
EL BANC DE GERMOPLASMA DE LA FUNDACIÓ MIQUEL AGUSTÍ - UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (FMA-UPC), PATRIMONI DE L'HORTICULTURA CATALANA

Joan Casals,^{1,2} Aurora Rull,^{1,2} Helena Isern,¹ Ana Rivera^{1,2}

1. Fundació Miquel Agustí, Campus del Baix Llobregat, Castelldefels
2. Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Universitat Politècnica de Catalunya, Campus del Baix Llobregat, Castelldefels

REBUT: 11 de maig de 2020 - ACCEPTAT: 1 de juliol de 2020

RESUM

La diversitat genètica dels cultius, especialment de les varietats tradicionals que singularitzen l'agricultura i la gastronomia dels territoris, ha estat sotmesa a una forta erosió en els darrers cent anys. Aquesta erosió s'ha produït en tres fases concatenades, marcades pels canvis en els sistemes de producció agrícola (1960-1980), per la globalització alimentària (1980-2000) i, més recentment, per la desaparició d'un model d'explotació agrícola tradicional i d'una cultura sensorial pròpia d'unes generacions que mantenien un vincle amb determinades varietats tradicionals. Per a fer front a aquesta acceleració de l'erosió genètica, la qual porta intrínseca la pèrdua de la tipicitat dels territoris, s'ha creat el Banc de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí - Universitat Politècnica de Catalunya (FMA-UPC). El Banc conserva actualment 2.428 entrades de 29 espècies hortícoles i està format principalment per varietats tradicionals catalanes (1.225 entrades). Dels materials es disposa d'un volum important d'informació (agronòmica, sensorial, química i genètica), fruit dels nombrosos projectes de recerca duts a terme. L'equip que integra el Banc treballa per garantir la conservació d'aquesta col·lecció, la més gran de Catalunya, la qual conté un fragment essencial de la nostra història hortícola, i dissenya estratègies innovadores per impulsar l'accés

Correspondència: Joan Casals Missio. Fundació Miquel Agustí, Campus del Baix Llobregat. C/ Esteve Terradas, 8, edifici D4. 08860 Castelldefels. Tel.: 935 521 228. A/e: j.casalsmissio@gmail.com.

J. Casals, A. Rull, H. Isern, A. Rivera

lliure dels pagesos i de les pageses als materials genètics i la informació associada. Alhora desenvolupa projectes de millora amb l'objectiu de singularitzar les produccions hortícoles, basant-les en paràmetres de qualitat i de vincle amb els consumidors.

PARAULES CLAU: recursos fitogenètics, varietat tradicional, conservació *ex situ*, erosió genètica, millora genètica.

EL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA FUNDACIÓ MIQUEL AGUSTÍ - UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (FMA-UPC), PATRIMONIO DE LA HORTICULTURA CATALANA

RESUMEN

La diversidad genética de los cultivos, especialmente de las variedades tradicionales que singularizan la agricultura y la gastronomía de los territorios, ha sido sometida a una fuerte erosión en los últimos cien años. Esta erosión se ha producido en tres fases concatenadas, marcadas por los cambios en los sistemas de producción agrícola (1960-1980), por la globalización alimentaria (1980-2000) y, más recientemente, por la desaparición de un modelo de explotación agrícola tradicional y de una cultura sensorial propia de unas generaciones que mantenían un vínculo con determinadas variedades tradicionales. Para hacer frente a esta aceleración de la erosión genética, la cual conlleva la pérdida de la tipicidad de los territorios, se ha creado el Banco de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí - Universitat Politècnica de Catalunya (FMA-UPC). El Banco conserva actualmente 2.428 entradas de 29 especies hortícolas y está formado principalmente por variedades tradicionales catalanas (1.225 entradas). De las variedades se dispone de un volumen importante de información (agronómica, sensorial, química y genética) resultante de los numerosos proyectos de investigación realizados. El equipo que integra el Banco trabaja para garantizar la conservación de esta colección, la más grande de Cataluña, la cual contiene un fragmento esencial de nuestra historia hortícola, y diseña estrategias innovadoras para impulsar el acceso libre de los agricultores y de las agricultoras a los materiales genéticos y la información asociada. Además, desarrolla proyectos de mejora con el objetivo de singularizar las producciones hortícolas, basadas en parámetros de calidad y del vínculo con los consumidores.

PALABRAS CLAVE: recursos fitogenéticos, variedad tradicional, conservación *ex situ*, erosión genética, mejora genética.

**THE GERMPLASM BANK OF THE MIQUEL AGUSTÍ FOUNDATION-
POLYTECHNIC UNIVERSITY OF CATALONIA (FMA-UPC)
AND THE CATALAN HORTICULTURAL HERITAGE**

ABSTRACT

The genetic diversity of crops has undergone a great erosion over the past 100 years, especially affecting landraces that singularize local agriculture and gastronomy. Genetic erosion has occurred in three linked phases, triggered by changes in crop production systems (1960-1980), food market globalization (1980-2000) and, more recently, the disappearance of a traditional farming model and of a sensorial culture which was typical of generations that maintained ties with certain traditional varieties. To deal with this acceleration of the genetic erosion syndrome, which entails the loss of the identity of territories, the FMA-UPC Germplasm Bank has been created. The Bank preserves 2,428 accessions of 29 horticultural species, most of which are Catalan landraces (1,225 accessions). A large body of information (agronomic, sensory, chemical and genetic) is available on these materials, resulting from the numerous research projects that have been carried out. This is the largest collection in Catalonia and it contains an essential fragment of our horticultural history. Our research group strives to ensure its conservation and to design innovative strategies for promoting the free access of farmers to genetic materials and associated information. Moreover, our group carries out plant breeding programs in the aim of highlighting the special features of local horticultural productions, improving quality parameters, and strengthening the link between varieties and consumers.

KEYWORDS: plant genetic resources, landraces, *ex situ* conservation, genetic erosion, plant breeding.

1. INTRODUCCIÓ

Els sistemes alimentaris moderns se sustenten en un nombre cada cop més reduït d'espècies cultivades, constituïdes per una diversitat intraespecífica baixa. De les set mil espècies que s'han emprat històricament en l'agricultura, actualment només cent cinquanta tenen rellevància per a ús alimentari (Khoshbakht i Hammer, 2008) i tres (blat, blat de moro i arròs) aporten més del 50% de les calories ingerides pels humans (Royal Society, 2009). Aquest empobriment de la diversitat agrícola ha estat associat amb problemes nutricionals (Graham *et al.*, 2007) i, des de fa més de cinquanta anys, ha estat citat com el principal escull que cal superar per a assolir la seguretat alimentària (Harlan, 1975). Els estudis recents han mostrat que la tendència

s'accentua en els darrers decennis (Khoury *et al.*, 2014). L'abundor que ofereixen els mercats de fruites i verdures, pròpia d'una etapa alimentària marcada per l'accés fàcil als aliments, amaga un índex de diversitat baix.

Els recursos fitogenètics agrícoles (RFA), és a dir, la variabilitat genètica existent en les espècies cultivades i espècies emparentades, són un element clau per al futur de l'agricultura i la sostenibilitat dels sistemes agroalimentaris. Aquesta variabilitat, sobre la qual actuen els processos de selecció natural i de selecció dels agricultors i dels milloradors genètics, possibilita l'adaptació dels cultius als canvis ambientals i culturals (agrícoles, socials i gastronòmics) (Esquinas-Alcázar, 2005). Així doncs, els materials obtinguts en els treballs de millora també es consideren RFA. Tot i aquest rol crucial, els RFA generalment no ocupen una posició protagonista en les polítiques de planificació agrària, ni en l'àmbit privat ni en el públic i, com a conseqüència, una gran diversitat d'espècies, varietats i al·lels continuen desapareixent dels agrosistemes (Hammer i Laghetti, 2005), procés que anomenem *erosió genètica*.

Nombrosos episodis de la història mostren la importància dels RFA en relació amb la seguretat alimentària. La famosa «fam irlandesa» (1841-1851), provocada per l'entrada del mildiu (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) en una societat en què l'alimentació de la pagesia i les classes pobres estava basada quasi únicament en el consum de patata (els terratinents anglesos es quedaven les collites de blat), va provocar la mort del 12% de la població (1,1 milions de persones) i l'emigració del 13% (1,3 milions) (Lefèvre, 2018). Més recentment, l'any 1970, el 15% de la producció de blat de moro dels Estats Units es va perdre per l'entrada de l'helminthosporiosi (*Exserohilum turcicum* [Pass.] Leonard i Suggs), en uns camps on el 85% de la producció estava basada en varietats híbrides provinents de línies androestèrils amb el citoplasma-T (cms-T), associat a una susceptibilitat extrema a aquest fong (Levings, 1990). Aquesta afecció va provocar la reacció de l'Administració agrària, la qual va manifestar la seva preocupació per la fragilitat genètica dels cultius, basats en aquells moments en una diversitat molt baixa: dues varietats de blat ocupaven el 40% de la superfície, quatre varietats de patata representaven el 75% de la producció, i gairebé el 100% de la producció de pèsol estava basada en només dues varietats (Lefèvre, 2018).

Conservar els RFA també és essencial per a mantenir la resiliència dels sistemes agraris. Com a exemple, alguns autors apunten que les darreres etapes de la millora genètica de diferents lleguminoses han provocat una disminució de la seva capacitat de fixació de nitrogen (Kiers *et al.*, 2007). Actualment, la introgressió o incorporació de gens provinents d'espècies silvestres emparentades a les varietats modernes és la principal font de millora de caràcters agronòmics i de qualitat, i una estratègia essencial per a fer front als fenòmens derivats del canvi climàtic (Prohens *et al.*, 2017).

La diversitat genètica dels cultius està, també, íntimament associada amb el plaer sensorial. La cultura gastronòmica mediterrània s'ha caracteritzat per

una diversitat territorial elevada, i a cada regió existeixen plats típics i únics. Aquesta tipicitat no està només basada en tècniques culinàries diferents i és raonable pensar que la nostra riquesa gastronòmica no es pot sostenir sobre una diversitat genètica baixa. Els nous escenaris alimentaris amb dominància de poques espècies i varietats, produïdes massivament, poden comportar sacrificis sensorials, com han descrit Folta i Klee (2016). Sense utilitzar els RFA com a base de la nostra identitat agrícola i gastronòmica, ens dirigim irremeiablement cap a una monotonia organolèptica, que desembocarà, molt probablement, en un avorriment sensorial cap als productes frescos. Aquesta situació s'ha demostrat en espècies cultivades com el blat (Starr *et al.*, 2015), la maduixa (Aharoni *et al.*, 2004) o el tomàquet (Tieman *et al.*, 2017) i es contradiu amb la recerca d'una gastronomia eclèctica tan pregona avui dia. Conservar i utilitzar els RFA no és només, doncs, una qüestió de seguretat alimentària, sinó també de plaer gastronòmic i tipicitat territorial, i una eina molt valuosa per a singularitzar la producció agrícola vinculant-la a la pròpia identitat cultural dels territoris.

L'objectiu d'aquest treball és presentar el Banc de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí - Universitat Politècnica de Catalunya (FMA-UPC), contextualitzar la col·lecció en el marc de la conservació dels RFA de Catalunya i descriure el potencial de les varietats que s'hi conserven per al futur de l'horticultura catalana.

2. CONSERVACIÓ *EX SITU* DELS RECURSOS FITOGENÈTICS

En resposta al fenomen de l'erosió genètica (Wouw *et al.*, 2010), els centres de recerca i les universitats, a partir de la dècada de 1950, i més recentment organitzacions sense ànim de lucre, van començar a recollir i emmagatzemar en bancs de germoplasma milers de materials genètics. És el que s'anomena *conservació 'ex situ'*, o de manteniment de la variabilitat genètica fora dels camps cultivats (Gepts, 2006), en contraposició a la *conservació 'in situ'*, que es fa en els agrosistemes en què la població ha desenvolupat les seves propietats específiques (FAO, 2009). Aquesta estratègia de conservació ha estat coordinada, a escala internacional, des de la dècada de 1960 per l'Organització per l'Alimentació i l'Agricultura (FAO); el punt de partida en va ser la reunió «Plant exploration and introduction» feta l'any 1961.

La conservació *ex situ* s'ha demostrat com una eina eficient per a la preservació dels RFA, degut al seu baix cost (cent cops inferior a la conservació *in situ*) i la facilitat d'accés als materials (Díez *et al.*, 2018). Actualment, hi ha una extensa xarxa de bancs de germoplasma a escala internacional amb l'objectiu de conservar els materials perquè puguin ser utilitzats en el futur, ja sigui usant els materials directament o en programes de millora genètica (Fowler i Hodgkin, 2004). Els darrers càlculs publicats per la FAO (2010)

indiquen que hi ha més de 1.750 bancs de germoplasma en el món, en els quals es conserven uns 7,4 milions d'entrades.¹ No obstant això, s'estima que només el 25-30% de totes les entrades són diferents, i hi ha un nombre important de duplicats. Les principals col·leccions conservades són de cereals (3,2 milions d'entrades), lleguminoses (1,1 milions d'entrades), plantes farratgeres (0,7 milions d'entrades) i hortícoles (0,5 milions d'entrades).

Les anàlisis recents assenyalen que les col·leccions *ex situ* no representen acuradament la diversitat ecogeogràfica de les espècies cultivades (Russell *et al.*, 2016), i que existeix una subrepresentació d'espècies silvestres i varietats tradicionals. A més a més, perquè aquestes col·leccions siguin útils és imprescindible millorar i fer públics els coneixements sobre les característiques genètiques, agronòmiques, químiques i nutricionals dels materials emmagatzemats, així com el que Díez *et al.* (2018) van anomenar *epifenotip*, és a dir, les relacions entre les plantes i l'ambient, incloent-hi els aspectes etnobotànics.

A Espanya hi ha una xarxa coordinada de bancs de germoplasma sota el Programa de Conservació i Ús dels Recursos Fitogenètics creat l'any 1993. Díez *et al.* (2018) han comptabilitzat trenta-dos bancs de germoplasma en actiu a Espanya, gestionats per administracions, universitats i centres de recerca. Els bancs més importants (per volum d'entrades) són el Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF) (amb 42.586 entrades), el Banco de Germoplasma de Hortícolas de Zaragoza (BGHZ) (amb 17.461 entrades) i el Centro para la Conservación de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV) (amb 13.556 entrades). Tots contenen entrades recollides a la península Ibèrica i fan una important tasca de conservació i caracterització de la biodiversitat cultivada, però també de distribució de llavors a agricultors, cooperatives i altres agents del sector agrícola (en conjunt, distribueixen més de cinc mil mostres gratuïtes a l'any).

3. BIODIVERSITAT CULTIVADA A CATALUNYA

Catalunya és un territori important en termes de diversitat genètica dels cultius. La variabilitat agroclimàtica existent, la importància de l'activitat agrària (actualment representa el 36% de la superfície) i el seu paper en el comerç internacional al llarg de la història (punt d'entrada de nova variabilitat genètica) han fet que s'hi cultivin un gran nombre d'espècies i varietats (tant oriündes com foranes), les quals han sofert processos d'adaptació al medi i a les tradicions, amb la consegüent emergència d'ecotips locals (Casals *et al.*, 2018a; Casañas *et al.*, 2017). Aquesta profusió de RFA ha arribat

1. S'anomena *entrada* cada entitat genètica dipositada de manera independent en un banc de germoplasma.

als nostres temps en forma de varietats tradicionals, les quals constitueixen un llegat molt important per a la nostra societat, i la seva conservació interpel·la, de manera transversal, tots els àmbits: l'agricultura, l'alimentació, la gastronomia, la cultura o, inclús, l'art.

Tot i que Catalunya no es considera un centre important d'origen d'espècies cultivades, per a algunes espècies, hi podem trobar les formes silvestres emparentades, com l'enciam (*Lactuca sativa* L. [cultivat] i *Lactuca serriola* L. [silvestre]) o la col (*Brassica oleracea* L. [cultivat, silvestre]). Tanmateix, per al tomàquet i la mongeta, ambdós originaris del continent americà, Catalunya, i en general la península Ibèrica i Itàlia, són considerades un segon centre de diversificació molt important, on té lloc una baula important de l'evolució de l'espècie cultivada (Casals *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2007). De fet, ambdues espècies són les més presents en campanyes de recollida de germoplasma, i formen part dels materials conservats per gairebé tots els hortolans catalans. Concretament, en la darrera campanya de recollida de germoplasma feta per la FMA l'any 2011, el 18% del material recollit va ser de tomàquet i el 16% de mongeta (Casals *et al.*, 2017).

La relació de varietats tradicionals amb renom a Catalunya és molt extensa. L'any 2012, la FMA, en col·laboració amb el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (DARP), va elaborar una llista de les varietats tradicionals de renom a Catalunya, a partir de la revisió dels materials conservats *ex situ* i de les citacions en tractats antics d'agricultura. El resultat va ser la *Primera proposta de l'Atles de les varietats hortícoles locals catalanes*, en el qual apareix el nom de més de dues-centes varietats tradicionals de vint-i-set espècies diferents (Casals, 2012). Algunes d'aquestes varietats (taula i) mantenen un cert prestigi entre els consumidors i algunes han estat distingides amb marques de qualitat europees, com ara la denominació d'origen protegida (DOP) Mongeta del Ganxet, la DOP Fesols de Santa Pau o la indicació geogràfica protegida (IGP) Calçots de Valls. Aquestes marques s'han demostrat que són estratègies eficaces per a promoure la conservació *in situ* dels RFA (Romero del Castillo *et al.*, 2018).

4. L'ACCELERACIÓ DE L'EROSIÓ GENÈTICA EN L'HORTICULTURA CATALANA

La preocupació per l'erosió genètica dels cultius existeix des de principis del segle xx, i des de llavors nombrosos estudis n'han documentat l'efecte (Gepts, 2006; Hammer i Laghetti, 2005; Hammer i Teklu, 2008). Hammer i Teklu apunten que des de principis del segle xx s'haurien perdut entre el 70 i el 100% dels genotips de les espècies cultivades a Europa, en funció del cultiu i de l'àrea d'estudi. Els factors que han provocat l'erosió genètica són múltiples, i als països desenvolupats estan principalment associats a la subs-

TAULA I. *Les seixanta varietats hortícoles tradicionals més conegudes a Catalunya*

Espècie	Varietats
Blat de moro (<i>Zea mays</i> L.)	d'escairar, del queixal, gavató
Bràssiques (<i>Brassica oleracea</i> L.)	bròquil bord, bròquil de Santa Teresa, bròquil lluçat, col borratxona, col brotonera, col del trinxa, col de paperina, col de pell de galàpet, col geganta, col setsetmanera, espigalls del Garraf
Carbassa (<i>Cucurbita</i> sp.)	cabell d'àngel, del ferro, del violí
Ceba (<i>Allium cepa</i> L.)	bavosa, blanca tardana de Lleida, Coll de Nargó, Figueres (Vila-Sacra), morada d'Amposta, vigatana
Cigró (<i>Cicer arietinum</i> L.)	cigronet de l'Anoia, cigronet d'Orià, cigronet menut
Enciam (<i>Lactuca sativa</i> L.)	carxofeta, cua d'oreneta, del sucre, dels tres ulls, llarg, meravella d'hivern, negre
Escarola (<i>Cichorium endivia</i> L.)	cabell d'àngel, perruqueta
Fava (<i>Vicia faba</i> L.)	mutxamel, reina mora
Meló (<i>Cucumis melo</i> L.)	del gripau, de Polinyà, del tendral, pinyonet
Mongeta (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	bitxo, carai, Castellfollit del Boix, floreta, ganxet, genoll de Crist, Santa Pau, sastre
Pebrot (<i>Capsicum annuum</i> L.)	bitxo, de Reus, tres caires
Pèsol (<i>Pisum sativum</i> L.)	floreta, negre
Tomàquet (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	Benach, Montserrat, palosanto, pare Benet, penjar, pera de Girona

FONT: Elaboració pròpia.

titució de varietats tradicionals per varietats millorades d'alt rendiment (Gepts, 2006; Louwaars, 2018), és a dir, factors econòmics i agronòmics. Els cultius cerealistes (blat, arròs, blat de moro), que formen part de l'alimentació bàsica, van ser els primers a experimentar aquest fet, de manera concomitant amb la revolució verda. En el cas dels cultius hortícoles, l'erosió genètica ha estat desigual en funció de l'espècie i de la varietat, i sembla haver ocorregut en fases més tardanes. L'horticultura estava, fins a la dècada de 1980, associada a les produccions locals i de proximitat, i l'estreta relació entre productor i consumidor feia que es preservessin determinades varietats. Amb la globalització i la comercialització de productes massius, aquest vincle ha anat desapareixent i, com a conseqüència, les varietats tradicionals (Maffi, 2005).

Per a aquelles espècies amb poca penetració a la cuina, l'estandardització alimentària ha provocat, en molts casos, la quasi desaparició. És el cas

del salsifí (*Tragopogon porrifolius* L.), el qual tenia una certa rellevància al nord de Catalunya, i que avui en dia és un cultiu oblidat. En les espècies més rellevants, l'erosió genètica ha depès de molts factors, especialment del valor econòmic i, en conseqüència, de l'aparició de noves varietats obtingudes en els programes de millora genètica moderns. En el cas del tomàquet, l'hegemonia de les varietats millorades en el mercat és gairebé total, però el seu impacte negatiu sobre la conservació *in situ* de les varietats tradicionals no ha estat tan potent, degut a l'estima dels agricultors pels materials locals i una certa resistència a perdre'ls.

No fa tant de temps, algunes varietats tradicionals típiques només de Catalunya semblaven preservades de l'erosió, com el tomàquet de Montserrat i el tomàquet de penjar. Aquesta situació, però, s'ha capgirat bruscament en els darrers deu anys. El tomàquet de Montserrat era un emblema de l'horticultura catalana. La seva morfologia diferent (fruits aplanats, fortament lobulats i buits per dins) li atorgava una marca de classe que el distingia en un mercat on predominaven fruits esfèrics o cilíndrics i plens. En recollides de germoplasma fetes per la FMA a principis del 2000 se'n van arribar a recollir més de seixanta entrades diferents (Casals *et al.*, 2011). L'evolució del mercat del tomàquet, però, ha tendit cap a la diversificació de la morfologia del fruit, un fenomen que ha fet perdre singularitat al tomàquet de Montserrat. Alhora, sembla que les generacions que apreciaven aquesta varietat s'hagin esvaït a poc a poc i, com a conseqüència, el vincle amb la varietat. Això ha provocat que el tomàquet de Montserrat hagi quasi desaparegut del mercat, i podem assumir que la variabilitat genètica conservada *in situ* té un risc elevat d'erosió genètica.

El tomàquet de penjar és un altre cas interessant. Aquesta varietat tradicional atesora una gran variabilitat intravarietal, ja que sota un mateix ús (sucar el pa) i característiques postcollita (llarga vida) s'hi apleguen una plèthora de línies d'una diversitat excepcional (Casals *et al.*, 2018c). Fins fa uns quinze anys, la majoria de pagesos cultivaven la seva pròpia varietat i les varietats millorades tenien poca presència en el mercat. De deu anys ençà, Semillas Fitó, en comercialitza una varietat millorada (la Palamós), la qual presenta resistència als virus principals que afecten l'espècie, un rendiment elevat i un aspecte extern adaptat als requeriments comercials actuals (Casals *et al.*, 2018c). La substitució de la diversitat del tomàquet de penjar per un o dos genotips millorats ha estat aclaparadora i la percepció és que al camp en queda molt poc, d'aquell tresor. En aquest cas, la desaparició no ha estat per pèrdua d'ús, sinó per l'èxit comercial, que ha propiciat l'estandardització i el redisseny de la varietat per a ajustar-la als requeriments agrocomercials.

Aquests exemples semblen indicar que entrem en una tercera etapa d'erosió genètica de les espècies cultivades. La primera va estar marcada per la substitució de les varietats tradicionals per varietats millorades en els prin-

cipals cultius cerealistes, en el context de la Revolució Verda (1960-1980); la segona, més lenta, ha estat conseqüència d'una globalització que ens ha portat a l'estandardització alimentària (1980-2000). La tercera, progressiva, vinculada a la desaparició d'una tradició pagesa i culinària, que a poc a poc va diluint-se i amb la qual han conviscut les generacions de més edat (Le-fèvre, 2018; Mazoyer i Roudart, 2002). Les generacions actuals, ja habituades a l'hegemonia organolèptica dels productes dissenyats per a la producció massiva, no semblen preocupades per aquesta pèrdua, per bé que aquests materials són una porta oberta al coneixement sobre la genètica dels caràcters sensorials i una base de treball per a crear nous productes de qualitat elevada.

5. EL BANC DE GERMOPLASMA FMA-UPC

El Banc de Germoplasma FMA-UPC està físicament ubicat a l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, al Campus del Baix Llobregat de la UPC a Castelldefels, lloc on també treballen els investigadors de la FMA. Les dues institucions que li donen nom, FMA i UPC, vetllen pel seu bon funcionament.

5.1. Els orígens: les recollides

L'Equip de Millora Vegetal per Característiques Organolèptiques (EMVCO) de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, predecessor de la FMA, va començar a estudiar les varietats tradicionals catalanes a la dècada de 1990, com a continuació dels treballs de millora genètica i d'estudi de la diversitat en cultivars tradicionals de blat de moro (Bosch *et al.*, 1997). Els primers treballs, liderats per Lluís Bosch i Francesc Casañas, es van centrar en l'estudi i en la recollida de mongeta del ganxet, que van permetre recollir més de dues-centes poblacions, aleshores cultivades, del tipus ganxet, i preservar-ne, així, la variabilitat. En aquells inicis, els materials es guardaven amb la voluntat de preservar al·lels interessants per dur a terme programes de millora genètica. No obstant això, a poc a poc, la col·lecció es va anar ampliant i va acabar sent la «llavor» fundadora de l'actual Banc de Germoplasma.

El model binari de foment de la conservació *in situ*, a través de reforçar el prestigi en l'àmbit local, i *ex situ* va prendre forma amb aquests estudis (Casals *et al.*, 2019a). L'equip va anar ampliant els treballs i les recollides en altres varietats i espècies, com el fesol de Santa Pau, la mongeta de Castellfollit del Boix, el calçot, el tomàquet o l'enciam. Totes les llavors recollides es van anar dipositant al Banc, amb la voluntat d'estudiar-les i poder retornar al sector genotips superiors (ja sigui per mera selecció o mitjançant programes de millora genètica) que permetessin reforçar el cultiu de les varie-

tats tradicionals. L'acumulació de materials i dades (fenotípiques, genètiques i epifenotípiques) i la constatació que el Banc s'havia creat en un escenari d'una forta acceleració de l'erosió genètica van fer prendre consciència als investigadors i investigadores de l'elevat valor de la col·lecció per a l'horticultura catalana, i que suposava una de les poques eines disponibles per a recuperar la singularitat territorial de les produccions agrícoles. A partir del 2011, i ja amb una visió conservacionista, s'han fet noves campanyes de recollida de germoplasma, algunes dirigides a recollir patrons de diversitat associats a factors ecogeogràfics, com les recollides fetes en espais Xarxa Natura 2000 (Casals *et al.*, 2017) o amb la col·laboració amb el Parc Natural del Montsant, i d'altres dirigides a conservar la variabilitat genètica de varietats tradicionals que es troben en risc d'erosió, com, per exemple, el pèsol negre del Berguedà, la ceba de Coll de Nargó o els espigalls del Garraf (Rull *et al.*, 2017). Tots aquests esforços han derivat en la col·lecció de germoplasma més important de Catalunya de cultius hortícoles.

5.2. La col·lecció de germoplasma

El Banc de Germoplasma FMA-UPC està format actualment per 2.428 entrades de 29 espècies hortícoles diferents (taula II). Les col·leccions més importants són la de mongeta (999 entrades) i la de tomàquet (967 entrades). En destaquen també els cultivars del grup *Brassica oleracea* (239 entrades) i les col·leccions d'enciam (76 entrades) i pèsol (30 entrades). La meitat de la col·lecció són materials tradicionals recollits a Catalunya (1.225 entrades), la resta correspon a varietats tradicionals europees (13%, 323 entrades) i a materials experimentals (36%, 880 entrades). Aquests darrers inclouen espècies silvestres emparentades, varietats millorades obsoletes i de pol·linització oberta i materials de millora de l'equip de recerca.

La col·lecció de mongeta està formada principalment per poblacions de la varietat tradicional ganxet (319 entrades), i per poblacions dels tipus Santa Pau (17 entrades), Castellfollit del Boix (15 entrades), genoll de Crist (16 entrades) o sastre (9 entrades). A més a més, la col·lecció inclou dues poblacions de línies recombinants (RIL, de l'anglès *recombinant inbred lines*) construïdes a partir d'encreuaments entre ganxet i dues varietats tradicionals espanyoles (Xana i Tolosa), així com una còpia de la col·lecció nuclear espanyola de mongeta (Rivera *et al.*, 2018).

La col·lecció de tomàquet està formada principalment per varietats tradicionals de tomàquet de penjar (264), Montserrat (65), pera de Girona (58), rosa (23) o palosanto (15), entre molts d'altres. Alhora, conté representants de les principals varietats tradicionals europees (San Marzano, ramellet, da serbo, mutxamel, marmande), també del tipus cirerol (*cherry*, en anglès) (31) i de l'espècie silvestre *Solanum pimpinellifolium* (1).

TAULA II. Nombre d'entrades per espècie i origen conservades al Banc de Germoplasma FMA-UPC

Espècie	Varietats tradicionals catalanes	Varietats tradicionals europees	Materials experimentals	Total
Mongeta (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	487	6	506	999
Tomàquet (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	549	249	169	967
Bràssiques (<i>Brassica oleracea</i> L.)	34	53	152	239
Enciam (<i>Lactuca sativa</i> L.)	24	2	50	76
Pèsol (<i>Pisum sativum</i> L.)	30			30
Meló (<i>Cucumis melo</i> L.)	9	6		15
Carbassa (<i>Cucurbita</i> sp.)	12	3		15
Ceba (<i>Allium cepa</i> L.)	7	1	3	11
Fava (<i>Vicia faba</i> L.)	10			10
Blat de moro (<i>Zea mays</i> L.)	10			10
Pebrot (<i>Capsicum annuum</i> L.)	9			9
Bleda (<i>Beta vulgaris</i> L.)	6	2		8
Cigró (<i>Cicer arietinum</i> L.)	7			7
Carbassó (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	5			5
Escarola (<i>Cichorium endivia</i> L.)	3			3
Guixes (<i>Lathyrus sativus</i> L.)	3			3
Espinac (<i>Spinacia oleracea</i> L.)	3			3
Pastanaga (<i>Daucus carota</i> L.)	3			3
Fenoll (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.)	2			2
Xicòria (<i>Cichorium intybus</i> L.)	2			2
Síndria (<i>Citrullus lanatus</i> Thunb.)	2			2
Blat tendre (<i>Triticum aestivum</i> subsp. <i>Vulgare</i> L.)	2			2
Espàrrec (<i>Asparagus officinalis</i> L.)		1		1
Cogombre (<i>Cucumis sativus</i> L.)	1			1
Julivert (<i>Petroselinum crispum</i> Mill.)	1			1
Cardet (<i>Scolymus hispanicus</i> L.)	1			1

El Banc de Germoplasma FMA-UPC

Espècie	Varietats tradicionals catalanes	Varietats tradicionals europees	Materials experimentals	Total
Espelta (<i>Triticum aestivum</i> subsp. <i>Espelta</i> L.)	1			1
Espelta bessona (<i>Triticum dicoccum</i> Schbl.)	1			1
Safrà (<i>Crocus sativus</i> L.)	1			1
Total	1.225	323	880	2.428

Materials experimentals: varietats comercials, materials de millora, poblacions de mapeig i espècies silvestres.

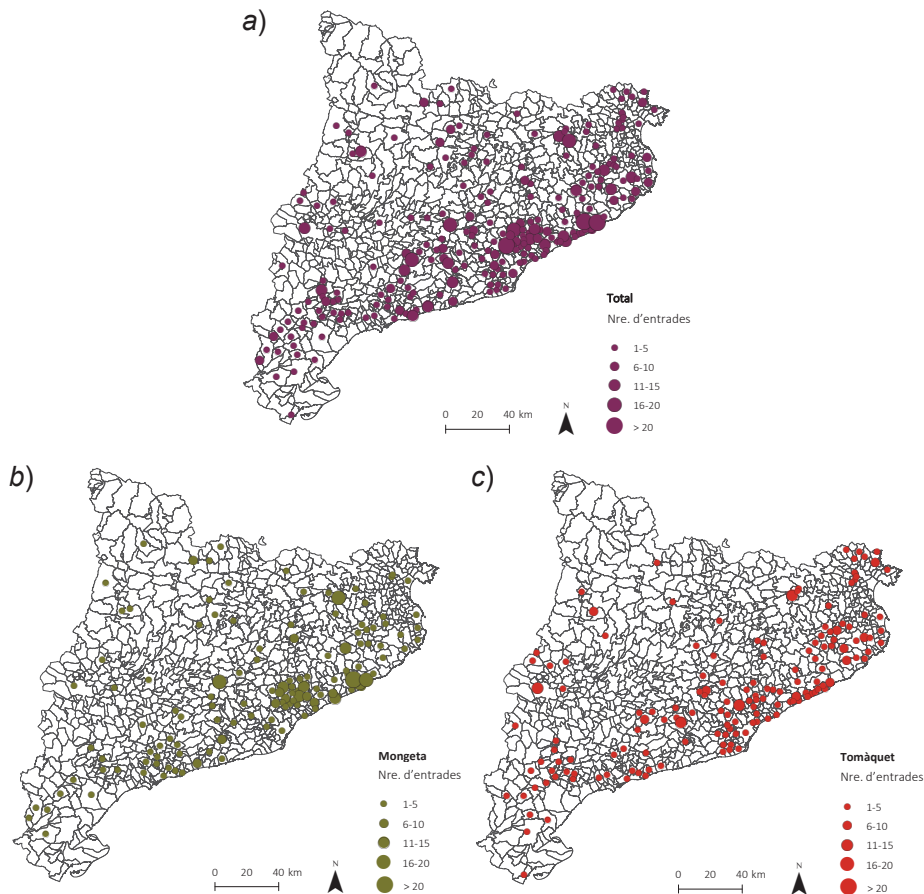
FONT: Elaboració pròpia.

Pel que fa a la distribució geogràfica, les entrades recollides a Catalunya (el 82% disposen d'informació del lloc de recollida en el seu passaport) provenen de 233 municipis, situats principalment a la zona costanera i a les comarques hortícoles (Maresme, Baix Llobregat, Vallès Occidental i Oriental) (figura 1a). Les col·leccions de mongeta (figura 1b) i tomàquet (figura 1c) presenten una distribució similar. La cobertura ecogeogràfica de la col·lecció, juntament amb la subrepresentació d'algunes espècies (*e. g.* api, nap, albergínia), en són els principals dèficits, un fet que ha estat motiu d'anàlisi en el treball publicat per Casals *et al.* (2017), en què es proposen mesures correctores per a millorar aquesta situació.

5.3. Funcionament del Banc

Les llavors es conserven en pots de vidre en condicions de temperatura i humitat controlades (4 °C, < 65% humitat relativa), dins dels quals es posa silicagel per a controlar la humitat de la mostra. La viabilitat de les llavors, és a dir, els anys que les llavors es poden mantenir vives, depèn molt de l'espècie, i dins de l'espècie també hi ha una certa variabilitat que depèn de la varietat. Per a valorar l'estat de conservació dels materials es fan periòdicament tests de germinació i, en conseqüència, es programa la regeneració de les mostres. La regeneració es duu a terme seguint les mesures adients segons el tipus de reproducció de cada espècie per a evitar els creuaments no desitjats (ús d'estructures d'aïllament mitjançant barreres físiques per a espècies al·lògames, amb instal·lació d'insectes, *e. g.* *Bombus terrestris* L., per a fomentar la pol·linització creuada; aïllament d'inflorescències mitjançant bosses/malles en el cas d'espècies autògames) i el nombre mínim d'individus per a regenerar cada població, amb l'objectiu de no reduir la variabilitat genètica de les entrades, d'acord amb els estàndards de qualitat per a gestionar bancs de germoplasma (FAO, 2014).

FIGURA 1. Distribució geogràfica del punt de recollida de les varietats tradicionals catalanes conservades al Banc de Germoplasma FMA-UPC. a) Col·lecció sencera (1.015 entrades, 82% del total); b) col·lecció de mongeta (452 entrades, 93%); c) col·lecció de tomàquet (398 entrades, 72%)



FONT: Elaboració pròpia.

Un element essencial del banc de germoplasma és la caracterització i l'avaluació de les entrades conservades, per tal de disposar de dades de pasaport tan completes com sigui possible. En aquest aspecte, el Banc de Germoplasma FMA-UPC ha fet un esforç important i, a hores d'ara, disposa d'informació sobre el comportament agronòmic, la composició química, el perfil sensorial o el fons genètic per a nombroses entrades. Aquest treball ha estat

possible gràcies a la col·laboració amb nombroses entitats, a través de diferents projectes de recerca i transferència. Els projectes realitzats, alhora, han permès la FMA desenvolupar eines de fenotipatge per aprofundir en l'estudi dels materials conservats. En són un exemple la implementació de la metodologia d'anàlisi sensorial en diferents espècies hortícoles (Romero del Castillo *et al.*, 2008) o de la tecnologia de l'espectroscòpia d'infraroig proper (NIRS, de l'anglès *near infrared spectroscopy*) per al fenotipatge ràpid d'atributs sensorials i químics (Plans *et al.*, 2014; Sans *et al.*, 2018). Moltes de les dades obtingudes es poden consultar als treballs publicats per la FMA a revistes científiques i de divulgació, dossiers tècnics i articles de transferència.²

Dins i fora de Catalunya hi ha altres bancs que també conserven germoplasma d'origen català, com són el COMAV o el CRF, i amb els quals col·labora la FMA. L'objectiu és unir esforços per a racionalitzar i gestionar de manera eficient les col·leccions, eliminar-ne duplicitats o crear-ne còpies de seguretat. La presència d'un banc de germoplasma a escala catalana, que col·labori amb els principals centres de recerca i conservació de RFA en l'àmbit estatal i internacional, permet una millor transferència dels RFA al sector productiu, a través de la interacció de la pagesia amb la col·lecció de germoplasma, o a través de l'alliberament de varietats millorades específicament per a les condicions agroclimàtiques de la nostra terra. En aquesta línia, i amb la idea de fomentar l'ús de les varietats conservades al Banc de Germoplasma, s'han dut a terme diversos programes de millora, l'objectiu dels quals ha estat intentar corregir els problemes que presenten algunes varietats tradicionals (*e. g.* baixa productivitat, sensibilitat a malalties) sense perdre les característiques que les fan diferents, i fer-les competitives i rendibles. Els programes de millora del tomàquet pera de Girona (Casals *et al.*, 2010), el tomàquet Mandó de Collserola (Casals *et al.*, 2019b), el fesol de Santa Pau (Almirall *et al.*, 2010), la mongeta del ganxet (Bosch *et al.*, 1998) i els calçots (Simó *et al.*, 2012) en són alguns exemples.

La col·lecció conservada suposa, també, un repositori excepcional per a mantenir la singularitat de la cuina catalana. Amb aquest objectiu la FMA ha col·laborat amb escoles d'hostaleria (*e. g.* CETT, Barcelona School of Tourism Hospitality and Gastronomy) i col·lectius de cuiners (*e. g.* Sabors de l'Horta, Cuina Vallès, Terrassa Gastronòmica), perquè entén que aquesta pot ser una estratègia positiva tant en l'àmbit gastronòmic com de conservació de l'agrobiodiversitat, ja que la diversitat de formes, colors, gustos, textures i aromes emmagatzemada al Banc és molt gran (figura 2).

2. Per a més informació, consulteu <www.fundacionmiquelagusti.cat>.

FIGURA 2. *Exemple de la diversitat conservada al Banc de Germoplasma FMA-UPC en la col·lecció de mongeta*



FONT: Elaboració pròpia.

6. PERSPECTIVES DE FUTUR

Amb l'objectiu d'oferir una col·lecció útil per al sector agrícola, el focus del Banc se centra a garantir la conservació dels materials i publicar en accés lliure tot el germoplasma contingut i la informació associada (figura 3). Això implica desenvolupar eines per a fer més eficient la conservació i caracterització del germoplasma, crear mètodes innovadors de participació ciutadana i de tots els agents vinculats amb el sector agroalimentari per a fomentar la cultura de la conservació dels RFA, i crear plataformes fàcils d'utilitzar per a transferir els materials a la pagesia. Uns objectius que donen resposta als objectius de desenvolupament sostenible de l'agenda 2030 (CADS, 2018).

Els estudis elaborats han permès identificar alguns buits amb relació a la conservació *ex situ* (Casals *et al.*, 2017; Díez *et al.*, 2018). Per a corregir-ho, el Banc té previst identificar les varietats tradicionals i les zones ecogeogràfiques que no estan ben representades en les col·leccions *ex situ*, i dur a terme noves campanyes de recollida de germoplasma. Una tasca que es pretén abordar en col·laboració amb l'extensa xarxa d'entitats locals que treballen temes d'agrobiodiversitat i que estan agrupades sota el Pla d'Acció de la Biodiversitat Cultivada del DARP.

Per a millorar l'eficiència de la conservació, s'ha optat per crear subcol·leccions formades per un conjunt reduït d'entrades (5-20%) seleccionades per a representar l'espectre genètic de tota la col·lecció (ja sigui la varietat o l'espècie) i poder estudiar-les amb més profunditat. Aquestes subcol·leccions es creen a partir de la informació recollida prèviament i seguint la metodologia de creació de col·leccions nuclears (Hintum *et al.*, 2000). L'estratègia ja ha estat aplicada en la col·lecció de mongeta del ganxet, en la qual s'han identificat vint línies pures representatives del rang de variació de la col·lecció total (319 entrades) (Rull *et al.*, 2012). Actualment, es disposa d'informació per a començar aquesta tasca en el tomàquet de penjar (264 entrades), el tomàquet de Montserrat (65 entrades) i el tomàquet pera de Girona (58 entrades). Aquestes subcol·leccions podrien ser una bona eina per a transferir, de manera sintètica, la variabilitat d'una varietat tradicional a pagesos i pageses que en vulguin recuperar el cultiu, de manera que el procés sigui molt més eficient. Alhora, les noves eines de genòmica obren la porta a una conservació i caracterització molt més eficients dels materials (Michael *et al.*, 2018), una àrea en què la FMA ha iniciat els treballs en col·laboració amb diferents centres de recerca.

Respecte a la caracterització fenotípica, la FMA ha recollit, durant més de vint anys, informació abundant dels materials. Compilar i publicar en accés obert aquesta informació és una feina complexa, però que cal abordar, perquè és la millor manera de retornar els materials al sector. Aquesta estratègia ja s'ha implementat parcialment en algunes col·leccions, com la

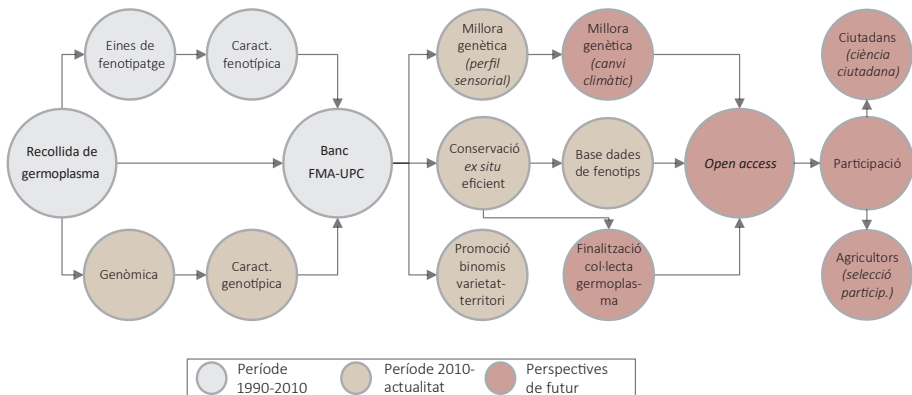
del tomàquet de penjar (Casals *et al.*, 2018c) o la de l'enciam (Casals *et al.*, 2018b), amb el suport de diferents programes de recerca i transferència del DARP. La voluntat és estendre el model a tota la col·lecció.

Pel que fa al finançament de la conservació, el Banc de Germoplasma FMA-UPC no disposa de fons específics i aquesta activitat queda estretament vinculada a la col·laboració amb altres entitats (DARP, parcs naturals, administracions supramunicipals, etc.). Aquestes col·laboracions permeten, a més de fer els cultius experimentals, regenerar la llavor i dur a terme les activitats pròpies d'un banc de germoplasma. Cal remarcar que els bons resultats assolits fins al moment han portat la FMA i la UPC a proposar que el Banc es constitueixi com la col·lecció pública i central en termes de conservació de RFA hortícoles a Catalunya.

El coneixement i el germoplasma emmagatzemats al Banc poden servir de base per a programes de millora genètica que derivin en noves varietats, i permetin als horticultors i a les horticultores accedir a germoplasma seleccionat i singular, adaptat a condicions locals de cultiu i dirigit a sistemes de cultiu eficients. D'altra banda, tota la informació recopilada (tant genètica com agronòmica) pot servir per a reforçar els binomis entre determinades varietats i territoris. En un article previ publicat en aquesta revista vam identificar setze binomis varietat-territori candidats a assolir marques geogràfiques de qualitat, com a estratègia per a ajudar a la rendibilitat del sector i fomentar la conservació *in situ* (Romero del Castillo *et al.*, 2018).

Finalment, com hem exposat, el valor de la col·lecció va més enllà dels temes agrícoles i genètics. L'erosió genètica l'hem d'entendre, també, com una erosió cultural, d'identitat i gastronòmica que interpel·la directament el

FIGURA 3. Fases en l'evolució del Banc de Germoplasma FMA-UPC: passat, present i futur



FONT: Elaboració pròpia.

plaer de menjar. En un context d'estandardització alimentària i monotonia organolèptica, els recursos emmagatzemats al Banc de Germoplasma FMA-UPC són una eina única per a impulsar una cultura gastronòmica i sensorial que és una part essencial de la nostra identitat.

AGRAÏMENTS

El Banc de Germoplasma FMA-UPC és una obra col·lectiva, en la qual participa activament tot el personal de la FMA i molts membres de la comunitat de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (ESAB), els quals són, en certa manera, coautors d'aquest treball. El Banc funciona gràcies al suport de nombroses administracions i entitats de Catalunya, a les quals volem agrair la seva col·laboració. Els autors agraeixen a Liliana Torres el seu suport en la revisió del text.

BIBLIOGRAFIA

- AHARONI, A.; GIRI, A. P.; VERSTAPPEN, F. W. A.; BERTEA, C. M.; SEVENIER, R.; SUN, Z. K. [et al.] (2004). «Gain and loss of fruit flavor compounds produced by wild and cultivated strawberry species». *Plant Cell*, núm. 16, p. 3110-3131.
- ALMIRALL, A.; BOSCH, L.; ROMERO DEL CASTILLO, R.; RIVERA, A.; CASAÑAS, F. (2010). «'Crosca' common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a prototypical cultivar within the 'Tavella Brisa' type». *Hortscience*, núm. 45, p. 432-433. També disponible en línia a: <<http://hortsci.ashspublications.org/content/45/3/432.short>>.
- BOSCH, L.; CASAÑAS, F.; SÁNCHEZ, E.; NÚEZ, F. (1997). «Variability of maize landraces from Northwest Spain». *Plant Genetic Resources Newsletter*, núm. 112, p. 90-92.
- BOSCH, L.; CASAÑAS, F.; SÁNCHEZ, E.; PUJOLÀ, M.; NÚEZ, F. (1998). «Selection L67, a pure line with true seed type of the Ganxet common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)». *Hortscience*, núm. 33, p. 905-906.
- CASALS, J. (2012). *Primera proposta de l'Atlas de les varietats hortícoles locals catalanes*. Castelldefels: Fundació Miquel Agustí.
- CASALS, J.; BOSCH, L.; CASAÑAS, F.; CEBOLLA, J.; NÚEZ, F. (2010). «Montgri, a cultivar within the Montserrat tomato type». *Hortscience*, núm. 45, p. 1885-1886.
- CASALS, J.; CASAÑAS, F.; SIMÓ, J. (2017). «Is it still necessary to continue to collect crop genetic resources in the Mediterranean area? A case study in Catalonia». *Economic Botany*, núm. 71, p. 330-341. doi:10.1007/s12231-017-9392-0.

- CASALS, J.; CASAÑAS, F.; SIMÓ, J.; JORDANA, J.; ARÚS, P.; PUIGDOMÈNECH, P. (2018a). «Els gens». A: FOLCH, R.; PEÑUELAS, J.; SERRAT, D.; GERMAIN, J. (ed.). *Natura, ús o abús? Llibre blanc de la gestió de la natura als països catalans*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans: Barcino. doi:10.2436/15.0110.22.19.
- CASALS, J.; PASCUAL, L.; CAÑIZARES, J.; CEBOLLA-CORNEJO, J.; CASAÑAS, F.; NÚEZ, F. (2011). «The risks of success in quality vegetable markets: Possible genetic erosion in Marmande tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) and consumer dissatisfaction». *Scientia Horticulturae*, núm. 130, p. 78-84. doi:10.1016/j.scienta.2011.06.013.
- CASALS, J.; RIVERA, A.; FIGÀS, M. R.; CASANOVA, C.; CAMÍ, B.; SOLER, S. [et al.] (2018b). «A comparison of landraces vs. modern varieties of lettuce in organic farming during the winter in the Mediterranean area: An approach considering the viewpoints of breeders, consumers, and farmers». *Frontiers in Plant Science*, núm. 9, p. 1491. doi:10.3389/fpls.2018.01491.
- CASALS, J.; RIVERA, A.; RULL, A.; ROMERO DEL CASTILLO, R.; SABATÉ, J.; SANS, S. [et al.] (2019a). «Improving the conservation and use of traditional germplasm through breeding for local adaptation: The case of the Castellfollit del Boix common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landrace». *Agronomy*, núm. 9. doi:10.3390/agronomy9120889.
- CASALS, J.; RIVERA, A.; SIMÓ, J.; PONS, C. (2018c). «El tomàquet de penjar, un tipus varietal amb una gran variabilitat». *Dossier Tècnic*, núm. 94: *El tomàquet de penjar*. Barcelona: Direcció General d'Alimentació, Qualitat i Indústries Agroalimentàries, p. 9-14. També disponible en línia a: <https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/5302088/Dossier+Tecnic+94_WEB.pdf/4d55da85-af58-4827-9cb2-8d9c9d12c4ae>.
- CASALS, J.; RULL, A.; SEGARRA, J.; SCHOBER, P.; SIMÓ, J. (2019b). «Participatory plant breeding and the evolution of landraces: A case study in the organic farms of the Collserola natural park». *Agronomy*, núm. 9. doi:10.3390/agronomy9090486.
- CASAÑAS, F.; SIMÓ, J.; CASALS, J.; PROHENS, J. (2017). «Toward an evolved concept of landrace». *Frontiers in Plant Science*, núm. 8, p. 145. doi:10.3389/fpls.2017.00145.
- CONSELL ASSESSOR PER AL DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE (CADS) (2018). *Mengem futur (Informe 1/2018): Per un sistema alimentari, productiu, sostenible, resilient, saludable, responsable i d'accés universal a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Exterior, Relacions Institucionals i Transparència. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible.
- DÍEZ, M. J.; ROSA, L. de la; MARTÍN, I.; GUASCH, L.; CARTEA, M. E.; MALLOR, C. [et al.] (2018). «Plant genebanks: Present situation and proposals for their improvement. The case of the Spanish network» [en línia]. *Frontiers in Plant Science*, núm. 9, p. 1794. <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2018.01794>>.

- ESQUINAS-ALCÁZAR, J. (2005). «Protecting crop genetic diversity for food security: Political, ethical and technical challenges». *Nature Reviews Genetics*, núm. 6, p. 946-953. doi:10.1038/nrg1729.
- FOLTA, K. M.; KLEE, H. J. (2016). «Sensory sacrifices when we mass-produce mass produce». *Horticulture Research*, núm. 3, p. 16032. doi:10.1038/hortres.2016.32.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) (2009). *International treaty on plant genetic resources for food and agriculture*. Roma: FAO.
- (2010). *Second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture*. Roma: FAO.
- (2014). *Genebank standards for plant genetic resources for food and agriculture*. Roma: FAO.
- FOWLER, C.; HODGKIN, T. (2004). «Plant genetic resources for food and agriculture: Assessing global availability». *Annual Review of Environment and Resources*, núm. 29, p. 143-179. doi:10.1146/annurev.energy.29.062403.102203.
- GEPTS, P. (2006). «Plant genetic resources conservation and utilization». *Crop Science*, núm. 46, p. 2278-2292. doi:10.2135/cropsci2006.03.0169gas.
- GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M.; SAUNDERS, D. A.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; BOUIS, H. E.; BONIERBALE, M. [et al.] (2007). «Nutritious subsistence food systems». *Advances in Agronomy*, núm. 92, p. 1-74. doi:10.1016/S0065-2113(04)92001-9.
- HAMMER, K.; LAGHETTI, G. (2005). «Genetic erosion – Examples from Italy». *Genetic Resources and Crop Evolution*, núm. 52, p. 629-634. doi:10.1007/s10722-005-7902-x.
- HAMMER, K.; TEKLU, Y. (2008). «Plant genetic resources: selected issues from genetic erosion to genetic engineering». *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, núm. 109, p. 15-50.
- HARLAN, J. R. (1975). *Crops and man*. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America.
- HINTUM, T. J. van; BROWN, A. H. D.; SPILLANE, C.; HODKIN, T. (2000). *Core collections of plant genetic resources*. Roma: International Plant Genetic Resources Institute.
- KHOSHBAKHT, K.; HAMMER, K. (2008). «How many plant species are cultivated?». *Genetic Resources and Crop Evolution*, núm. 55, p. 925-928. doi:10.1007/s10722-008-9368-0.
- KHOURY, C. K.; BJORKMAN, A. D.; DEMPEWOLF, H.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; GUARINO, L.; JARVIS, A. [et al.] (2014). «Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, núm. 111, p. 4001-4006. doi:10.1073/pnas.1313490111.
- KIERS, E. T.; HUTTON, M. G.; DENISON, R. F. (2007). «Human selection and the relaxation of legume defences against ineffective rhizobia». *Proceedings*

- of the Royal Society B: Biological Sciences*, núm. 274, p. 3119-3126. doi:10.1098/rspb.2007.1187.
- LEFÈVRE, D. (2018). *Des racines et des gènes: Une histoire mondiale de l'agriculture*. París: Rue de l'échiquier.
- LEVINGS, C. S. (1990). «The Texas cytoplasm of maize: Cytoplasmic male sterility and disease susceptibility». *Science*, núm. 250, p. 942 LP-947. doi:10.1126/science.250.4983.942.
- LOUWAARS, N. P. (2018). «Plant breeding and diversity: A troubled relationship?» *Euphytica*, núm. 214, p. 114. doi:10.1007/s10681-018-2192-5.
- MAFFI, L. (2005). «Linguistic, cultural, and biological diversity». *Annual Review of Anthropology*, núm. 34, p. 599-617. doi:10.1146/annurev.anthro.34.081804.120437.
- MAZOYER, M.; ROUDART, L. (2002). «Histoire des agricultures du monde: Du néolithique à la crise contemporaine». Brusselles: Les Éditions Points. 736 p.
- MICHAEL, H.; TINASHE, C.; RUARAIKH, S. H.; BRAD, K.; EMILY, M.; ERIC, W. [et al.] (2018). «Plant genetic resources for food and agriculture: Opportunities and challenges emerging from the science and information technology revolution». *New Phytologist*, núm. 217, p. 1407-1419. doi:10.1111/nph.14993.
- PLANS, M.; SIMÓ, J.; CASAÑAS, F.; ROMERO DEL CASTILLO, R.; RODRIGUEZ-SAONA, L. E.; SABATÉ, J. (2014). «Estimating sensory properties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) by near infrared spectroscopy». *Food Research International*, núm. 56, p. 55-62. doi:10.1016/j.foodres.2013.12.003.
- PROHENS, J.; GRAMAZIO, P.; PLAZAS, M.; DEMPPEWOLF, H.; KILIAN, B.; DÍEZ, M. J. [et al.] (2017). «Introgressionomics: A new approach for using crop wild relatives in breeding for adaptation to climate change». *Euphytica*, núm. 213, p. 158. doi:10.1007/s10681-017-1938-9.
- RIVERA, A.; PLANS, M.; SABATÉ, J.; CASAÑAS, F.; CASALS, J.; RULL, A. [et al.] (2018). «The Spanish core collection of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An important source of variability for breeding chemical composition». *Frontiers in Plant Science*, núm. 9, p. 1642. doi:10.3389/fpls.2018.01642.
- ROMERO DEL CASTILLO, R.; SIMÓ, J.; CASALS, J.; CASAÑAS, F. (2018). «Les marques geogràfiques de qualitat europees i la conservació dels recursos fitogenètics hortícoles a Catalunya». *Quaderns Agraris*, núm. 45, p. 41-69. doi:10.2436/20.1503.01.90.
- ROMERO DEL CASTILLO, R.; VALERO, J.; CASANAS, F.; COSTELL, E. (2008). «Training, validation and maintenance of a panel to evaluate the texture of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.)». *Journal of Sensory Studies*, núm. 23, p. 303-319.
- ROYAL SOCIETY (2009). *Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture*. Londres: The Royal Society, Science Policy.

- RULL, A.; CASALS, J.; SIMÓ, J. (2017). «Recuperación y mejora de una variedad tradicional: la col espigall del Garraf (*Brassica oleracea* L.)». *HortiCultura*, núm. 329 (abril), p. 54-60.
- RULL, A.; FERREIRA, J. J.; RIVERA, A.; FENERO, D.; ALMIRALL, A.; CASAÑAS, F. (2012). «Clasificación de las entradas del tipo varietal Ganxet recolectadas en Cataluña» [en línea]. A: *Sesiones de la Asociación Española de Leguminosas: Actas de la Asociación Española de Leguminosas 5* (Pontevedra, 2012), p. 241-250. <<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/18952>>
- RUSSELL, J.; MASCHER, M.; DAWSON, I. K.; KYRIAKIDIS, S.; CALIXTO, C.; FREUND, F. [et al.] (2016). «Exome sequencing of geographically diverse barley landraces and wild relatives gives insights into environmental adaptation». *Nature Genetics*, núm. 48, p. 1024-1030. doi:10.1038/ng.3612.
- SÁNCHEZ, E.; SIFRES, A.; CASAÑAS, F.; NÚEZ, F. (2007). «Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Catalonia, a Mesoamerican germplasm hotspot to be preserved». *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, núm. 82, p. 529-534.
- SANS, S.; FERRÉ, J.; BOQUÉ, R.; SABATÉ, J.; CASALS, J.; SIMÓ, J. (2018). «Determination of chemical properties in ‘calçot’ (*Allium cepa* L.) by near infrared spectroscopy and multivariate calibration». *Food Chemistry*, núm. 262, p. 178-183. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.102>.
- SIMÓ, J.; ROMERO DEL CASTILLO, R.; ALMIRALL, A.; CASAÑAS, F. (2012). «‘Roquerola’ and ‘Montferri’, first improved onion (*Allium cepa* L.) cultivars for ‘Calçots’ production». *Hortscience*, núm. 47, p. 801-802. doi:10.21273/HORTSCI.47.6.801.
- STARR, G.; PETERSEN, M. A.; JESPERSEN, B. M.; HANSEN, Å. S. (2015). «Variation of volatile compounds among wheat varieties and landraces». *Food Chemistry*, núm. 174, p. 527-537. doi:10.1016/j.foodchem.2014.11.077.
- TIEMAN, D.; ZHU, G.; RESENDE, M. F. R.; LIN, T.; NGUYEN, C.; BIES, D. [et al.] (2017). «A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor». *Science*, núm. 355, p. 391-394. doi:10.1126/science.aal1556.
- WOUW, M. van de; KIK, C.; HINTUM, T. van; TREUREN, R. van; VISSER, B. (2010). «Genetic erosion in crops: Concept, research results and challenges». *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, núm. 8, p. 1-15. doi:10.1017/s1479262109990062.