mateixos.

3.3. Fonts de les dades

A Catalunya, els preus dels productes forestals van ser recollits en el passat pel Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat Catalunya. Des de fa uns anys, és el Centre de Ciències i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC) que s'en carrega de recollir i elaborar els preus cotitzats a les llotges i recollir informacions dels operadors forestals. Els preus de la fusta, desglossats per espècies i referits a fases diferents de comercialització (a fàbrica, al carregador, dret), es publiquen en la pàgina web de l'Observatori Forestal Català (OFC),⁴ juntament amb els preus de la resta de productes forestals (biocombustibles, suro, bolets, tòfones, pinyons, mel).

El deflactor del PIB (2015 = 100) el calcula l'Institut Nacional d'Estadística i està disponible en la seva pàgina web.⁵

4. Resultats: el cas de la tendència del pi roig a Catalunya

El pi roig és una de les espècies més important a Catalunya i representa el 29% del volum total anual aprofitat (219.000 t anuals). No obstant el repunt significatiu recent, el preu de la fusta de serra de pi roig a fàbrica ha disminuït significativament des del 1980, a un ritme anual de l'1,21% (taula 1 i figura 2).

En la taula 1 (Raddi, 2023) es troben resumides les dades i fórmules següents:

- La sèrie del *preu nominal* a fàbrica de la fusta de serra de pi roig (figura 1).
- El deflactor del PIB (2015 = 100).
- La sèrie del *preu real* a fàbrica de la fusta de serra de pi roig.
- El \log_{10} de la sèrie del preu real.
- La sèrie del preu real estimada mitjançant la linealització de la capitalització composta (2), calculada emprant l'equació (3).
- La taxa de variació anual del preu real calculada usant la fórmula (4).
- La sèrie del preu real calculada a través de la fórmula de la capitalització composta (1).
- La sèrie del preu real calculada a través d'un model de regressió lineal (així com proposa Hoover, 1995).

- La taxa de variació anual composta calculada com a $r = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1$ (5).

4. OBSERVATORI FORESTAL CATALÀ (OFC), *Productes forestals i economia* (en línia), <www.observatoriforestal.cat/#prod> (consulta: 30 març 2023).

5. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, *Contabilidad nacional anual de España: Principales agregados. Resultados* (en línia), <www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177057&menu=resultados&idp=1254735576581> (consulta: 30 març 2023).

— L'error percentual de cada estimació. L'interval de l'error percentual i l'error percentual absolut mitjà (EPAM), juntament amb la desviació típica de cada sèrie.

TAULA 1

Preu de la fusta de serra de pi roig posada a fàbrica (euros per tona)

n	Any	Preu nominal	Deflactor PIB (2015 = 100)	Preu real	log ₁₀ del preu real	Linealització de capitalització		Fórmula de capitalització		Model lineal	Error
						composta	error	composta	error		
1	1980	19,53	20,2	96,79	1,99	93,72	3,3 %	96,79	0,0 %	92,95	4,1 %
2	1981	21,04	23,1	91,08	1,96	91,96	-1,0 %	95,61	-4,7 %	91,64	-0,6 %
3	1982	23,74	26,2	90,58	1,96	90,23	0,4 %	94,45	-4,1 %	90,32	0,3 %
4	1983	26,44	29,4	89,85	1,95	88,53	1,5 %	93,30	-3,7 %	89,01	1,0 %
5	1984	33,66	32,4	103,79	2,02	86,87	19,5 %	92,17	12,6 %	87,69	18,4 %
6	1985	36,06	35,3	102,13	2,01	85,23	19,8 %	91,05	12,2 %	86,38	18,2 %
7	1986	36,06	38,9	92,63	1,97	83,63	10,8 %	89,95	3,0 %	85,06	8,9 %
8	1987	36,06	41,1	87,73	1,94	82,06	6,9 %	88,85	-1,3 %	83,75	4,7 %
9	1988	45,08	43,3	104,07	2,02	80,52	29,3 %	87,78	18,6 %	82,43	26,3 %
10	1989	45,08	46,3	97,44	1,99	79,00	23,3 %	86,71	12,4 %	81,12	20,1 %
11	1990	45,08	49,7	90,77	1,96	77,52	17,1 %	85,66	6,0 %	79,81	13,7 %
12	1991	45,08	53,2	84,78	1,93	76,06	11,5 %	84,62	0,2 %	78,49	8,0 %
13	1992	39,07	56,8	68,82	1,84	74,63	-7,8 %	83,59	-17,7 %	77,18	-10,8 %
14	1993	36,06	60,0	60,15	1,78	73,23	-17,9 %	82,57	-27,2 %	75,86	-20,7 %
15	1994	37,56	62,1	60,48	1,78	71,85	-15,8 %	81,57	-25,9 %	74,55	-18,9 %
16	1995	39,07	64,2	60,83	1,78	70,50	-13,7 %	80,58	-24,5 %	73,23	-16,9 %
17	1996	42,07	66,4	63,32	1,80	69,18	-8,5 %	79,60	-20,5 %	71,92	-12,0 %
18	1997	42,07	68,0	61,84	1,79	67,88	-8,9 %	78,64	-21,4 %	70,61	-12,4 %
19	1998	43,57	69,7	62,50	1,80	66,60	-6,2 %	77,68	-19,9 %	69,29	-9,8 %
20	1999	43,57	71,5	60,90	1,78	65,35	-6,8 %	76,74	-20,6 %	67,98	-10,4 %
21	2000	43,57	74,0	58,87	1,77	64,12	-8,2 %	75,80	-22,3 %	66,66	-11,7 %
22	2001	43,57	77,1	56,55	1,75	62,91	-10,1 %	74,88	-24,5 %	65,35	-13,5 %
23	2002	46,00	80,2	57,35	1,76	61,73	-7,1 %	73,97	-22,5 %	64,03	-10,4 %
24	2003	46,00	83,4	55,18	1,74	60,57	-8,9 %	73,08	-24,5 %	62,72	-12,0 %
25	2004	45,00	86,6	51,96	1,72	59,43	-12,6 %	72,19	-28,0 %	61,41	-15,4 %
26	2005	45,00	90,1	49,92	1,70	58,31	-14,4 %	71,31	-30,0 %	60,09	-16,9 %
27	2006	45,00	93,7	48,01	1,68	57,22	-16,1 %	70,45	-31,9 %	58,78	-18,3 %
28	2007	48,00	96,9	49,52	1,69	56,14	-11,8 %	69,59	-28,8 %	57,46	-13,8 %
29	2008	48,00	99,1	48,43	1,69	55,09	-12,1 %	68,75	-29,6 %	56,15	-13,8 %
30	2009	46,50	99,3	46,84	1,67	54,05	-13,3 %	67,91	-31,0 %	54,83	-14,6 %
31	2010	48,50	99,4	48,78	1,69	53,04	-8,0 %	67,09	-27,3 %	53,52	-8,8 %
32	2011	48,50	99,4	48,79	1,69	52,04	-6,2 %	66,27	-26,4 %	52,21	-6,5 %
33	2012	48,50	99,3	48,85	1,69	51,06	-4,3 %	65,47	-25,4 %	50,89	-4,0 %
34	2013	48,50	99,7	48,66	1,69	50,10	-2,9 %	64,67	-24,8 %	49,58	-1,9 %
35	2014	52,50	99,5	52,79	1,72	49,16	7,4 %	63,89	-17,4 %	48,26	9,4 %
36	2015	52,50	100,0	52,50	1,72	48,23	8,8 %	63,11	-16,8 %	46,95	11,8 %
37	2016	49,25	100,3	49,09	1,69	47,33	3,7 %	62,34	-21,3 %	45,63	7,6 %

TAULA 1

Preu de la fusta de serra de pi roig posada a fàbrica (euros per tona) (Continuació)

n	Any	Preu nominal	Defactor PIB (2015 = 100)	Preu real	log ₁₀ del preu real	Linealització de capitalització		Fórmula de capitalització		Model lineal	Error
						composta	error	composta	error		
38	2017	50,25	101,6	49,45	1,69	46,44	6,5 %	61,59	-19,7 %	44,32	11,6 %
39	2018	50,75	102,9	49,32	1,69	45,56	8,3 %	60,84	-18,9 %	43,00	14,7 %
40	2019	51,00	104,2	48,93	1,69	44,71	9,4 %	60,10	-18,6 %	41,69	17,4 %
41	2020	51,00	105,4	48,39	1,68	43,87	10,3 %	59,37	-18,5 %	40,38	19,9 %
42	2021	57,50	107,7	53,40	1,73	43,04	24,1 %	58,65	-8,9 %	39,06	36,7 %
43	2022	65,25	112,6	57,94	1,76	42,23	37,2 %	57,94	0,0 %	37,75	53,5 %
Taxa de variació del preu real						-1,88 %		-1,21 %		-2,12 %	
Interval de l'error percentual						[-17,86 %, 37,18 %]		[-31,85 %, 18,57 %]		[-20,72 %, 53,49 %]	
Error percentual absolut mitjà (EPAM)						11,20 %		17,97 %		13,50 %	
Desviació típica de l'EPAM						0,074		0,094		0,093	

FONT: Elaboració pròpia a partir de Raddi (2023).

L'aplicació d'una taxa composta hauria de donar una variació més pronunciada que la calculada amb una línia recta, però aquest no és pas el cas de la fusta de serra de pi roig a Catalunya, on es produeix just el contrari: la disminució és més dràstica per al model lineal que per als que fan servir la capitalització composta (figura 2).

La taula 2 recull els resultats i els principals indicadors estadístics d'ambdós models: el de linealització de la capitalització composta i el model lineal. En ambdós casos, els coeficients de regressió són significatius i els coeficients de determinació semblen raonablement acceptables (i no significativament diferents).

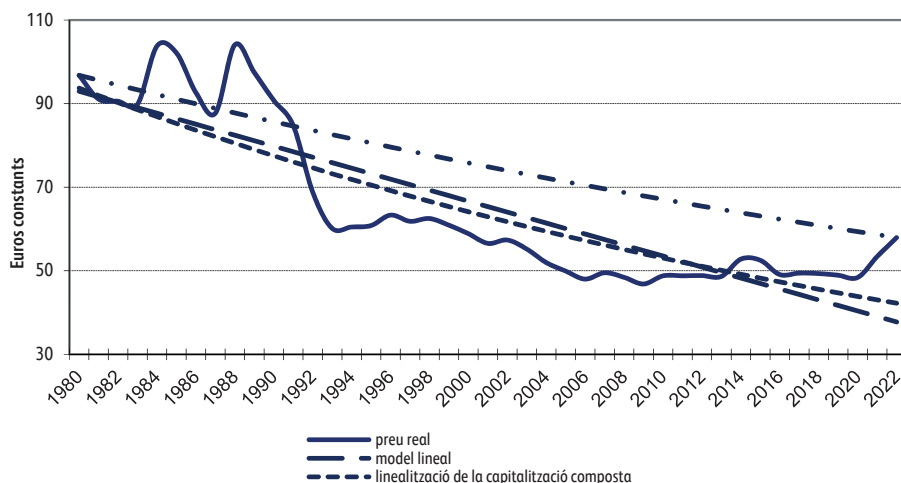
Treballar amb sèries de dades temporals comporta sovint que hi hagi una correlació serial entre els residus de la regressió. Això viola una assumpció crítica del model dels mínims quadrats, és a dir, que els residus de la sèrie siguin independents. Això no afecta l'estimació de r , que continua sent no esbiaixada, sinó subestima el seu error estàndard, cosa que comporta un valor alt de t . El test de Durbin-Watson confirma aquesta correlació serial de primer ordre en els residus, per això s'ha extremat el nivell de significació del test t del coeficient fins a l'1%.⁶ Encara que hi hagi maneres de solucionar aquest problema, això va força més enllà de l'objectiu d'aquest article, atès que l'estimació de r no serveix tant per predir preus futurs com per traçar-ne la tendència.

Tot i així, si fèssim l'exercici de comparar el preu a mitjà termini —diguem d'aquí a un màxim de deu anys—, veuríem que els preus previstos pels dos models serien força

6. El valor emprat normalment és el 5%.

FIGURA 2

Tendència del preu a fàbrica de la fusta de serra de pi roig a Catalunya



FONT: Elaboració pròpia.

TAULA 2

Resum dels principals indicadors estadístics d'ambdós models

	Linealització de la capitalització composta	Model lineal
Coefficient de determinació R^2	77 %	74 %
Error estàndard de l'estimació de Y	0,057	9,926
Suma dels quadrats dels residus	0,134	4.039,491
Test de la regressió (F amb nivell 0,01)	significatiu	significatiu
Test del coeficient (t amb nivell 0,001)	significatiu	significatiu
Test de Durbin-Watson d'autocorrelació	0,259 (positiu)	0,289 (positiu)
Taxa de variació anual	-1,88 %	-2,12 %
Preus d'aquí a deu anys	34,93 €/t	24,60 €/t
Error percentual absolut mitjà (EPAM)	11,20 %	13,50 %
Desviació típica de l'EPAM	0,074	0,093

Font: Elaboració pròpia.

diferents: 34,93 €/t,⁷ en el cas de la linealització de la capitalització composta, envers 24,60 €/t, calculat a través del model lineal.

Per cert, la taxa de variació anual composta calculada del 1980 al 2022 mitjançant la fórmula (5) dona un -1,21 %, amb un error percentual absolut mitjà del 17,97 % i una desviació típica de 0,094 (taula 1). Si apliquéssim la taxa de variació anual calculada amb la fórmula (5) al preu estimat per la linealització de la capitalització composta, el preu d'aquí a deu anys, suposant que es manté constant aquesta variació, seria de 37,38 €/t.⁸ Si en canvi l'apliquéssim al preu estimat pel model lineal, obtindríem un preu de 33,41 €/t.⁹

5. Conclusions

El mètode més senzill per estimar el preu futur és el d'equiparar el futur amb el present: el preu de demà serà el mateix que el d'ara. Per a les previsions a curt termini,¹⁰ si tenim una mica de sort, és possible que les prediccions fetes siguin prou encertades, sobretot si s'ha utilitzat el preu real (Gregory, 1971). Així doncs, quan s'avalua una actuació forestal, es pot suposar que a curt termini el preu real dels productes no variarà durant el període considerat, això vol dir que s'espera que el preu augmenti al mateix ritme que la inflació general i que es mantingui constant en el temps.

D'altra banda, les previsions d'escassetat de fusta en el futur han portat molts observadors a concloure que aquest material renovable experimentarà augments dels preus reals respecte a altres matèries primeres. La variació del preu real d'un producte representa un indicador de la seva escassetesa relativa. L'augment dels preus s'associa a una manca creixent, mentre que la disminució dels preus n'indica una disponibilitat excessiva. Pel que fa a la fusta, sovint s'assumeix un increment anual de preus reals entre l'1 i el 4 % (Bullard i Straka, 2011) (Walshe i Daffern, 1990).

Ambdues hipòtesis han resultat no aplicables a Catalunya, ja que la gran majoria dels preus dels productes forestals no ha mantingut el mateix ritme que la inflació i mostra una tendència a la baixa, mentre que uns quants, amb prou feines, han registrat un increment superior que el de la inflació (Raddi, 1998; OFC).¹¹ De fet, hi ha diversos factors

7. $42,23 \text{ €/t}$ (preu real el 2022 calculat a través de la linealització de la capitalització composta) $\times (1 - 0,0188)^{10}$ = 34,93 €/t.

8. $42,23 \text{ €/t}$ (preu real el 2022 calculat a través de la linealització de la capitalització composta) $\times (1 - 0,0121)^{10}$ = 37,38 €/t.

9. $37,75 \text{ €/t}$ (preu real el 2022 calculat a través del model lineal) $\times (1 - 0,0121)^{10}$ = 33,41 €/t.

10. Vegeu la nota 1.

11. Vegeu la nota 3.

que poden mitigar l'escassetat de fusta (com ara els avenços tecnològics, la substitució entre espècies i entre productes de fusta, la substitució per altres materials...). Òbviament, això no significa que aquesta tendència es pugui generalitzar a altres mercats forestals més enllà del català.

Això vol dir que a Catalunya, tot i un creixement moderat en termes nominals, els preus reals de gairebé tots els productes forestals presenten una tendència negativa. Per exemple, segons els resultats del model de linealització de la capitalització composta, el preu de la fusta de serra de pi roig ha baixat gairebé un 2% anual des del 1980 i probablement aquesta tendència es mantindrà a mitjà termini, malgrat els pics que es puguin donar puntualment. En altres paraules, amb els diners que s'ingressaran amb la venda d'una tona de fusta de serra de pi roig, no es podrà comprar la mateixa quantitat de béns i serveis que es podrien comprar avui dia, atès que el preu de la fusta de serra de pi roig haurà pujat menys que el conjunt de preus en l'economia catalana.

Encara que el preu real dels productes forestals no hagi de variar de manera exponencial, és a dir, amb una taxa composta, la pràctica comuna en l'anàlisi econòmica de les inversions sol considerar que els preus s'han de calcular mitjançant un factor de capitalització i una taxa composta de variació anual r . Podem estimar aquesta taxa anual de variació anual del preu real gràcies al model linealitzat explicat aquí, com en altres articles, i disposar així d'una tendència del preu basada en una sèrie de dades històrica. Una informació significativa que, fins i tot, podríem emprar per fer hipòtesis sobre preus a mitjà termini.

Aquest model ens permet mantenir la robustesa estadística de la regressió lineal, però aplicant l'enfocament de la capitalització composta típic de la matemàtica financera; es pot reproduir fàcilment (Raddi, 2023) i sembla més ortodox que el de traçar la tendència a través d'un model lineal simple o fer servir a seques la fórmula de la capitalització composta. En la figura 2, podem apreciar les diferències entre les tendències obtingudes amb les diferents aproximacions.

L'anàlisi d'una inversió amb un període de retorn de seixanta anys o més, com sol ser el cas dels projectes forestals, és òbviament arriscada. Encara que pugui semblar fàcil introduir la taxa de variació anual del preu real en la fórmula de la capitalització composta, les projeccions fetes a llarg termini¹² donen resultats irracionalment alts o baixos, ja que el preu dels productes forestals és cíclic i llur preu real no pot augmentar o disminuir exponencialment durant llargs períodes de temps sense patir una correcció del mercat (Hoover i Preston, 2008).

El Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya actualitza cada any les taxes de variació anual del preu real dels productes forestals a Catalunya, calculades a través

12. Vegeu la nota 1.

del model de linealització de la capitalització composta aquí descrit, i les publica en el web de l'Observatori Forestal Català.¹³

Bibliografia

- BRITISH COLUMBIA FOREST SERVICE (1999). *Guidelines for developing stand density management regimes*. Victoria: British Columbia Ministry of Forests. Forest Practices Branch.
- BULLARD, S. H.; STRAKA, T. J. (2011). *Basic concepts in forest valuation and investment analysis: edition 3.0*. Nacogdoches (Texas): Stephen F. Austin State University. Faculty Publications 460.
- COLERA, J.; OLIVEIRA, M. J.; COLERA, R. (2017). «Bloc III, unitat 8: derivades». A: *Matemàtiques 2n batxillerat*. Barcelona: Barcanova. També disponible en línia a: <www.espai-barcanova.cat/descargas/barcanova/espai/1473019_8_7_111949.pdf> [Consulta: 30 març 2023].
- DYKSTRA, D. P.; BINKLEY, C. S. M. (1987). *The global forest sector: An analytical perspective* (sinopsi d'un llibre IIASA). Edició a cura de M. Kallio, D. P. Dykstra i C. S. Binkley. Nova York: John Wiley and Sons.
- FELTHAM, S. G.; MESSMER, M. (1996). *Sawnwood values and species effects on quality: An historical perspective for British Columbia*. Victoria: British Columbia Ministry of Forests, Forest Practices Branch. [Document de treball]
- FREESE, F. (1967). «Elementary statistical methods for forester». A: *Agriculture Handbook* [Forest Service, U.S. Department of Agriculture], núm. 317.
- GEJDOŠ, M.; GIERTLIOVA, B.; LIESKOVSKÝ, M.; NĚMEC, M.; DANIHELOVÁ, Z. (2019). «Prices of raw-wood assortments in selected markets of central Europe and their development in the future». *Bioresources*, vol. 14, núm. 2, p. 2995-3011.
- GREGERSEN, H. M. (1975). «Effect of inflation on evaluation of forestry investments». *Journal of American Forestry*, vol. 73, núm. 9, p. 570-572.
- GREGERSEN, H. M.; CONTRERAS, A. H. (1979). «Economic analysis of forestry projects». *Forestry Paper* [Roma: FAO], núm. 17.
- GREGORY, R. G. (1971). «Forecasting consumption and price». *Folia Forestalia* [Hèlsinki: Institutum Forestalia Fenniae], núm. 101: *Forecasting in forestry and timber economy*, p. 34-40.
- HAYNES, R. W.; ADAMS, D. M.; ALIG, R. J.; INCE, P. J.; MILLS, J. R.; ZHOU, X. (2007). *The 2005 RPA timber assessment update: General Technical Report PNW-GTR-699*. Portland:

13. Vegeu la nota 4.

- USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. També disponible en línia a: <doi.org/10.2737/PNW-GTR-699> [Consulta: 30 març 2023].
- HM TREASURY (2014). «GDP deflators: User guide. Government of United Kingdom» [en línia]. <www.gov.uk/government/publications/gross-domestic-product-gdp-deflators-user-guide/gdp-deflators-user-guide> [Consulta: 30 març 2023].
- HOOVER, W. L. (1995). «Predicting black walnut log price». *Station Bulletin* [Indiana: Purdue University. Forestry and Natural Resources], núm. 148.
- HOOVER, W. L.; PRESTON, G. (2008). «Indiana forest products price report and trend analysis». *Timber Reports* [Indiana: Purdue University. Forestry and Natural Resources], article 5. També disponible en línia a: <docs.lib.purdue.edu/timber/5/> [Consulta: 30 març 2023].
- KOLO, H.; TZANOVA, P. (2017). «Forecasting the German forest products trade: A vector error correction model». *Journal of Forest Economics*, vol. 26, núm. 1, p. 30-45. També disponible en línia a: <dx.doi.org/10.1016/j.jfe.2016.11.001> [Consulta: 30 març 2023].
- LESKINEN, P.; KANGAS, J. (2001). «Modelling future timber price development by using expert judgments and time series analysis». *Silva Fennica*, vol. 35, núm. 1, p. 93-102. També disponible en línia a: <doi.org/10.14214/sf.606> [Consulta: 30 març 2023].
- LLUVERAS, B.; ORTIZ, B.; PÉREZ, J. (2012). «Capitalització i actualització composta». A: *Operacions auxiliars de gestió de tresoreria* [en línia]. Institut Obert de Catalunya. <ioc.xtec.cat/materials/FP/Recursos/fp_gad_m04_/web/fp_gad_m04_htmlindex/WebContent/u4/a2/continguts.html> [Consulta: 30 març 2023].
- RADDI, A. (1998). «Variació real dels preus dels productes forestals a Catalunya». *Silvicultura*, núm. 23, p. 5-6.
- (2023). «Predicting forest products price trend: the example of Scots pine in Catalonia» [en línia]. *Mendeley Data*, V4. <data.mendeley.com/datasets/v8p7r5nfrf/4> [Consulta: 30 març 2023].
- REQUEIJO, J.; IRANZO, J. E.; MARTÍNEZ DE DIOS, J.; PEDROSA, M.; SALIDO, J. (2006). *Indicadores de estructura económica*. Madrid: Delta Publicaciones Universitarias, SL.
- ROSE, D. W.; BLINN, C. R.; BRAND, G. J. (1988). *A guide to forestry investment analysis: Research paper NC-284*. St. Paul (Minnesota): US Department of Agriculture. Forest Service. North Central Forest Experiment Station.
- SEDJO, R. A.; LYON, K. S. (1990). *The long-term adequacy of world timber supply*. Washington DC: Resources for the Future Inc.
- SENDAK, P. E. (1991). «Re-expressing interest rates estimated from the exponential model». *Northern Journal of Applied Forest*, vol. 8, núm. 4, p. 172-173.
- VERLY LOPES, D. J.; BOBADILHA, G. D. S.; PERES VIEIRA BEDETTE, A. (2021). «Analysis of lumber prices time series using long short-term memory artificial neural networks». *For-*

ests, vol. 12, núm. 4, p. 428. També disponible en línia a: <doi.org/10.3390/f12040428> [Consulta: 30 març 2023].

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

WALSHE, G.; DAFFERN, P. (1990). «The trees in the forest». A: *Managing cost-benefit analysis*. Londres: Palgrave. També disponible en línia a: <doi.org/10.1007/978-1-349-20763-3_6> [Consulta: 30 març 2023].