

Caracterització de varietats de garrofer i selecció pel seu interès productiu i comercial¹

Joan Rofes-Vidal

Escola Institució Tarragona, Constantí

REBUT: 16 DE FEBRER DE 2021 - ACCEPTAT: 4 DE JUNY DE 2021

RESUM

A partir d'una anàlisi comparativa de les característiques del fruit i de les llavors de vint-i-set varietats de garrofer procedents del banc de germoplasma de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) de Mas Bové, es valora la influència de l'origen geogràfic de les varietats i s'identifiquen les que presenten una millor aptitud productiva, més rendiment en garroffí i aquelles característiques del fruit que en poden facilitar la recol·lecció mecanitzada. Es comparen també les característiques pomològiques de les varietats estudiades que presenten una millor aptitud amb les varietats tradicionals de garrofer més cultivades en l'actualitat. Es duu a terme una anàlisi de la variància, amb variables dependents de tipus mètric (pes, amplada, gruix, llargada...) i un parell de variables independents (l'origen geogràfic i la varietat), per a determinar la importància de

-
1. Aquest article és un resum del treball de batxillerat premiat en la 4a edició dels premis de la Institució Catalana d'Estudis Agraris (ICEA) als treballs de recerca de batxillerat, Barcelona, 2020.

Correspondència: Joan Rofes Vidal. Estudiant de Dret. Universitat Pompeu Fabra, Barcelona. A/e: joanrofes@gmail.com.

la «latitud geogràfica» de l'origen de la varietat en la biomassa dels fruits i el rendiment en garrofi. La goma de garrofi és el producte que desperta més interès comercial per a la indústria alimentària que la utilitza com un espessidor (E-410) d'origen natural.

PARAULES CLAU: garrofer, varietats, diversitat, garrofi, goma de garrofi, E-410.

Characterization of carob varieties and their selection based on productive and commercial interest

ABSTRACT

This paper describes a study to identify from a set of 27 varieties of carob from the germplasm bank of the Agrofood Research and Technology Institute (IRTA, from the Catalan) at Mas Bové which ones have a better productive capacity and a better carob seed yield, determining the pomological characteristics (the physical features of the fruit, seed, etc.) that can facilitate a mechanized harvesting of their fruits. To this end, the study presents a comparative analysis of 27 varieties of carob based on their fruit and seed characteristics, assessing the possible influence of their respective geographical origins. On the basis of the data obtained from the characterization process, we seek to identify the varieties that offer higher yields of carob, and those that have features facilitating their harvesting. Lastly, in percentage terms we compare the average value of the pomological characteristics of the varieties studied and that of the most commonly cultivated varieties. The statistical model used in this study is based on a variance analysis with the dependent metric variables (weight, width, thickness, length...) and two independent variables (geographical origin and carob tree variety). This study shows the importance of the “geographical latitude” of origin in determining the fruit biomass and seed yield, with a view to obtaining a higher carob gum (E-410) production in the food industry.

KEYWORDS: carob, varieties, diversity, carob seed, carob gum, E-410.

Caracterización de variedades de algarrobo y selección por su interés productivo y comercial

RESUMEN

A partir de un análisis comparativo de las características del fruto y de las semillas en veintisiete variedades de algarrobo procedentes del banco de germoplasma del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) de Mas Bové, se valora la influencia del origen geográfico y se identifican las variedades que presentan una mejor aptitud productiva, un mayor rendimiento en garrofín y aquellas características del fruto que pueden facilitar la recolección mecanizada. Se comparan también las características polológicas de las variedades estudiadas que presentan una mejor aptitud respecto a las variedades de algarrobo más extendidas en la actualidad. Se lleva a cabo un análisis de la varianza, con variables dependientes de tipo métrico (peso, anchura, espesor, longitud...) y un par de variables independientes (el origen geográfico y la variedad), para determinar la importancia de la «latitud geográfica» del origen de la variedad en la biomasa de los frutos y el rendimiento en garrofín. La goma de garrofín es el producto que despierta mayor interés comercial para la industria alimentaria que la utiliza como un espesante (E-410) de origen natural.

PALABRAS CLAVE: algarrobo, variedades, diversidad, garrofín, goma de garrofín, E-410.

1. Introducció

El garrofer (*Ceratonia siliqua* L.) és un dels arbres més majestuosos que podem trobar en els nostres camps al llarg de la costa mediterrània. La capçada d'aquest arbre supera la de la resta de cultius i el podem trobar per tots els països de l'àrea mediterrània i en altres territoris més llunyans amb climatologia mediterrània.

Tot i ser un arbre ben visible per la seva grandària, és un cultiu desconegut, del qual trobem poques referències bibliogràfiques. Per què deu ser això? Doncs, encara que és una espècie cultivada des de fa segles, el seu fruit té poc interès econòmic. De res serveix que aquest fruïter s'adapti molt bé a terrenys àrids, pobres i marginals. De res serveix que sigui un arbre fàcil de conrear per la seva rusticitat, que ofereixi una ombra densa, que sigui un refugi excel·lent d'avifauna, que es pugui plantar en sòls d'escassa profunditat, pedregosos, amb fort pendent, etc. Aquests avantatges tenen poc valor si el fruit té un escàs interès comercial.

Provinent de la península Aràbiga, aquesta lleguminosa arbòria va arribar a la península Ibèrica de les mans dels àrabs, que també la van distribuir pel nord d'Àfrica, i a finals de l'edat mitjana ja es trobava a Portugal i al sud de França. Després del descobriment d'Amèrica va arribar a Mèxic i Califòrnia. Actualment, també es pot trobar al Pakistan, Sud-àfrica i Austràlia.

S'estima que la producció mundial de garrofa és d'unes 220.000 tones anuals produïdes en unes 130.000 hectàrees, amb rendiments variables en funció del cultiu, la regió i les pràctiques agrícoles. Espanya n'és líder en producció i exportació, amb una producció mitjana d'unes 60.000 tones anuals (MAPA, 2008).

Tot i les seves in comptables aplicacions en l'alimentació humana i animal, en la indústria química i farmacèutica, etc., com pot ser que el seu fruit sigui tan poc preuat? En els nostres dies, en què es parla tant de la biodiversitat, la salut, la sobirania alimentària, la dieta mediterrània, els superaliments, els aliments de quilòmetre zero..., potser li arribarà el torn a la garrofa, pel seu valor nutritiu, com a font important d'antioxidants, de vitamines i de minerals, i perquè és un aliment indicat per a persones que pateixen diabetis o intolerància al gluten, entre moltes altres innombrables propietats.

2. Objectius

Aquest treball de recerca s'emmarca dins del pla de treball del projecte d'investigació «Bancs de germoplasma de garrofer, avellaner i noguera» (RFP 2015-00004-00-00), finançat per l'Institut Nacional de Recerca i Tecnologia Agrària i Alimentària (INIA), del Ministeri de Ciència i Innovació, que té com a investigadora principal la doctora Mercè Rovira, de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) de Mas Bové (Constantí, Tarragonès).

Els objectius que ha perseguit són:

1. Fer una anàlisi comparativa entre les diferents procedències geogràfiques de vint-i-set varietats de garrofer.
2. Identificar aquelles varietats que ofereixen més rendiment en garroffí i aquelles que mantenen un elevat nivell productiu de garrofa.
3. Identificar les varietats que presenten millors característiques per a la recollida mecanitzada.
4. Finalment, comparar les principals característiques pomològiques (o característiques físiques del fruit) de les varietats estudiades amb les característiques pomològiques de les varietats més cultivades actualment a la península Ibèrica i a les Illes Balears.

3. L'aprofitament comercial de la garrofa

La garrofa és un llegum indehiscent amb un contingut elevat de sucres, fibra, tanins, baix en greixos i proteïnes. El fruit es pot trossejar i separar, mitjançant un procés industrial, en els seus dos components bàsics: la polpa i la llavor o garrofi.

3.1. La polpa

La polpa representa, aproximadament, un 80% (70-90%) de la beina (Tous i Batlle, 1990). El seu valor comercial varia en funció de l'ús que tingui: alimentació animal o humana o indústria alimentària, farmacèutica o altra. S'utilitza, principalment, com a ingredient dels pinsos, bé com a additiu o com un component de la ració. Per a consum humà, s'empra en dos formats: farina torrada i polpa triturada. La farina es destina, principalment, a elaborar productes alimentaris, però també farmacèutics per les propietats astringents i terapèutiques que té. La forma triturada, menys utilitzada, es pot destinar a obtenir sucres, xarops o mels, tanins i alcohol.

3.2. El garrofi

La llavor suposa, aproximadament, un 10% del pes del fruit sencer i es compon de tres elements estructurals diferenciats: cutícula (30-33%), endosperma (42-46%) i germen (23-25%). Cadascun dels elements estructurals té unes característiques i aplicacions diferents (Tous i Batlle, 1990):

— *Cutícula*: envolta la llavor i està constituïda principalment per cel·lulosa, lignina i tanins. Se n'obtenen colorants i altres productes que tenen aplicacions en la indústria tèxtil, química i alimentària.

— *Endosperma*: és el teixit de reserva de la llavor i, des del punt de vista econòmic, la part més important del fruit (Caja, 1985). Se n'obté la goma. El rendiment de l'extracció industrial està al voltant del 36-38%, encara que en condicions de laboratori es poden aconseguir valors més alts, depenent de la varietat emprada. Per a produir un quilo de goma es necessiten aproximadament tres quilos de llavors, i per a això, es requereixen uns trenta quilos de garrofes.

— *Germen*: és la part en la qual rau el poder germinatiu i està constituït per l'embrió i els cotilèdons. En la fase industrial primària s'obté una matèria granulosa de color groc, que es pot moldre fins a obtenir una farina o bé deixar-la en forma de sèmola més o menys fina.

Així, doncs, les aplicacions més corrents del garroffí les trobem en la indústria farmacèutica, cosmètica, tèxtil, química i paperera. La seva farina s'utilitza sobretot en l'alimentació humana, concretament en preparats dietètics i de règim. També s'utilitzen mesclades de goma de garroffí en la preparació d'aliments per a animals de companyia (Sallari, 1982).

4. Metodologia

4.1. Recollida de les mostres

S'han estudiat un total de vint-i-set varietats de garrofer procedents del banc de germoplasma de l'IRTA - Mas Bové, que custodia un fons varietal de referència a escala mundial d'aquesta espècie cultivada. Es pretén caracteritzar la major part d'aquest fons varietal, per tal d'identificar varietats que presentin un millor rendiment en garroffí respecte de les varietats autòctones tradicionals de la península Ibèrica i les Illes Balears.

De cada varietat, se n'han analitzat vint garrofes i deu garroffins. La mida de la mostra es considera suficient per al tractament estadístic posterior atès el grau d'homogeneïtat intrínsec d'aquest fruit, així com la presència de trets diferencials entre les diferents varietats. Les mostres es van recollir durant la collita de l'any 2018, a les finques experimentals de l'IRTA de Mas Bové (Constantí) i Mas Barber (Vila-seca).

Les vint-i-set varietats de garrofer avaluades i ordenades segons el seu origen geogràfic són les següents:

- IRTA: 340, 347, 391, 486.
- Iugoslàvia: Hvarski.
- Màlaga: Benajarafe M-1, Benajarafe M-9, Benajarafe M-19, Benajarafe M-21, Benajarafe M-26, Benajarafe M-26 bis.
- Marroc: A-3, MA-III, MA-V, MA-VII, MA-X, MA-XI, T-1.
- Tunísia: Bargou B-8, Bargou B-10, Bargou B-11, Bargou B-11 bis, Jradou J-3.
- València: matalafera Soneja.
- Vandellòs: Miralles-1, Miralles-2, Miralles-3.

4.2. Caracterització pomològica i dades obtingudes

L'anàlisi es va dur a terme al Laboratori de fructicultura del centre de Mas Bové de l'IRTA. Tots els valors obtinguts es van introduir en un full de càlcul per tal de poder-los tractar estadísticament.

4.2.1. Caracterització de les garrofes

Per a la caracterització del material, es va disposar d'una balança de precisió, un peu de rei, un regle de 30 cm, una cinta mètrica, un ganivet i un parell de safates de plàstic. Es van triar les vint garrofes per analitzar (tan homogènies com fos possible), i es van pesar totes juntes en una safata. A continuació, es van determinar els valors individuals: pes, longitud del fruit, amplada, gruix total, gruix interior, nombre de llavors i nombre de llavors avortades.

4.2.2. Caracterització del garrofi

Es van extreure tots els garrofins de les vint garrofes triades i es van pesar totes juntes en una safata per a poder calcular el rendiment en garrofi de cada varietat de garrofa. Tot seguit, es van triar deu garrofins, intentant també que fossin tan homogenis com fos possible i es van obtenir els valors individuals corresponents: pes, longitud, amplada i gruix.

El càlcul del rendiment en garrofi es va obtenir a partir de la fórmula següent:

$$\text{Rendiment} = \frac{\text{Pes total dels garrofins}}{\text{Pes total de les garrofes}} \times 100$$

La importància de conèixer el rendiment en garrofi d'una varietat recau en el valor comercial d'aquest producte. L'actual demanda de garrofa i el seu preu final es basen, essencialment, en el garrofi, tot i que suposa al voltant del 10% del pes total de la garrofa.

4.3. Anàlisi de les dades

Les dades obtingudes en la descripció pomològica es van sotmetre a una anàlisi de la variància (ANOVA), tècnica estadística paramètrica utilitzada per a comparar grups de dades. El programa informàtic utilitzat fou l'Statistical Analysis Software (SAS). En aquest estudi, l'anàlisi de la variància conté variables dependents mètriques (pes, amplada, gruix, llargada...) i dues variables independents (origen geogràfic i varietat del garrofer). Quan les diferències van ser estadísticament significatives, es van determinar les mitjanes en què es produïen aquestes diferències mitjançant el test de comparació múltiple de Duncan.

El nombre total d'observacions efectuades per cada valor obtingut en la caracterització pomològica va ser:

- 7 observacions de la variable independent origen geogràfic.
- 27 observacions de la variable independent varietat.
- 540 observacions de les variables dependents obtingudes en la caracterització del fruit.
- 270 observacions de les variables dependents obtingudes en la caracterització del garroffí.

Les hipòtesis de l'anàlisi de la variància són: H_0 , hipòtesi nul·la, no hi ha diferències entre les mitjanes; H_1 , hipòtesi alternativa, almenys una de les mitjanes difereix de la resta. Amb aquestes dues hipòtesis es van formular les anàlisis de grups següents:

- a) Correlació de les variables dependents de la caracterització de la garrofa en funció de l'origen geogràfic de la varietat.
- b) Correlació de les variables dependents de la caracterització del garroffí en funció de l'origen geogràfic de la varietat.
- c) Varietats que presenten un millor resultat atenent criteris comercials.
- d) Varietats que presenten una millor aptitud per a la recol·lecció.

5. Resultats

S'han determinat quins orígens geogràfics mostren mitjanes més elevades per cadascun dels caràcters pomològics analitzats; el resultat es mostra en la taula 1. També, s'ha identificat, de manera individualitzada, la varietat de garrofa que proporciona un valor mitjà més elevat per a les variables d'aptitud comercial (rendiment en garroffí i pes de la garrofa) i d'aptitud per a la recol·lecció mecanitzada (longitud i amplada de la garrofa) (taula 2).

Finalment, en la taula 3, es comparen els valors mitjans més elevats identificats en aquest estudi, amb els valors mitjans propis de les principals varietats de referència cultivades a la Península i a les Illes Balears: rojal, duraió i ramillete.

6. Conclusions

Consideracions prèvies que cal tenir en compte:

Primer, els resultats d'aquest treball de recerca no poden ser conclouents, atès que els fruits caracteritzats pertanyen a una sola collita (2018), i poden canviar considerablement d'una temporada a una altra com a conseqüència de les condicions meteorològi-

TAULA 1**Orígens geogràfics que presenten millors resultats en les variables de caracterització pomològica**

Part	Caràcters pomològics	Origen geogràfic de la varietat
A. Garrofa	Pes (g)	Catalunya
	Longitud (cm)	Màlaga
	Amplada (cm)	Catalunya
	Gruix total (mm)	Catalunya
	Gruix interior (mm)	Marroc
	Nombre de llavors	Tunísia
	Nombre de llavors avortades	València
B. Garrofi	Pes (g)	Catalunya
	Longitud (cm)	Catalunya
	Amplada (cm)	IRTA
	Gruix (mm)	Tunísia
	Rendiment en garrofi (%)	Tunísia

FONT: Elaboració pròpia.

TAULA 2**Varietats que presenten un valor mitjà (\bar{x}) millor en els criteris comercials i en l'aptitud per a la recol·lecció mecanitzada**

Aptitud	Variable	Valor mitjà (\bar{x})	Varietat	Origen geogràfic
C. Comercial	Pes màxim de la garrofa (g)	22,22	Miralles	Catalunya
	Rendiment en garrofi màxim (%)	37,83	MA-V	Marroc
D. Recolectió	Longitud màxima (cm)	20,38	Benjarafe M-26 bis	Màlaga
	Amplada mínima (mm)	11,90	MA-XI	Marroc

FONT: Elaboració pròpia.

ques que afecten els arbres al llarg de l'estació de creixement (interacció genotip × ambient).

Segon, tot i l'ampli conjunt de variables analitzades, en les conclusions només es consideren aquelles que tenen més interès comercial (el rendiment en garrofi i el pes de la garrofa) i les relacionades amb la morfologia de la garrofa que en faciliten la recol·lecció (més llargues i més estretes).

TAULA 3

Valors mitjans (\bar{x}) en els criteris comercials i de recollecció de les varietats de referència de garrofer i comparació (%) amb les varietats estudiades que presenten millor aptitud

Aptitud	Variable	Varietat roja		Varietat duraïó		Varietat ramillete	
		\bar{x}	*(%)	\bar{x}	*(%)	\bar{x}	*(%)
Comercial	Pes de la garrofa (g)	20,73	7,18	15,24	45,80	25,21	-11,86
	Rendiment en garrofi (%)	9,70	290,00	15,50	144,00	7,70	391,00
Recollecció	Longitud (cm)	17,90	13,85	15,16	30,64	16,90	20,59
	Amplada (mm)	21,10	-43,60	18,50	-35,67	24,50	-51,43

*(%): Percentatge de variació del valor mitjà de la varietat que presenta una millor aptitud en aquests caràcters (taula 2) respecte del valor mitjà de les varietats tradicionals de garrofer més cultivades.

FONT: Elaboració pròpia a partir d'IRTA-Mas Bové (comunicació personal).

I finalment, de les varietats foranes d'origen nord-africà (ecotips del Marroc i Tunísia) del conjunt de les vint-i-set varietats de garrofer analitzades, a hores d'ara, no disposem d'experiència suficient per a poder avaluar la capacitat d'adaptació a les condicions edafoclimàtiques de la zona de l'estudi. En aquest sentit, és important complementar la caracterització pomològica de cada varietat amb la caracterització agronòmica.

Tenint en compte aquestes consideracions, a partir dels resultats obtinguts, podem arribar a les conclusions següents:

1. El material vegetal de garrofer de la península Ibèrica i de la resta de països mediterranis es caracteritza per la seva elevada diversitat de cultivars i/o denominacions en cadascuna de les zones d'origen.

2. En valorar els resultats per zones d'origen (Catalunya, IRTA, Iugoslàvia, Màlaga, el Marroc, Tunísia i València), es desprèn que com més elevada és la latitud geogràfica, més grans són les garrofes. I viceversa, com més baixa sigui la latitud i en zones més càlides, la grandària es redueix considerablement.

3. Atesa la conclusió precedent, si el que interessa és maximitzar la producció (obtenir-ne més quilos) sense tenir en compte el rendiment en garrofi, convé triar varietats de Catalunya i de València. I en el cas de valorar les varietats amb més rendiment en garrofi, convé recórrer a varietats originàries de Tunísia o de les seleccions de l'IRTA.

4. Si es pretén facilitar la tasca de recollecció amb aquells fruits que són més llargs i estrets, les varietats que millor satisfan aquestes condicions són una de Màlaga, com la més llarga, i les de Tunísia, que proporcionalment a l'allargada, són les més estretes. La varietat MA-XI del Marroc destaca com la més estreta, però no és representativa dins d'aquest origen geogràfic.

Agraiments

A l'IRTA - Mas Bové, per la possibilitat de fer el treball de recerca de batxillerat. I molt especialment, als seus investigadors: a la doctora Mercè Rovira, per la seva direcció i pels seus consells per a enfocar el treball; al doctor Agustí Romero, per l'ajut en el tractament estadístic de les dades, i al doctor Ignasi Batlle, director del Departament de Fructicultura de l'IRTA - Mas Bové, i gran coneixedor d'aquest cultiu.

Bibliografia

- CAJA, G.; CASANOVA, R.; CABOT, A. (1984). *El algarrobo (Ceratonia siliqua, L.): su cultivo y posibilidades agropecuarias en Baleares: Avances de resultados*. Palma de Mallorca: Caja de Ahorros «Sa Nostra». 103 p. [Exemplar mecanografiat]
- DARÍS, M. (1964). *Cultivo del algarrobo*. Barcelona: Sintés.
- EL KAHKAKI, R.; ZOUHAIR, R.; AIT CHITT, M.; ERRAKHI, R. (2014). «Morroco carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: Morphological variability of pods and kernel». *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, núm. 2, p. 38-47.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE (FAOSTAT). <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> [Consulta: 27 setembre 2019].
- ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA (ISTAT). <<http://www.istat.it>> [Consulta: 30 octubre 2019].
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA). <<http://www.mapa.gob.es/es/>> [Consulta: 23 octubre 2019].
- SALARI, C. (1982). «Generalità, caratteristiche chimico-fisiche, proprietà e campo di impiego della farina di semi di carruba». A: *Atti del Convegno sul tema «Il carrubo... salviamolo!»*. Ragusa, Itàlia: Camera di Commercio di Ragusa, p. 105-111.
- SPINA, P. (1988). *El algarrobo*. Madrid: Mundi-Prensa.
- TOUS, J.; BATLLE, I. (1990). *El algarrobo*. Madrid: Mundi-Prensa.