

**Elaboració de bótes de castanyer (*Castanea sativa* Willd.)
per a la seva utilització en enologia. Tecnologies,
característiques, variants, requisits de la fusta.**

Document de revisió tècnica



Coordinació:



Amb la col·laboració de:



concoactiva

Aquest projecte està subvencionat pel SOC i el Fons Social Europeu, d'acord amb el Programa d'ajuts a Projectes Innovadors i Experimentals, regulat per l'Ordre EMO/312/2012





Elaboració de bótes de castanyer (*Castanea sativa* Willd.) per a la seva utilització en enologia. Tecnologies, característiques, variants, requisits de la fusta

Document de revisió tècnica

Redacta:





ÍNDEX GENERAL

Resum executiu.....	7
1. Antecedents i objectius	9
2. Metodologia i fonts d'informació	13
2.1. Cerca bibliogràfica	13
2.2. Consultes a webs de fabricants de bótes	14
2.3. Entrevistes amb experts	15
3. La fusta de castanyer. Usos en enologia	17
3.1. Referències històriques	17
3.2. Productes fusters d'ús en enologia	18
3.2.1. Bótes	18
3.2.2. Productes alternatius en enologia	19
3.3. Marc Legal	20
3.3.1. Bótes	20
3.3.2. Productes alternatius	21
3.4. Qualitat de la fusta de castanyer per a usos enològics	21
3.4.1. Característiques físiques de la fusta	21
3.4.2. Característiques químiques de la fusta	23
3.4.3. Procedència	24
3.4.4. Tractaments silvícoles	24
4. Tecnologia per a l'elaboració de bótes de castanyer	26
4.1. Tipus de bótes	26
4.2. Requisits de la fusta (matèria primera)	27
4.3. Diagrama de procés	27
4.4. Tallada i desembosc	28
4.4.1. Procés general	28
4.4.2. Especificitats en castanyer	29
4.5. Serrat en trams o "tronçons"	29
4.5.1. Procés general	29
4.5.2. Especificitats en castanyer	29
4.6. Fendat/serrat de les dogues	30
4.6.1. Procés general	30
4.6.2. Especificitats en castanyer	31
4.7. Assecat	31
4.7.1. Procés general	31



4.7.2. Especificitats en castanyer	33
4.8. Serrat i polit de les dogues	34
4.8.1. Procés general	34
4.8.2. Especificitats en castanyer	35
4.9. Muntatge de la bóta	35
4.9.1. Procés general	35
4.9.2. Especificitats en castanyer	38
5. Llistat de fonts i referències	39
5.1. Bibliografia	39
5.1.1. Monografies generals sobre viticultura i enologia, ús de la fusta en enologia i tecnologia de la fusta	39
5.1.2. Articles i capítols de divulgació tècnica	39
5.1.3. Articles SCI	41



RESUM EXECUTIU

En aquest estudi es realitza una revisió de l'estat de l'art pel que fa a la construcció de bótes amb fusta de castanyer roure reboll (*Castanea sativa* Mill.) per a l'elaboració de vins.

Històricament la fusta de castanyer s'havia emprat en bótes per a transport, i només en alguns casos per l'elaboració de vi. Durant la darrera dècada, la utilització de fusta de castanyer a anat en augment lligada a noves formes d'elaboració i tipus de vins, obtenint uns resultats força satisfactoris en comparació als roures pel que fa a diferenciació del vi i a la qualitat organolèptica del mateix.

Existeix un marc legal europeu i estatal que regula l'ús de la fusta de castanyer en usos enològics, així com la informació de l'etiquetatge.

Les principals característiques físiques de la fusta amb vistes al seu ús en boteria són la densitat i resistència, el gra, la textura, la porositat i la permeabilitat. L'espècie botànica determina en gran mesura aquestes característiques físiques. El castanyer es considera una espècie de gra gruixut i baixa textura. No obstant això, es tracta de característiques concebudes per a la fusta de roure i per tant d'aplicació molt poc adient en castanyer. La principal característica és la permeabilitat de la fusta als gasos, i per tant la capacitat de proporcionar una alta microoxigenació. A més de l'espècie, l'origen i condicions ecològiques on ha vegetat l'arbre, i la silvicultura aplicada afecten a les característiques físiques de la fusta.

Pel que fa a les característiques químiques, Diferents estudis de la composició química de la fusta de castanyer han trobat un nombre gran i divers de compostos. La fusta de castanyer té alts nivells de compostos d'interès enològic, com ara fenols volàtils i aldehids fenòlics, vainillina específicament i els seus derivats. El perfil de tanins és diferent en el cas del castanyer respecte als roures. És característic el predomini d'àcid gàl·lic entre els compostos extraïbles analitzats en fusta de castanyer

Les principals fases en la construcció de les bótes són: la tallada i desembosc, el serrat en trams o "tronçons", el fendat o serrat de les dogues, l'assecat, el serrat i polit de les dogues i finalment el muntatge de la bóta, que inclou el torrat.

La construcció de bótes amb fusta de castanyer segueix les mateixes fases. Les principals característiques són el serrat a malla (i no fendat com en el cas dels roures europeus), un menor temps d'assecatge i maduració i un menor requeriment de torrat.



1. ANTECEDENTS I OBJECTIUS

El castanyer (*Castanea sativa* Mill.)

El castanyer (*Castanea sativa* Mill.) presenta actualment un àrea natural de distribució que abasta la regió mediterrània septentrional, centreeuropa i algunes localitzacions al Caucas i al nord d'Àfrica.

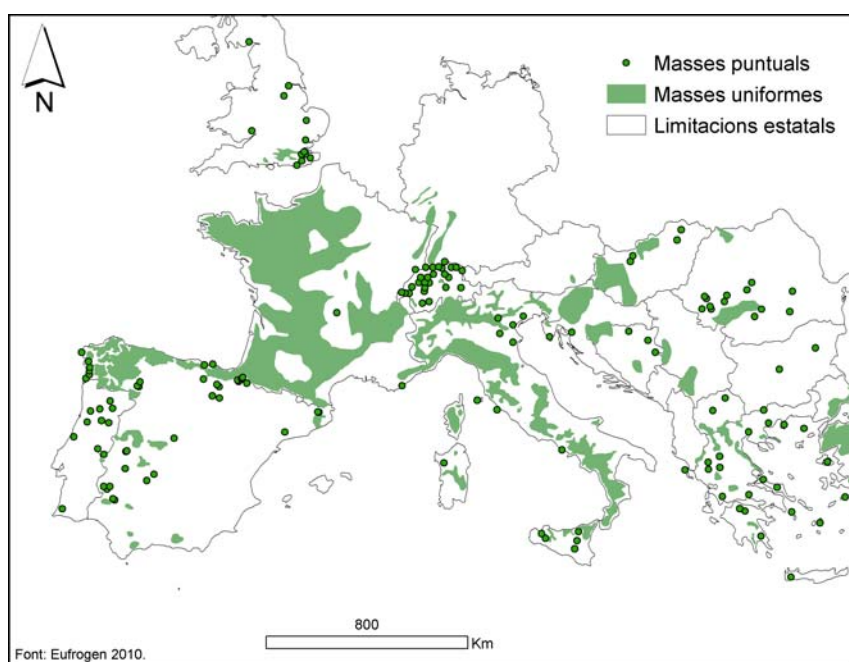


Figura 1. Àrea de distribució europea del castanyer (*Castanea sativa* Mill.) del



Figura 2. Aspecte característic d'una perxada de castanyer adulta. Fulles i fruit de castanyer.



Actualment, el castanyer abasta a Catalunya un total de 13.000 ha com a espècie dominant. Les formacions pures vindrien a representar prop de 9.000 ha, mentre les masses mixtes dominades per castanyer sumen prop de 4.000 ha.

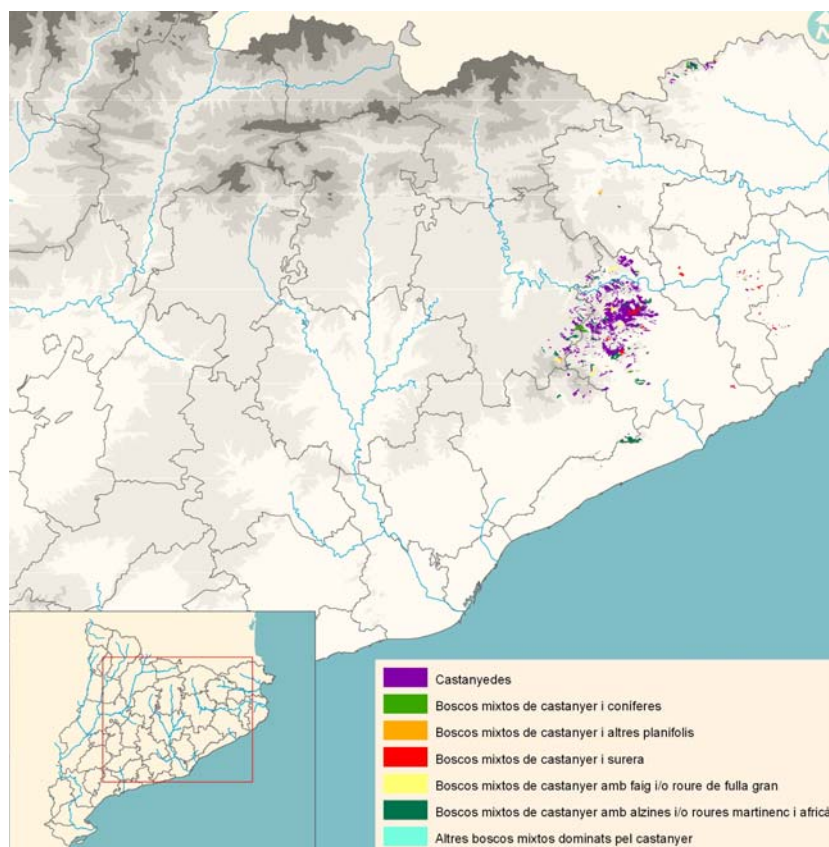


Figura 3. Distribució del castanyer a Catalunya. Font: ORGEST.

Ús en boteria de la fusta de castanyer

La fusta de castanyer ha estat tradicionalment molt emprada en boteria. En destaquen dos productes per a aquest ús:

- La fusta serrada per a les dogues, procedents de tanys adults que han assolit una dimensió suficient.
- Els tanys joves o rodells, emprats a mode de cercol en bótes destinades al tràfec de mercaderies diverses. En alguns casos feien la funció de cercol (quan els cercols de metall eren cars) o també se superposaven al cercol per facilitar el rodament de la bóta durant el transport.



Històricament les bótes de castanyer han estat fonamentalment emprades per al transport de vi, com una mena d'envàs sense retorn, no tant per a l'envelliment o criança. Malgrat això, alguns tipus de vins, sobretot en elaboracions particulars, s'han fet en bóta de castanyer. El cas dels vins rancis casolans, aprofitant bótes econòmiques i accessibles en èpoques de penúries, n'és un exemple.

Durant la darrera dècada, però, la utilització de fusta de castanyer per a l'elaboració i criança de vins ha recobrat de nou interès. Permet elaborar producte diferenciat front a l'imperant roure i nombrosos estudis confirmen la idoneïtat d'aquesta fusta per a usos enològics.

Situació a Catalunya

Les principals masses de castanyer es troben a les comarques de la Selva i Osona. També es troben petits enclavaments amb presència de castanyer a la resta de les comarques gironines, al Vallès Oriental, al Maresme i masses puntuals a les muntanyes de Prades, on hom pot veure peus aïllats dedicats a la producció de fruits.

Després de dècades de gran demanda i consum de fusta de castanyer i de ser l'espècie més emprada en boteria, durant el darrer quart del S. XX, s'inicia la decadència de les explotacions. Diversos problemes en són la causa, entre els que cal destacar:

- Cobren rellevància patologies i desordres fisiològics, principalment el xancre (*Cryphonectria parasitica*), que provoquen una mortalitat massiva de peus i impedeixen produir fusta de qualitat en peces de grans dimensions, que és el que emandava la indústria en aquest moment.
- Disminució de la utilització de la fusta de castanyer per a embalatge d'aliments, a causa de l'aparició del plàstic i la progressiva reducció de la venda a granel.
- Millora de les comunicacions i els intercanvis comercials, que faciliten la importació de fusta de castanyer francesa de millor qualitat.
- Descens de la rendibilitat per l'estancament (o descens en termes reals) de preus de venda de la fusta i l'encariment dels costos d'explotació lligats a la dificultat d'explotació de les castanyedes catalanes (situades en terrenys abruptes i d'elevats pendents).

Durant els darrers anys, però, s'ha fet un important pas en el control del xancre, mitjançant la utilització de soques hipovirulentes. Avui dia, es pot afirmar que aquesta malaltia està sota control, si més no en les estacions amb condicions ecològiques adequades a l'espècie.



Objectius

El present document pretén realitzar una revisió sobre l'estat de la tècnica i coneixements pel que fa a la utilització de fusta de castanyer en l'elaboració de bótes, identificant els punts clau a tenir en compte per a utilització del castanyer català.

El document s'adreça a tres perfils principals d'usuari:

- A tècnics i gestors forestals, propietaris i tècnics de l'administració forestal.
- A industrials de la transformació de la fusta, i especialment a boters.
- Finalment, a cellers i elaboradors de vi.





2. METODOLOGIA I FONTS D'INFORMACIÓ

El present document s'ha realitzat a partir d'un buidat i processat d'informació procedent de cerca bibliogràfica, consultes a webs de fabricants de bótes europeus i entrevistes amb experts.

2.1. CERCA BIBLIOGRÀFICA

A partir de la cerca en servidors i repositoris de diferents àmbits s'han identificat i consultat:

a) Monografies generals de l'àmbit de la viticultura-enologia i tecnologia de la fusta.

b) Articles i monografies de divulgació tècnica centrades en aspectes de l'ús i tecnologia de la fusta de castanyer en enologia:

- Revistas del INIA "Producción y Protección Vegetales" (fins 2003), y "Sistemas y Recursos Forestales" (fins 2011).
- Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Revista Montes.
- Revista Foresta.
- Llibres i Monografies (INIA).

c) Revistes especialitzades de l'àmbit de la vitivinicultura:

- revista Acenologia (www.acenologia.com/)
- revista Anologia (www.revistaenologia.com/)
- revista Enoreports (www.enoreports.com/)
- revista Enólogos (www.revistaenologos.es)
- revista Tecnología del Vino / VinoteQ (consulta de sumaris a dialnet)
- revista Viticultura Enología Profesional (consulta de sumaris a dialnet)
- revista Semana vitivinícola (www.sevi.net)
- revista Enoviticultura (cuatrebcn.es/enoviticultura/)



d) Articles de recerca indexats. Cerca a ISI web of Knowledge. La cerca s'ha basat en les següents paraules clau al camp "topic" i "tittle": wine + Castanea; barrel* + Castanea, cooperage + Castanea; chestnut + cooperage

En una segona fase, s'ha ampliat l'horitzó de cerca a partir de les referències dels articles seleccionats en aquesta primera cerca.

e) Cerca general al Google, amb els termes emprats a la cerca a ISI web of Knowledge traduïts al castellà i català. Detecció d'articles, monografies, tesis, presentacions i vídeos.

f) Bases de dades de l'Oficina Europea de Patents (<http://worldwide.espacenet.com>)

g) Publicacions a la web del Institut Català de la Vinya i del Vi (INCAVI)

2.2. CONSULTES A WEBS DE FABRICANTS DE BÓTES

Catalunya:

- Boteria Torner, www.boteriatorner.cat

Espanya:

- Tonelería Murua, www.toneleriamurua.com
- Tonelería Intona (Industrial Tonelera Navarra), www.toneleriaintona.com
- Tonelería Gangutia, www.toneleriagangutia.com
- Tonelería Rafael Casado, www.rafaelcasado.com
- Tonelería Duero, www.toneleria.es
- Tonelería Magreñán, www.magrenan.es
- Tonelería Quercus, www.toneleriaquercus.com



França:

- Tonnellerie Bouyoud <http://www.bouyoud.com>
- Tonnellerie Canadell www.canadell.fr
- Dargaud & Jaegle Tonnelliers, www.dargaud-jaegle.com
- Seguin Moreau Tonnelliers, www.seguin-moreau.fr
- Tonnellerie Damy www.tonnellerie-damy.fr
- Tonnellerie Demptos, www.demptos.fr
- Tonnellerie Doreau, www.tonneau.com
- Tonnellerie Nadalie, www.nadalie.fr
- Tonnellerie Radoux, www.radoux.fr
- Tonnellerie Saury, www.saury.com
- Tonnellerie Taransaud, www.taransaud.com
- Tonnellerie Vicard, www.groupe-vicard.com
- Tonnellerie François Frères, www.francoisfreres.com
- Tonnellerie Meyrieux, www.tonnelleriemeyrieux

Altres:

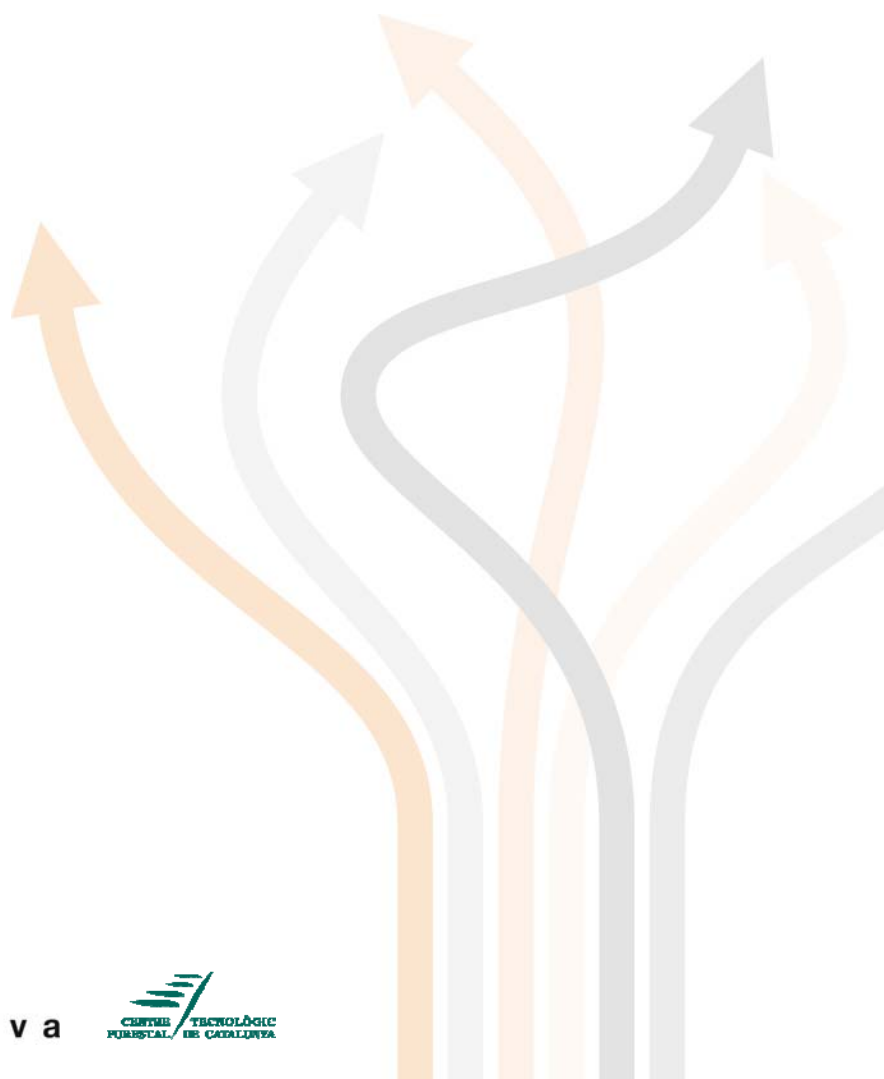
- <http://www.boswellcompany.com>
- Joseph Nicastro, joseph-nicastro.com

2.3. ENTREVISTES AMB EXPERTS

- Josep Mataró (Serrador, Agro-Forestal Mataró)
- Abelardo Ripoll (Boteria Artesana Abelardo Ripoll)
- Boteria Torner



- Assís Suriol (celler Can Suriol – Castell de Grabuac)
- Rafael Sala (celler Vega de Ribes)





3. LA FUSTA DE CASTANYER. USOS EN ENOLOGIA

3.1. REFERÈNCIES HISTÒRIQUES

Existeix consens en que la bóta o barrica de fusta, semblant a la que coneixem avui dia, té l'origen en el poble celta, assentat a la zona central i occidental d'Europa, en temps anteriors a la dominació romana. Originàriament les bótes s'emprarien per a elaborar i transportar cervesa.

En la època clàssica el cultiu de la vinya i el comerç del vi es concentrava a les ribes de la mediterrània. El transport d'aquest producte es va fer preferentment en recipients de fang cuit (àmfores). Fa ara uns 2000 anys, a finals de la República y començament del regnat d'August, la bota de fusta acaba per imposar-se com a recipient de transport de vi al mon romà. En el decurs dels anys següents, a més del transport, la bota de fusta s'emprarà per a la conservació i envelliment de vins i alcohols.

Antigament les barriques es fabricaven de la fusta més abundant en el lloc de producció: castanyer, cirerer, freixe, faig, roure, pi, etc. Anecdòticament, en moltes zones dels Pirineus les bótes més apreciades eren fins fa pocs anys les de cirerer, doncs enrancien el vi amb una aroma i sabor especials.

No obstant, la fusta de roure va acabar imposant-se com a material de fabricació de les bótes per excel·lència, degut a dues característiques clau:

- ☑ Mecànicament és la fusta més resistent que existeix al continent europeu, i per tant les bótes fetes amb aquesta fusta eren més resistents i durables. Malgrat que existeixen altres espècies amb fusta més dura, com l'alzina, les dimensions minses dels troncs i les característiques d'aquesta fusta no la fan òptima per a la boteria.
- ☑ La fusta de roure modifica favorablement les característiques olfactives i gustatives del vi.

No obstant aquesta preferència pel roure, el fet que era una fusta relativament escassa, i les grans necessitats de bótes per al transport de matèries, van fer que el castanyer fos profusament emprat en la construcció de bótes per al transport de vi. En aquest sentit, el castanyer aportava alguns avantatges:

- ☑ És una fusta que també modifica favorablement les característiques olfactives i gustatives del vi. Si més no, no aporta característiques desfavorables als vins.
- ☑ És una fusta abundant, de creixement ràpid. En 30 anys s'assoleixen les dimensions adequades per serrar per bóta, front als més de 150 del roure.



- ☑ A diferència dels roures europeus, que cal fendre, el castanyer es pot serrar per obtenir les dogues. Això suposa un increment molt substancial del rendiment en dogues, abaratint el producte.

A Catalunya, la fusta de castanyer va ser emprada abastament per boteria durant els segles XVIII i XIX, molt lligada al comerç amb les amèriques. Per al transport de vi, es van seguir construint bótes de castanyer, cada cop en menor proporció, fins al dia d'avui, que ha esdevingut una espècie minoritària front al roure.



Figura 4. Construcció de bótes de castanyer. Anys 50, Vilafanca del Penedès.

3.2. PRODUCTES FUSTERS D'ÚS EN ENOLOGIA

3.2.1. Bótes

Recipient de fusta més llarg que ample, de secció transversal aproximadament circular, major en el centre que en els extrems, les bases del qual són dues peces de fusta (anomenades tapes o fons) i la superfície lateral està formada per dogues encorbades i acoblades mantingudes unides amb cercols de fusta o ferro, que serveix per a guardar i transportar vi.



Figura 5. Bóta bordelesa.

3.2.2. Productes alternatius en enologia

Trossos de fusta que s'afegeixen al most o al vi per a conferir-li determinades característiques organolèptiques.

Els trossos de fusta poden tenir dimensions i formes variables, i normalment es passen per un torrat de forma anàloga a les dogues.



Figura 6. Productes alternatius en enologia: taules o llistons, daus i encenalls o "xips".



3.3. MARC LEGAL

3.3.1. Bótes

No existeixen aspectes legals específics per a l'ús de la fusta de castanyer (*Castanea sativa* Mill.) en la fabricació i ús de bótes de vi, quedant inclòs el seu ús en el marc legal general, que es descriu breument a continuació.

A nivell europeu, des del punt de vista normatiu, la criança de vins i espirituosos en continents de fusta no és un tractament enològic, sinó una forma de conservació que per tant està sotmesa a la normativa sobre materials de contacte (RCE 2392/89 de 24 de juliol de 1989).

El Reglament (CE) nº 1493/1999 del Consell, estableix l'Organització comú de mercat vitivinícola. Els posteriors Reglaments (CE) nº 1622/2000, (CE) nº 884/2001 i (CE) nº 753/2002, estableixen disposicions per a l'aplicació del primer.

El Reglament 1507/2006 estableix una sèrie d'indicacions d'ús exclusiu en vins que hagin estat fermentats, criats o envellits solament en recipients de fusta de roure, sense addició alguna de trossos d'aquesta fusta. Aquestes normes han resultat modificades posteriorment pel Reglament (CE) nº 1951/2006, que fa extensiva la denominació a bótes d'altres espècies, tot indicant-ne el nom. Es cita expressament el castanyer com una de les espècies diferents del roure més emprades en boteria per a l'elaboració de vins.

A nivell estatal, l'envelliment del vi en barrica és una pràctica tradicional que està regulada per la legislació espanyola (*Ley 24/2003, de 10 de julio, de la Viña y del Vino*).

El RD 1127/2003 i el RD 1365/2007 regulen la designació, denominació, presentació i protecció de determinats productes vitivinícoles, incloent en el seu articulat les mencions relatives a l'envelliment que s'indiquen a l'article 3 de la *Ley 24/2003, de 10 de julio, de la Viña y del Vino*. El fet que s'emprin bótes de roure i/o productes alternatius condiciona les indicacions que poden es emprar en l'etiquetatge.

Així, les indicacions "Noble", "Añejo" o "Roble" podran utilitzar-se únicament per a designar vins fermentats, criats o envellits en recipients de fusta de roure. La indicació "Barrica" podrà designar vins fermentats, criats o envellits en recipients de qualsevol altra espècie de fusta (cas del castanyer). Aquestes indicacions no podran utilitzar-se per a designar vins elaborats amb ajuda de trossos de fusta de roure, encara quan s'hagin emprat també en aquests processos recipients de fusta de roure, o d'altres espècies en el cas de la indicació "barrica".

D'altra banda, las menciones tradicionales complementàries "Crianza", "Reserva" y "Gran Reserva" només podran ser emprades per a designar vins fermentats, criats o envellits en barriques de fusta de roure. En el cas del castanyer, doncs, no s'escau emprar aquestes mencions.



3.3.2. Productes alternatius

A diferència del que ocorre amb els roures, en el cas del castanyer no s'ha desenvolupat l'ús de productes alternatius (veure apartat 3.2.2). Les normatives existents fins a la data només contemplen l'ús de productes alternatius derivats de les diferents espècies de roures.

Un producte derivat del castanyer d'ús enològic és el **taní**. En aquest cas, es tracta d'un producte d'extracció amb procés industrial, amb ús enològic regulat.

3.4. QUALITAT DE LA FUSTA DE CASTANYER PER A USOS ENOLÒGICS

La utilització de fusta de castanyer en usos enològics ha estat avaluada en els darrers anys en nombrosos estudis. Els resultats demostren que presenta bones aptituds per a l'elaboració i també per a l'envelliment de vins de qualitat.

En els apartats que segueixen es descriuen els principals aspectes que tenen influència sobre la qualitat de la fusta de roure per al seu ús en boteria i es destaquen les especificitats per al cas del castanyer, cas d'haver-ne.

3.4.1. Característiques físiques de la fusta

Les principals característiques físiques de la fusta amb vistes al seu ús en boteria són la densitat i resistència, el gra, la textura, la porositat i la permeabilitat. L'espècie botànica determina en gran mesura aquestes característiques físiques.

Les característiques físiques de la fusta de castanyer venen determinades pel relativament ràpid creixement de l'espècie. En estacions adequades, el creixement mitjà diametral supera el cm/any i el longitudinal el m.

D'altra banda, a diferència dels roures europeus, el castanyer es pot serrar en tauló amb un rendiment molt major (veure apartat 4.6). Això ocorre perquè la fusta de castanyer presenta una configuració dels vasos de primavera que fa que la fusta sigui menys permeable als líquids. En roures europeus, el serrat per a doga s'ha de fer en talls radials, el que s'anomena "fendre", el que redueix sensiblement el rendiment del serrat.

El denominat **gra de la fusta** en boteria és l'amplària de l'anell de creixement en mm. Com tots els anells no són iguals, es fa referència a l'amplària mitjana i a la regularitat de l'amplària dels anells de creixement. Una fusta és de "gra fi" quan la velocitat de creixement és lenta, l'amplària de l'anell és petita i hi ha major proporció de fusta de primavera. Es diferencien diferents classes de gra (Taula 1):



Taula 1. Classes de gra en funció de la grandària mitjana dels anells.

Tipus de gra	Grandària mitjana dels anells (mm)
Gra molt fi	<1
Gra fi	1-2
Gra mitjà	2-4
Gra gruixut	4-5
Gra molt gruixut	< 5



Figura 7. Secció d'un tronc de castanyer de 18 anys d'edat procedent del Montnegre-Corredor (Barcelona). S'observa l'amplada dels anells de creixement durant els primers 15 anys.



La **porositat** exerceix un paper primordial en el grau d'oxigenació del vi durant l'envelliment. Existeix una estreta relació entre la porositat i el gra de la fusta. En el cas dels roures, la porositat de la fusta és tant més elevada com més fi sigui el gra. No obstant això, en el cas del castanyer les característiques del porus fa que sigui una fusta amb gra gruixut i alta porositat, el que facilita l'intercanvi entre el vi i l'atmosfera del celler (micriooxigenació).

D'altra banda, el gra de la fusta es troba relacionat també amb l'aport de substàncies químiques que la fusta fa al vi. Independentment de l'espècie de que es tracti, al augmentar la mida del gra s'incrementa l'aport d'extracte sec i de tanins el·làgics, mentre disminueix la concentració d'altres substàncies aromàtiques.

La **permeabilitat** de la fusta es troba directament relacionada amb la porositat. A major porositat, major permeabilitat.

La **textura** és la relació entre l'amplària de la fusta d'estiu i l'amplària total de l'anell. En el castanyer, com ocorre amb el roure, l'augment de l'amplària de l'anell és principalment a partir de fusta d'estiu, per la qual cosa la textura està en relació directa amb l'amplària de l'anell. Com que la fusta d'estiu té cèl·lules amb lúmens més estrets que la de primavera (on a més se situen els porus en anell), la seva permeabilitat és menor i la seva resistència major. Per tant, com més gran és la textura menor és la permeabilitat i major la resistència, la qual cosa té gran importància en boteria, que exigeix aquest tipus de fusta pel seu bon comportament mecànic i adequada permeabilitat.

El castanyer es considera una espècie de gra gruixut o molt gruixut i elevada textura.

A més de l'espècie, l'origen i condicions ecològiques on ha vegetat l'arbre, i la silvicultura aplicada afecten a les característiques físiques de la fusta.

3.4.2. Característiques químiques de la fusta

Diferents estudis de la composició química de la fusta de castanyer han trobat un nombre gran i divers de compostos (per exemple, lactones, compostos furànics, terpens, derivats de lignina i compostos triterpènics). La fusta de castanyer té alts nivells de compostos d'interès enològic, com ara fenols volàtils i aldehyds fenòlics, vainillina específicament i els seus derivats.

Comparativament amb el roure, el perfil de tanins és diferent en el cas del castanyer. El roure només conté tanins del tipus elagitanins, no conté compostos com ara àcid protocatèquic i aldehyd i es compon de quantitats molt més baixes d'àcid gàl·lic que el castanyer. És característic el predomini d'àcid gàl·lic entre els compostos extraïbles analitzats en fusta de castanyer.



Pel que fa a la capacitat antioxidant i composició fenòlica, *Castanea sativa* presenta una alta capacitat antioxidant, a causa del seu relativament alt contingut de compostos fenòlics. Els principals contribuents a la capacitat antioxidant identificats són els àcids fenòlics, incloent gàl·lic, protocatèquic, *p*-cumàric i àcid elàgic i tots els elagitanins, per la seva estructura característica.

D'altra banda, la fusta de castanyer presenta un considerable efecte de sorció de flavanols lliures. Totes aquestes modificacions es reflecteixen en les característiques cromàtiques dels vins negres de criança.

Igual que en el cas de les característiques físiques, l'origen i condicions ecològiques on ha vegetat l'arbre, i la silvicultura aplicada afecten a les característiques químiques de la fusta.

De qualsevol forma és important assenyalar, en parlar de la composició química de la fusta de castanyer, que aquesta canvia significativament en el procés de fabricació de les bótes, atès que les fases d'assecat i torrat modificaran sensiblement les substàncies químiques presents en la fusta.

3.4.3. Procedència

Dintre d'una mateixa espècie botànica, les condicions edafoclimàtiques dels diferents orígens geogràfics també condicionen de forma decisiva les seves propietats físiques i químiques.

Pel que fa a les característiques físiques, existeix una variació del gra en funció del seu origen, segons les característiques ecològiques del lloc (qualitat d'estació). No s'han trobat estudis de comparació de diferents procedències segons característiques químiques de la fusta i la seva incidència sensorial.

3.4.4. Tractaments silvícoles

Quant a la incidència dels tractaments silvícoles en les característiques de la fusta per a boteria existeixen pocs estudis. És ben conegut que els tractaments que provoquen canvis bruscs en la densitat de les poblacions (aclarides fortes) fan que es produeixi un ràpid creixement en diàmetre com reacció, amb el que els anells passen a estar molt separats, el que no és convenient.

Per altra banda, en el cas dels roures s'ha vist que els arbres que procedeixen d'explotacions de bosc alt regular (*haute futaie*) posseeixen menys tanins que els que procedeixen d'explotacions de bosc de rebrot amb tanys reservats (*taillis sous futaie*), que a més presenten una fusta més porosa. En castanyer, a més, la gestió a bosc de rebrot durant moltes rotacions condueix a un envelliment de les soques, el



que condiciona les característiques de la fusta i l'aparició de singularitats o defectes com ara el "roig" (enfosquiment de la fusta).





4. TECNOLOGIA PER A L'ELABORACIÓ DE BÓTES DE CASTANYER

4.1. TIPUS DE BÓTES

El tipus de bóta a elaborar condiona la dimensió de les dogues. Existeixen un gran nombre de tipus de bótes. Tradicionalment, a Catalunya es diferenciaven un gran nombre de tipus de bóta, entre les que destaquen:

- Barrils. Bótes d'entre 70 i 150 litres de capacitat, de secció diversa, proveïda generalment de sis cercols. S'arribaven a construir barrils petits fins i tot de 32 litres.
- Barriques. Bótes d'envelliment, d'entre 250 i 500 litres de capacitat, o una mica més. Acostumen a estar proveïdes de sis cercols.
- Bordeleses. Bótes ovalades de 200 a 300 (o fins i tot 400) litres de capacitat; especialment, de 225 litres.
- Bocoï. Tona (usualment de transport, però que també pot ser d'envelliment) d'una capacitat aproximada de 650 litres, de forma ovalada, proveïda de vuit cercols, que té el mateix diàmetre que una de normal però menys altura.
- Mig bocoï. Barrica de transport d'entre 400 i 500 litres de capacitat.
- Bóta portuguesa. Bóta ovalada de 500 litres de capacitat. S'exportaven a Portugal, d'aquí el nom que rebien. Eren les bótes més altes que es manufacturaven, fins i tot de més alçada que els bocois de 600 litres i també amb més ventre (bombades). Podien portar, a més dels de ferro, alguns cercols de fusta.

La denominada "bóta bordelesa" és la més emprada en enologia comercial a dia d'avui. Presenta les següents característiques generals (Taula 2):

Altres tipus de bótes que es fabriquen a escala comercial són:

- Bóta borgonyona, similar a la bordelesa, però de 228 l de capacitat.
- Bótes de 300 a 400 l, generalment per a vins licorosos o espirituosos.
- Bótes per a vinificació en fusta, d'entre 220 i 400 l, amb obertura, permeten la fermentació en fusta de lots de petit volum.
- Bótes especials, més petites que la bordelesa, per a ús particular o venda al detall de vi. Moltes variants en formes i dimensions.

**Taula 2.** Principals característiques de la bóta bordelesa.

Paràmetre	Magnitud
Alçària (cm)	95
Amplària mínima exterior (tapes) (cm)	57
Amplària màxima exterior (ventre) (cm)	70
Capacitat (l)	225
Gruix de la doga (mm)	27-32
Amplària de la doga (cm)	7-8
Nº de dogues casc	28-30
Nº dogues fons	5-7
Nº de cèrcols	6-8
Pes total buida (kg)	55-60
Humitat de la fusta acabada de fabricar (%)	12-18

4.2. REQUISITS DE LA FUSTA (MATÈRIA PRIMERA)

La fusta destinada a dogues, en general i també per al cas del castanyer, presenta uns requeriments força exigents: fusta sense nusos en la major part del roll, fibra sensiblement recta, alta proporció de duramen, creixements mitjans o baixos. El castanyer, atès el seu patró i ritme de creixement, permet aconseguir amb facilitat aquestes característiques.

El diàmetre requerit en punta prima és de 25-30 cm, atès que és una espècie que permet obtenir les dogues mitjançant serrat.

Com a mínims, serien aprofitables, peces en roll de 30 cm de diàmetre en punta prima i llargada mínima de 1,15 m, sense defectes interns (podridures, nusos).

4.3. DIAGRAMA DE PROCÉS

El procés productiu de les bótes de roure s'il·lustra a la Figura 8.

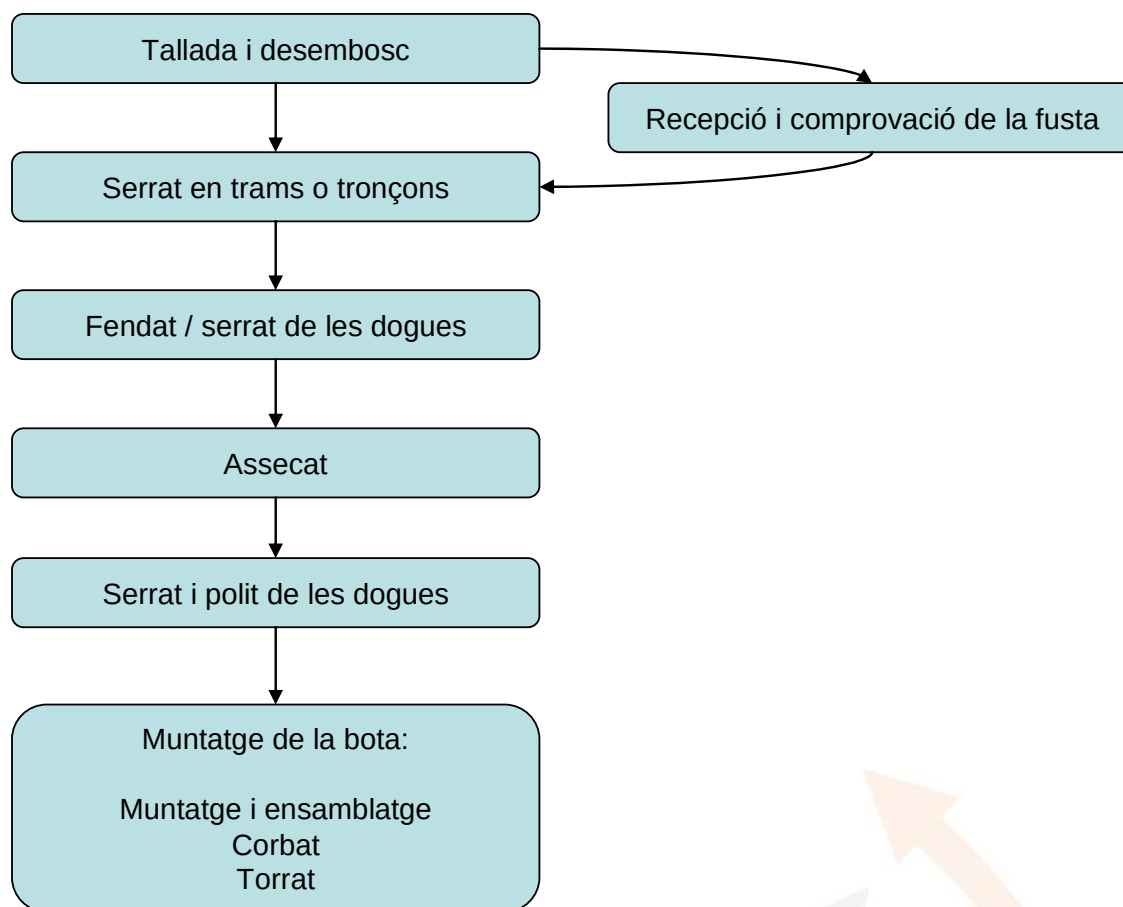


Figura 8. Diagrama de flux del procés de fabricació de dogues de castanyer per a boteria.

4.4. TALLADA I DESEMBOSC

4.4.1. Procés general

La tallada i desembosc es realitza de forma similar a la resta d'espècies forestals. Es talla a saba aturada, durant l'hivern.

Pel que fa al desembosc, és important no deixar massa temps la fusta a bosc o a carregador ja que poden proliferar fongs que confereixin a la fusta característiques indesitjades. Es recomana extreure la fusta del bosc el més ràpidament possible i deixar-la al pati de la serradora en condicions adequades, sobre un terra net i ben drenat, sense restes o terra, o aïllada de terra.



4.4.2. Especificitats en castanyer

Com a requisits especials en castanyer cal remarcar:

- Cal obtenir les peces el més llargues possible per poder realitzar un especejament òptim a la serradora, on sovint cal tallar una secció de tronc per extreure un nus o defecte, i posteriorment obtenir les peces de 1,05 m a 1,20 m. Si el tronc ve tallat curt de bosc (a 2,30, per exemple), sovint algun defecte impedirà obtenir dues trosses del mateix tronc.
- En qualsevol cas, si s'ha de transportar la fusta curta, és preferible tallar a 2,3 m, de forma que al treure les testes quedi suficient llargada per obtenir dues peces de 1,05 m.

4.5. SERRAT EN TRAMS O “TRONÇONS”

4.5.1. Procés general

La primera operació a la serradora és serrar els troncs en trams per obtenir trams curts de 1,05 a 1,20 m de llargada.

Aquestes peces, anomenades en francès “*tronçons*” i en castellà “*tarugos*” seran les que posteriorment es serraran per extreure'n les dogues. La llargada superior a 1 m obeeix a que cal deixar un petit fragment sobrant a cada punta de la doga per a que les possibles clivelles de secar i altres defectes puguin ser eliminats després de l'assecat i maduració de la doga, deixant la doga en els 95 cm de llargada final corresponent a una bóta bordelesa.

Al realitzar aquest serrat, cal tenir en compte que convé eliminar del tronc petites seccions amb defectes visibles com ara nusos morts amb podridures, ferides, abonyegaments, etc.

4.5.2. Especificitats en castanyer

En el cas del castanyer, poden haver nombrosos punts defectuosos en un tronc, segons l'origen i la silvicultura que s'hagi practicat i especialment l'afectació de xancre (*Cryphonectria parasitica*) que caldrà eliminar, per la qual cosa el rendiment dels troncs pot variar segons la partida de fusta a serrar.



4.6. FENDAT/SERRAT DE LES DOGUES

4.6.1. Procés general

En aquesta fase, s'extreuen les dogues de cadascun dels trams preparats a la fase anterior.

En el cas del castanyer, el serrat de les dogues es pot realitzar “a la malla”, a diferència dels roures europeus que cal serrar mitjançant “fendat” (Figura 9).

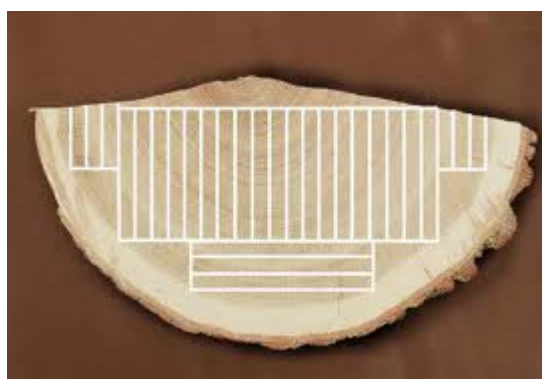


Figura 9. Secció d'un tronc de castanyer on es mostra l'especejament per extracció de les dogues mitjançant serrat. S'aprecien la franja exterior més blanca de l'albeca, que no s'aprofita per extreure dogues, i, dins la part més fosca o duramen, la disposició de les dogues serrades.

El serrat de les dogues es realitza amb serres de cinta o de disc. El gruix de les dogues en el moment de serrar cal situar-lo al voltant dels 33 mm, de forma que després del secat i polit quedi entre els 27 i 32 mm requerits 30-32 mm. L'amplada de la doga se situarà entre els 5 i els 10-11 cm (Figura 10). Cal tenir en compte que a major gruix, major serà la resistència de la barrica i major dificultat hi haurà per a la difusió gasosa i les pèrdues per filtració.



Figura 10. Testa d'una dogu a l'inici del període d'assecatge. Presenta una amplada entre 10 i 11 cm (tot i que pot ser menor, de fins a 6-7 cm) i un gruix d'uns 3,3 cm.

4.6.2. Especificitats en castanyer

Ateses les característiques de la fusta i el seu assecat, es pot treballar amb gruixos de dogu menors, de 30 mm o menys, per assolir 25-27 mm un cop assecada.

4.7. ASSECAT

4.7.1. Procés general

Un cop les dogues han estat serrades, contenen encara un alt percentatge d'humitat. La fusta fresca no pot ser utilitzada en la fabricació de barriques, ja que conté entre un 35-60% d'aigua, i els seus compostos extractables són difícilment compatibles amb l'objectiu de millorar la qualitat dels vins, i per això és necessari sotmetre-la a un procés d'assecat.

L'assecat idoni és el que es realitza de manera natural col·locant les dogues en piles a la intempèrie. És el que s'anomena **assecat natural** "a l'aire". Les dogues s'apilen en direcció creuada (Figura 11), deixant suficient espai entre les dogues perquè circuli l'aire.

Amb aquesta disposició passen al pati d'assecatge, a l'aire lliure, on:

- ☑ Romandran entre 8 i 12 mesos (a diferència dels roures, que requereixen períodes d'assecat molt superior).
- ☑ Amb un programa de reg per aspersió (Figura 12), per facilitar la maduració correcta de la fusta i suavitzar les condicions meteorològiques de la zona. Quan el parc d'assecat de la fusta està situat en una zona amb humitat ambient excessivament baixa, aquesta pot compensar-se amb regs amb aigua neta, però mai han de fer-se aquests regs a l'excés. Habitualment, en el procés d'assecat de la boteria es realitza un reg diari al matí durant cinc dies



a la setmana. Alguns estudis indiquen que també són adequades menors dotacions de reg o fins i tot no fer regs. S'ha comprovat que l'aportació diària d'aigua mitjançant reg provoca una disminució excessiva d'el·lagitanins, però també de tots els altres compostos presents en la fusta, i molt especialment dels de major incidència aromàtica.

- ☑ En qualsevol cas, a banda de la funció de lixiviat que proporcionen els regs, la humitat excessiva no és favorable.
- ☑ Eventuals sèmres microbianes.

L'assecat de les dogues és una etapa en què la humitat de la fusta ha de disminuir fins el 15% aproximadament. A més durant aquesta etapa, els raigs UVA del Sol i les pluges degradaran i arrastraran moltes substàncies i impureses que afecten negativament la qualitat del vi.



Figura 11. Dogues apilades al parc d'assecatge. Diferent disposició de les dogues per afavorir-ne l'airejament.



Figura 12. Reg per aspersió en un parc de fusta durant la fase d'assecat i maduració.

Per a tractar d'escurçar el període d'assecat de la fusta s'ha intentat introduir processos d'assecat artificial, en els quals la fusta s'asseca en una estufa ventilada, amb condicions de temperatura i humitat controlades, o un procés d'assecat mixt, alternant l'assecat a l'aire lliure durant un període reduït, amb l'acabat en estufa. En aquest cas els components de la fusta evolucionen de forma diferent a l'assecat a l'aire lliure.

4.7.2. Especificitats en castanyer

Com s'ha esmentat, requereixen menor temps de maduració que els roures.



4.8. SERRAT I POLIT DE LES DOGUES

4.8.1. Procés general

Un cop les dogues han passat per la fase d'assecat, sobretot si s'ha fet a la intempèrie, poden presentar un enfosquiment de la superfície i també petites clivelles o contaminacions fúngiques més intenses als extrems (testes).

En aquesta fase, es procedeix a **serrar** les puntes de les dogues (normalment un fragment de 5 cm a cada punta, per a una bota bordelesa de 95 cm) i, opcionalment, **polir-les** mitjançant raspallat.

Aquestes operacions poden realitzar-se per part del fabricant de les dogues, abans de l'expedició, o pel mateix boter al moment de fabricar la bóta.

En aquesta fase, pot realitzar-se opcionalment un tractament de la part interior de la doga que consisteix a crear petites incisions i acanaladures superficials (Figura 13), en la direcció de la fibra, que tindran com a objectiu facilitar l'evacuació dels gasos i del vapor d'aigua romanent a la fusta quan es realitza el torrat de la bóta (amb temperatures de 300-400 °C) i també l'escolament dels condensats líquids que es generen. Aquest tractament està sotmès a patent (EP 2 319 667 A1).

D'altra banda, s'han proposat barriques constituïdes per dogues ondulades: les ranures realitzades en la cara interna de les dogues permetrien augmentar les superfícies de contacte vi-fusta entre el 30 i el 75%, segons l'amplada de l'acanaladura. Els intercanvis fusta/va venir s'accelerarien, el que podria significar un menor temps d'envelliment per a adquirir el perfil aromàtic desitjat. D'altra banda, s'afavoreix la presència d'aromes més complexes ja que el buit de la ranura rep un torrat menys fort que la cresta. Finalment, el menor gruix de fusta de la part interior de l'acanaladura afavoreix la microoxigenació.

Com a inconvenients, aquesta tècnica pot aportar un excés de tanins i d'aromes de fusta i la neteja de la bóta també és més difícil.



Figura 13. Dogues de roure europeu amb ranures realitzades en la cara interna.

4.8.2. Especificitats en castanyer

No s'han detectat especificitats per al cas del castanyer.

4.9. MUNTATGE DE LA BÓTA

4.9.1. Procés general

a) Nombre i disposició les dogues

En primer lloc, l'artesà boter alinea les dogues necessàries per conformar la bota i treballa els costats (cantells) per tal que encaixin (procés anomenat "cimentar" o "fer el biaix"). El nombre de dogues necessàries depèn de l'amplada d'aquestes. Per a una bóta bordelesa amb dogues *standard*, són necessàries entre 28 i 30 dogues per fer el casc.

Amb els dos cercles superiors col·locats, es procedeix al torrat de les dogues al forn de torrat. Durant el torrat, aprofitant que la temperatura facilita el domat de la fusta, es realitza la formació final de la bóta. L'artesà boter col·loca els cercles centrals i inferiors.



Finalment, es col·loquen les dues tapes, amb la qual cosa la bota queda enllestida.

b) Torrat

Aquesta fase es realitza durant el muntatge de la bóta. El torrat facilita la formació de la barrica i el domat de les dogues que la constitueixen sense que es produeixin trencaments o fissures.

El torrat té una gran influència en la composició química final de la fusta, ja que durant el procés de torrat tenen lloc una varietat de reaccions d'hidrotermòlisi i piròlisi, que provoquen la degradació de la lignina, poliòsids, polifenols i lípids, donant lloc a l'aparició d'altres compostos.

Es realitza aplegant les dogues al voltant d'un "forn de torrat". Durant la primera etapa del procés s'ha d'aplicar conjuntament calor i humitat. Es realitza després un segon escalfament sense humitat, que arriba a cremar la fusta, per afavorir la degradació tèrmica de la capa superficial, que és la que després estarà en contacte amb el vi, i generar nous compostos aromàtics.

En general, es diferencien tres classes de torrat en funció de la durada i la temperatura màxima que s'assoleix: lleuger, mitjà i fort (Taula 3). Tot i això, cada boteria té el seu propi protocol de torrat i els criteris poden ser força diferents. Algunes boteries especifiquen altres nivells de torrat, intermedis entre els assenyalats, com pot ser mitjà +, mitjà -, i extrafort.

Taula 3. Tipus de torrat.

Tipus de torrat	Durada (minuts)	Temperatura màxima assolida (°C)
Lleuger	20	120-140
Mitjà	30	200-220
Fort	40	250-280

Quant a la font de calor per realitzar el torrat, habitualment són brasers en els quals cremen restes de fusta de roure provinents de la fabricació de les dogues, controlant-se la temperatura que aconsegueix la fusta mitjançant làser.

Encara que sigui més difícil de controlar, el torrat amb brasero de roure permet un "cremat" homogeni del conjunt de la barrica. Alguns estudis mostren que aquest tipus de torrat revela amb més intensitat els components aromàtics (vainillina, eugenol, siringol, etc.) que altres tipus de torrat com el torrat elèctric, a gas o fins i tot per infrarojos.



Per aplicar humitat es pot fer mitjançant reg per aspersió, o submergeint les dogues en un bany d'aigua abans del muntatge.

Per torrar els fons normalment s'usen resistències elèctriques, que tenen l'avantatge de poder regular amb facilitat la intensitat de la calor que es genera. Amb la finalitat d'automatitzar aquest procés, en els últims anys s'han desenvolupat sistemes de torrat mitjançant l'aplicació de rajos infrarojos, tant en posició vertical com a horitzontal, que generen la calor de forma més homogèniament repartit i amb una intensitat constant. A més de la font de calor, el boter pot controlar la circulació d'aire a l'interior de la barrica, que pot condicionar la velocitat d'increment de temperatura de les dolguis, els llindars de temperatura al fet que s'arriba, i la penetració de la calor a l'interior de la fusta.

Segons es permeti o no la circulació d'aire, es coneixen dos sistemes de torrat: el bordelès, sense circulació d'aire, vulgarment conegut com "amb tapa", i el sistema de la Borgonya, que manté oberta la barrica durant el torrat (Figura 13).

Un altre sistema que s'utilitza els darrers anys és el denominat "Torrat Rotatori Horitzontal", TRH®, que permet controlar amb gran exactitud el procés de torrat i permet obtenir una homogeneïtat molt alta dins una partida de bótes.

Un altre sistema que s'utilitza els darrers anys és el denominat "Torrat Rotatori Horitzontal", TRH®, que permet controlar amb gran exactitud el procés de torrat i permet obtenir una homogeneïtat molt alta dins una partida de bótes.



Figura 14. Imatges del procés de torrat. A l'esquerra, bóta amb el forn de torrat. Al mig, torrat amb tapa o "bordelès, a la dreta, " torrat amb bóta oberta o "de la Borgonya".

L'evolució dels compostos químics de la fusta durant el torrat depèn, a més de les condicions de temperatura, durada i humitat de la fusta, de l'espècie i la procedència. A més, la manera com s'hagin serrat les dogues (per fendat o per serrat) també condiciona aquesta termodegradació. Si les dogues s'han obtingut per



serrat, l'efectivitat del torrat és major que en les dogues que s'han obtingut per fendat.

4.9.2. Especificitats en castanyer

Requereix en general baixes intensitats de torrat, comparativament amb els roures.





5. LLISTAT DE FONTS I REFERÈNCIES

5.1. BIBLIOGRAFIA

5.1.1. Monografies generals sobre viticultura i enologia, ús de la fusta en enologia i tecnologia de la fusta

Beltrán, M., P. Vericat, et al. (2013). Models de gestió per als boscos de castanyer (*Castanea sativa* Mill.): producció de fusta i fruit. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST), Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya.

Bourgeois, C., E. Sevrin, et al. (2004). Le Châtaignier: un arbre, un bois, Institut pour le Développement Forestier.

Cacho, J. 2009. El roble, la barrica y la crianza del vino tinto. Cuadernos de Aragón, nº 41. Institución "Fernando el Católico". Diputación de Zaragoza. 68 pp.

DGCN (2001). Mapa Forestal de España. Escala 1:50.000. Catalunya. Madrid, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente.

Hidalgo, J. 2011. Tratado de Enología, 2ª edición. Mundi-Prensa.

Lacroix, J. P. 2006. Bois de tonnellerie - de la forêt à la vigne et au vin. Gerfaut.

Piqué, M., P. Vericat, et al. (2011). Tipologies forestals arbrades. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Barcelona, Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya.

Rull, X., 1999. Diccionari del vi: amb licors i altres begudes. Enciclopèdia Catalana.

Vivas, N. 2004. Manual de tonelería: destinado a usuarios de toneles. Mundi-Prensa.

Zamora, F. 2003 Elaboración y crianza del vino tinto: aspectos científicos y prácticos. Mundi-Prensa.

5.1.2. Articles i capítols de divulgació tècnica

Comes, G. 2008. Agustí Mercadé Rovira, l'últim d'una nissaga de boters de Baix a Mar. Recull de Treballs. 9: 25-32. Centre d'Estudis Sinibald de Mas



Echepare, E., Pérez, R., Bauza, J., Elejalde, E. 2006. Tostado rotativo horizontal. Nuevo sistema de tostado de barricas para crianza de vinos. *Viticultura enología profesional*, 103: 15-34

Esteruelas, E.; Fernández de Simón, B.; Muñoz, A. M.; Sanz, M.; Cadahía, E. 2009. Caracterización de diferentes maderas para uso en tonelería. Parte I, compuestos volátiles. *Semana vitivinícola*. (3254): 392-393, 2009.

Esteruelas E., Fernández de Simón B., Muñoz A. M., Sanz M., Cadahía E. 2009. Caracterización de diferentes maderas para uso en tonelería: parte 2, compuestos fenólicos y taninos. *La Semana Vitivinícola*, núm. 3265: 1126-1134.

Esteruelas, E., Muñoz, A. M.; Fernández de Simón, B., Cadahía, E., 2006. Sobre el curado de roble en tonelería: Parte 2. Evolución de compuestos volátiles de robles americanos y europeos de distintas procedencias. Influencia en la respuesta frente al tostado. *Viticultura enología profesional*, 105: 31-38

Esteruelas, E., Muñoz, A. M.; Fernández de Simón, B., Cadahía, E., 2006. Sobre el curado de roble en tonelería. Parte 3. Consideraciones finales *Viticultura enología profesional*, 106: 27-36.

Esteruelas E., Muñoz A. M., Sanz M., Fernández de Simón B., Cadahía E. 2009. Reflexiones sobre la madera de roble destinada en tonelería a la fabricación de productos alternativos: Parte I: cepillado. *Enoviticultura*, 1: 25-32

Esteruelas E., Muñoz A. M., Sanz M., Fernández de Simón B., Cadahía E. 2010. Reflexiones sobre la madera de roble destinada en tonelería a la fabricación de productos alternativos. Parte II: defectos. *Enoviticultura*, 2: 21-25

Fernández de Simón, B., Cadahía, E. 2007. Tratamiento de la madera en origen. En: Fundación para la cultura del vino, 2007. Crianza en barricas y otras alternativas. pp. 7-24.

Fernández de Simón B. 2004. La madera en el envejecimiento de vinos. *Viticultura enología profesional* 92: 45-53.

López, A. 2010. Continúa adelante el proyecto Rebollo para enología. *La Semana vitivinícola*, 19-06-10, n: 3314

Del Álamo M., Nevares I., Lizarralde I., Broto M., Cadahía E., 2010. El uso enológico del roble español (*Quercus pyrenaica* Willd.). *La Semana vitivinícola*, 3333: 2614-2618.

Martínez J., Ojeda S., Rubio P. 2011. Aporte aromático del roble español *Quercus pyrenaica* durante la crianza en bodega de vinos de Tempranillo. XI Congreso Nacional de Investigación Enológica (GIENOL). Jerez de la Frontera (Cádiz). Actualizaciones en Investigación Vitivinícola, pp. 555-558.



Martínez J., Ojeda S., Rubio P., Cadahía E., Fernández de Simón B. 2009. Estudio de la potencialidad enológica del roble español *Q. pyrenaica* para la crianza de vinos de calidad. 24ª Reunión Anual del Grupo de Trabajo de Experimentación en Viticultura y Enología. Madrid. Mayo. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, pp 231-240.

Martínez J., Ojeda S., Rubio P., Cadahía E., Fernández de Simón B. 2008. Estudio de la potencialidad enológica de nuevos orígenes de la madera de roble para la crianza de vinos de calidad. VI Foro Mundial del Vino. Logroño. Abril 2008.

Martínez J., Ojeda S., Rubio P., Cadahía E., Fernández de Simón B. 2009. Experiencias con roble español *Q. pyrenaica* (rebollo) en la crianza de vinos de Tempranillo. Cuaderno de Campo, nº 43: 35-39.

Martínez J., Ojeda S., Rubio P., Fernández de Simón B., Cadahía E. 2008. Crianza de vinos de calidad. Potencialidad enológica de nuevos orígenes de la madera de roble. La Semana vitivinícola, 3243: 3094-3100

SeVi. 2010. El uso enológico del roble español (*Quercus pyrenaica* Willd.). La Semana vitivinícola, 04-12-10 n: 3333

Vivanco, S.; Díaz, E. 2007, La tonelería y el vino. Revista Foresta, nº 35, Especial La Rioja, pp. 138-144

5.1.3. Articles SCI

Alañón, M. E., Castro-Vázquez, L., Díaz-Maroto, M. C., Pérez-Coello, M. S. 2012. Aromatic potential of *Castanea sativa* Mill. compared to *Quercus* species to be used in cooperage. Food Chemistry 130: 875-881.

Alanon, M. E.; Castro-Vazquez, L.; Diaz-Maroto, M.C.; Hermosin-Gutierrez, I.; Gordon, M. H.; Perez-Coello, M. S. 2011. Antioxidant capacity and phenolic composition of different woods used in cooperage. FOOD CHEMISTRY, 129 (4): 1584-1590

Alanon, M. E.; Schumacher, R.; Castro-Vazquez, L.; Diaz-Maroto, M. C.; Hermosin-Gutierrez, I.; Perez-Coello, M. S. 2013. Enological potential of chestnut wood for aging Tempranillo wines Part II: Phenolic compounds and chromatic characteristics. FOOD RESEARCH INTERNATIONAL, 51 (2):536-543

Cadahía E., Fernández de Simón B., Sanz M., Poveda P., Colio J. 2009. Volatile compounds in acacia, chestnut, cherry, ash, and oak woods, with a view to chemical and chromatic characteristics of Tempranillo, Cabernet Sauvignon and Merlot wines from DO Navarra aged in Spanish and French oak barrels. Food chemistry 115 (2): 639-649.



Caldeira I., Anjos O., Portal V., Belchior A.P., Canas S. Sensory and chemical modifications of wine brandy aged with chestnut and oak wood fragments in comparison to wooden barrels. *Analytica Chimica Acta*. 2010, 660: 43-52.

Canas, S. Leandro, M.C.; Spranger, M.I.; Belchior, A.P. 1999. Low molecular weight organic compounds of chestnut wood (*Castanea sativa* L.) and corresponding aged brandies. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, 47 (12): 5023-5030

Canas, S.; Leandro, M.C.; Spranger, M.I.; Belchior, A.P. 2000. Influence of botanical species and geographical origin on the content of low molecular weight phenolic compounds of woods used in Portuguese cooperage. *HOLZFORSCHUNG*, 54 (3): 255-261.

Castro-Vazquez, L.; Alanon, M.E.; Ricardo-da-Silva, J.M.; Perez-Coello, M.S. Laureano, O. 2013. Evaluation of Portuguese and Spanish *Quercus pyrenaica* and *Castanea sativa* species used in cooperage as natural source of phenolic compounds. *EUROPEAN FOOD RESEARCH AND TECHNOLOGY*. 237 (3):367-375

Fernández De Simón B., Esteruelas E., Muñoz Á. M., Cadahía E., Sanz M. 2009. Volatile compounds in acacia, chestnut, cherry, ash, and oak woods, with a view to their use in cooperage. *J Agric Food Chem*. 57: 3217-3227.

Martins, N.; Garcia, R.; Da Silva, M.C.; Cabrita, M.J. 2012. Volatile compounds from oak, cherry, chestnut and acacia chips: influence of toasting level. *CIENCIA E TECNICA VITIVINICOLA*, 27(1):49-57

Sanz, M.; Cadahia, E.; Esteruelas, E.; Munoz, M.A; de Simon, B.; Hernandez, T.; Estrella, I. 2010. Phenolic Compounds in Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Heartwood. Effect of Toasting at Cooperage. *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, 58 (17): 9631-9640.