



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

MILLORA GENÈTICA DE LA COL BROTONERA

Treball final de grau
Enginyeria Agrícola

Autor: Adriana Martins Veiga

Tutors: Francesc Casañas i Joan Simó

Juny - 2015

Resum

La col brotonera (*Brassica oleracea* L.) és una varietat tradicional de Catalunya, històricament cultivada, sobretot, a la zona del Garraf i d'El Vallès. Es tracta d'una col que no forma cabdell i de la qual es consumeixen els brots axil·lars, anomenats brotons o espigalls. La Fundació Miquel Agustí (FMA), que treballa per a la conservació, millora i promoció de les varietats agrícoles tradicionals, va desenvolupar un projecte per recuperar el cultiu i el consum d'aquesta varietat, actualment en perill de desaparició. La millora de la varietat és un dels eixos d'aquest projecte i objecte d'estudi d'aquest treball.

El mètode de millora utilitzat, tenint en compte l'al·logàmia de la col i els mitjans disponibles, és la selecció en massa. Anteriorment a la realització d'aquest treball, es va dur a terme un primer cicle de selecció. Aquest treball es desenvolupa, doncs, en el segon cicle del projecte a partir de la F_1 generada durant la campanya anterior i vuit poblacions més, incorporades amb la finalitat d'ampliar el rang de variabilitat del primer any. Els objectius són: (1) la caracterització de les diferents poblacions de cols brotoneres, (2) l'avaluació de la població F_1 , fruit de la selecció del primer cicle i (3) la selecció dels parentals que donaran lloc a la següent generació F_2 .

La caracterització de les poblacions va posar de relleu la manca d'un material vegetal de qualitat i adaptat a les necessitats dels agricultors de la zona, fent necessària la continuïtat del programa de millora. Aquesta caracterització també va permetre tenir una bona descripció dels materials que seran incorporats al banc de germoplasma de la FMA, per a futurs programes de millora.

L'avaluació de la F_1 va revelar que no hi ha un avenç significatiu en el primer cicle de millora, respecte a les varietats utilitzades pels agricultors, llevat de la baixa variabilitat intrapoblacional per als caràcters relacionats amb els espigalls.

Mitjançant la caracterització de les diferents poblacions i d'un nombre preseleccionat de plantes, s'han seleccionat 25 individus de les 1350 plantes que componien l'estudi. Les plantes seleccionades han estat traslladades a un camp aïllat, per tal que s'encreuessin lliurement entre elles i produïssin les llavors que donaran lloc a la F_2 en el següent cicle del procés.

Paraules clau: varietats tradicionals, millora genètica, *Brassica oleracea* L., espigalls.

Resumen

La col brotonera (*Brassica oleracea* L.) es una variedad tradicional de Cataluña, históricamente cultivada, sobre todo, en la zona del Garraf y en El Vallès. Se trata de una col que no forma el cogollo central y de la que se consumen los brotes axilares, llamados *brotons* o *espigalls*. La Fundación Miquel Agustí (FMA), que trabaja para la conservación, mejora y promoción de las variedades agrícolas tradicionales, desarrolló un proyecto para recuperar el cultivo y el consumo de esta variedad que se encuentra olvidada. La mejora de la variedad es uno de los ejes de este proyecto y objeto de estudio de este trabajo.

El método de mejora utilizado, teniendo en cuenta la alogamia de la col y los medios disponibles, es la selección en masa. Anteriormente a la realización de este trabajo, se llevó a cabo un primer ciclo de selección. Este trabajo se desarrolla, pues, en el segundo ciclo del proyecto a partir de la F_1 generada en la campaña anterior y ocho poblaciones más, incorporadas con la finalidad de ampliar el rango de variabilidad del año anterior. Los objetivos son: (1) la caracterización de nueve poblaciones de coles brotoneras, (2) la evaluación de la población F_1 , fruto de la selección del primer ciclo y (3) la selección de los parentales que darán lugar a la siguiente generación F_2 .

La caracterización de las poblaciones puso en evidencia la falta de un material vegetal de calidad adaptado a las necesidades de los agricultores de la zona, haciendo necesaria la continuidad del programa de mejora. Esta caracterización también permitió obtener una buena descripción de los materiales que serán incorporados al banco de germoplasma de la FMA, para futuros programas de mejora.

La evaluación de la F_1 reveló que no hay un avance significativo en el primer ciclo de mejora, respecto las variedades utilizadas por los agricultores, salvo la baja variabilidad intrapoblacional para los caracteres relacionados con los *espigalls*.

Mediante la caracterización de las diferentes poblaciones i de un número preseleccionado de plantas, se eligieron veinticinco individuos de mil trecientos cincuenta plantas que componían el estudio. Las plantas seleccionadas fueron trasladadas a un campo aislado, para que se entrecruzaran libremente entre ellas y produjeran las semillas que darán origen a la F_2 en el siguiente ciclo del proceso.

Palabras clave: variedades tradicionales, mejora genética, *Brassica oleracea* L., “espigalls”.

Abstract

Brotonera cabbage (*Brassica oleracea* L.) is a Catalan cabbage landrace, historically grown in the Garraf and El Vallés areas. It is a cabbage without a head, and its axillary buds, called brotons or espigalls, are eaten. The Miquel Agustí Foundation (FMA), the institution that works for the preservation, improvement and promotion of traditional crop varieties, developed a project to recover the cultivation and consumption of this variety that has lost its importance in the past years. Plant improvement is one of the basis of this project and it is researched in this work.

The improvement method used is called mass selection, considering the cross-fertilization in cabbage and the available resources. Prior to the completion of this work, a first cycle of selection was held. This work takes place in the second cycle of the project, studying the F_1 generation and eight additional populations, added in order to introduce genetic variability. The objectives are: (1) characterization of nine populations of brotonera cabbage, (2) evaluation of the F_1 population, the result of the selection made during the first cycle and (3) selecting parental that will result in the next generation F_2 .

Characterization checks the unavailability of quality plant material, and thus making evident the need for keep working on the improvement program. The characterized populations will become part of the gene bank of the FMA, to be used, in the future, in plant breeding programs.

F_1 assessment revealed no significant progress on the first cycle of improvement, when compared to the varieties used by farmers, with the exception of the low intra-population variability for those traits related to *espigalls* characterization.

By characterizing different populations, twenty-five individuals from five entries were selected out of the 1350 individuals in the starting population from nine inputs. They were taken to an isolated area, where they were freely interbred to produce the seeds that will result in F_2 in the following process cycle.

Keywords: landrace, breeding, *Brassica oleracea* L., “espigalls”.

Índex

1. INTRODUCCIÓ.....	6
1.1 <i>Brassica oleracea</i> L.	6
1.1.1 Aspectes botànics i biològics.....	6
1.1.2 Domesticació dels cultivars de <i>Brassica oleracea</i> L.	7
1.1.3 Importància agrícola.....	8
1.1.3.1 Importància agrícola mundial	8
1.1.3.2 Importància agrícola a Espanya	11
1.2 La col brotonera	13
1.2.1 Aspectes generals.....	13
1.2.2 El cultiu de la col brotonera	15
1.2.3 Situació actual	16
1.3 La millora genètica	17
1.3.1 La millora genètica en el gènere <i>Brassica</i>	17
1.4 Antecedents	19
1.4.1 Pla de millora de la col brotonera	19
1.4.2 Caracterització i selecció prèvia	21
1.5 Objectius del treball	22
2. MATERIALS I MÈTODES	23
2.1 Descripció del procés de caracterització, avaluació i selecció	23
2.2 Material vegetal	24
2.3 Camp d'assaig.....	24
2.3.1 Característiques del camp.....	24
2.3.2 – Disseny experimental i maneig del cultiu.....	25
2.4 Avaluació dels caràcters.....	26
2.4.1 Caracterització de les poblacions i de la F ₁	26
2.4.2 Avaluació per a la selecció dels parentals de la F ₂	28
2.5 Anàlisi de les dades.....	30
3. RESULTATS I DISCUSSIÓ	31
3.1 Caracterització de les poblacions.....	31
3.2 Avaluació de la F ₁	39

3.3 Selecció dels parentals de la F ₂	40
4. CONCLUSIONS	46
5. BIBLIOGRAFIA	47
Referències bibliogràfiques.....	47

1. INTRODUCCIÓ

1.1 *Brassica oleracea* L.

1.1.1 Aspectes botànics i biològics

B. oleracea és una espècie que pertany a la família de les brassicàcies, també coneguda com a família de les crucíferes, i és cultivada arreu del món, tant per al consum humà com per al farratger (Ordás i Cartea 2008).

A partir del procés de selecció humana s'han obtingut diversos cultivars, cadascun amb la finalitat de consum d'un òrgan específic de la planta, com ara les fulles al llarg de la tija, les fulles que envolten la gemma terminal, els brots axil·lars, les inflorescències o la tija engrossida (Spooner et al. 2003).

La seva estructura floral consisteix en quatre sèpals, quatre pètals, sis estams (quatre més allargats i dos més curts), un gineceu format per dos carpels i l'ovari superior, el seu fruit és una síliqua (Ordás i Cartea 2008). La pol·linització, majoritàriament, és entomòfila i especialment per himenòpters (Watanabe i Hinata 1999). Els diferents cultivars de *B. oleracea* poden ser anuals, biennals o perennes.

Es tracta d'una espècie al·lògama (Ordás i Cartea 2008), implicant cert grau d'autoincompatibilitat. Segons Takayama i Isogai (2005), quan es presenta autoincompatibilitat en alguna espècie de *Brassicaceae*, aquesta és deguda al següent procés: el tub pol·línic no es desenvolupa correctament en l'estigma que presenta el mateix haplotip que l'imprès en el pol·len del seu progenitor. El rebuig dona lloc a la no hidratació del pol·len o bé a una ràpida detenció del creixement del tub pol·línic en la superfície de l'estigma, en el cas que el pol·len s'hidrati, per exemple degut a la humitat ambiental.

La classificació taxònica de *B. oleracea*, segons el sistema de Cronquist del 1981, encara àmpliament utilitzat en l'entorn de l'agricultura, es presenta en la Taula 1:

Taula 1 - Classificació segons el sistema de Cronquist

Classe	Magnoliopsida
Subclasse	Dilleniidae
Ordre	Capparales
Família	<i>Brassicaceae</i>
Gènere	<i>Brassica</i>
Espècie	<i>Brassica oleracea</i> L.

Font: elaboració pròpia



Segons la classificació filogenètica del sistema APG III (*Angiosperm Phylogeny Group*) del 2003, la classificació seria la que es presenta en la Taula 2 (nomenclatura dels clades en anglès):

Taula 2 - Classificació segons el sistema APGIII

Clade	Eudicots
Clade	core eudicots
Clade	rosids
Clade	Malvidae o rosids II
Ordre	Brassicales
Família	Brassicaceae
Gènere	<i>Brassica</i>
Espècie	<i>Brassica oleracea</i> L.

Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'APG (Stevens 2012)

1.1.2 Domesticació dels cultivars de *Brassica oleracea* L.

L'origen de *B. oleracea*, així com la majoria de les plantes cultivades, es divideix en l'origen del taxó com a resultat del procés d'evolució en la natura i l'història de la seva domesticació i diversificació. Tots dos processos són resultat d'una selecció, però en l'evolució, la selecció és natural i l'exerceix el medi i en la domesticació la selecció és artificial i influenciada per l'ésser humà (Gómez-Campo i Prakash 1999).

La filogènia d'aquesta espècie és àmpliament debatuda i el procés de domesticació tampoc està clarament definit. Degut a la presència de cols silvestres tant a la costa mediterrània com a la costa atlàntica, hi ha diferents opinions sobre el lloc on aquesta va estar domesticada. Escasses llavors són trobades en excavacions arqueològiques en un estat òptim que permeti la identificació de l'espècie a la qual corresponen. En altres vegetals, aquesta mancança es veu compensada per fonts d'informació deixades per antigues civilitzacions com la literatura o els dibuixos, però aquest no és el cas de les cols (Maggioni et al. 2010). Així i tot, la idea que el començament del procés evolutiu de les formes cultivades del gènere *Brassica* va tenir lloc en la regió mediterrània ha estat acceptada d'una manera general (Ordás i Carrea 2008). Segons Gómez-Campo i Prakash (1999) la presència de cols silvestres a la zona mediterrània semblava indicar que aquestes eren els ancestres de les cultivades, però la tendència actual és considerar que les silvestres que trobem avui en dia a la regió Mediterrània, es van originar a partir d'exemplars cultivats. Els estudis recents suggereixen que els cultivars actuals de *B. oleracea* provenen de la *B. oleracea* originària de la costa atlàntica d'Europa, cultivada pels Celtes i possiblement pels aborígens que hi vivien abans de la invasió celta. En el límit entre el segon i el primer mil·lenni abans de Crist, *B. oleracea* fou introduïda a la zona est del mediterrani, on esdevingué àmpliament cultivada, i començà la diversificació que originà una enorme gamma de formes cultivades. La selecció en climes diferents, la hibridació natural i la

introgressió de gens va donar lloc a les diverses varietats de cols que trobem avui en dia (Gómez-Campo i Prakash 1999). A aquests factors cal afegir que es tracta d'una espècie amb pol·linització creuada, auto incompatible, amb una forta tendència a patir mutacions, i que s'encreua lliurement amb moltes espècies silvestres del gènere *Brassica* (Branca 2008). Els canvis en l'estructuració cromosomàtica també van jugar un paper important en el procés de diferenciació que va donar com a resultat les diferents varietats botàniques de *B. oleracea* (Chiang i Grant 1975). No obstant, la qüestió segueix oberta, i alguns autors defensen que tots els cultivars de cols tenen el seu origen en la zona mediterrània (Gómez-Campo i Prakash 1999).

Independentment del seu lloc específic de domesticació, Hodgkin (1995) explica que hi ha evidències de que algunes formes de *B. oleracea* eren cultivades pels grecs al voltant de l'any 600 aC, així com d'una clara tendència a l'increment en la diferenciació dels cultius i en el nombre de diferents materials vegetals del gènere *Brassica*. El mateix autor esmenta que Cato identificà, al voltant del 200 aC, tres plantes cultivades del gènere *Brassica*: una gran de fulla llisa, una de fulla arrissada i un altre tendre i de tija curta. Ja en el primer segle dC, Plini enumera sis cultivars del gènere *Brassica*, on inclou: una col possiblement de cabdell, una altre amb fulles que es troben a prop del terra amb el cap amplament obert i quelcom semblant a un colrave amb la tija inflada; Plini també fa referència a la importància dels rebrots primaverals, produïts després del primer tall (Hodgkin 1995). Aquestes evidències donen informació respecte a l'antiguitat de la domesticació del gènere *Brassica*, incloent-hi les cols. En el context d'aquest treball pren rellevància l'explicació específica sobre la importància de la utilització dels rebrots, possible símil de la col brotonera.

1.1.3 Importància agrícola

La impossibilitat de trobar informació referent a la producció de la col brotonera, resulta en l'avaluació de la importància econòmica del cultiu del gènere *Brassica* en un concepte més ampli. Les dades de producció es troben agrupades, depenent de les fonts d'informació estadística, en dues o més categories com ara: *bròquils i coliflors, cols i altres crucíferes* o només *cols*. En la categoria *cols i altres crucíferes* utilitzada en la FAOSTAT (divisió d'estadística de l'Organització de les Nacions Unides per a l'Alimentació i l'Agricultura) i posteriorment citada en aquest treball, no s'inclouen els naps ni la colza.

1.1.3.1 Importància agrícola mundial

El cultiu de les diferents varietats de cols té una gran importància mundial i va ocupar, l'any 2013, la tercera posició en el rànquing d'hortícoles, tant en quantitat produïda com en superfície conreada. En aquest rànquing, on s'exclouen els tubercles, la síndria i el meló, el tomàquet ocupa la primera posició, seguit de la ceba. Els bròquils i les coliflors no comparteixen aquest protagonisme i són menys produïts mundialment, però la seva producció



no ha deixat de créixer en els últims anys, i ha mantingut un creixement més estable que la col (Figura 1).

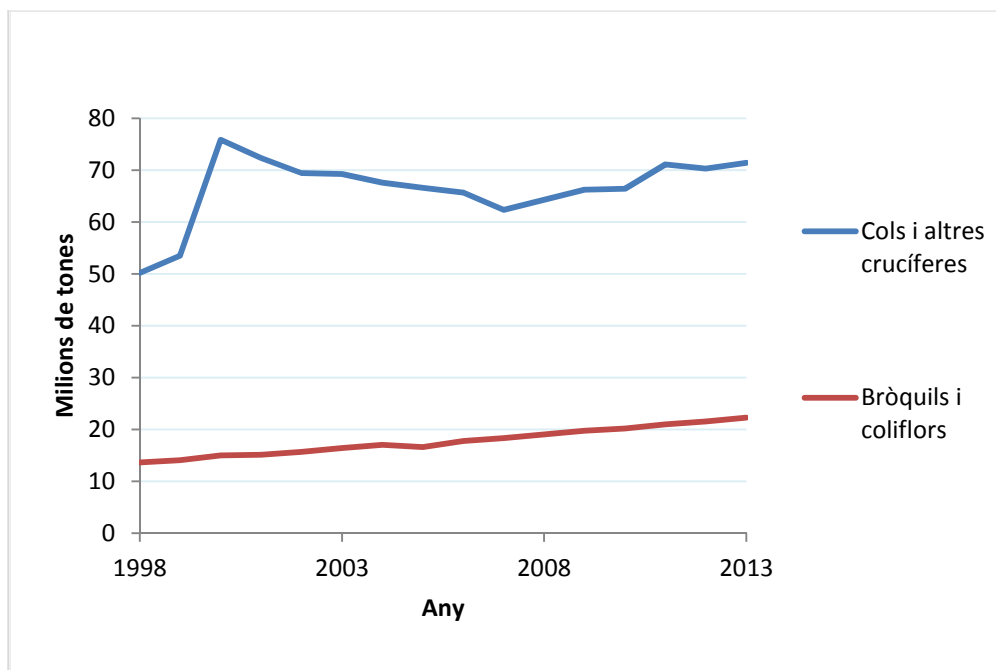


Figura 1 - Evolució de la producció mundial de cols i altres crucíferes i bròquils i coliflors.

Font: elaboració pròpia a partir de dades de FAOSTAT.

A l'any 2013, el principal productor de cols i altres crucíferes va ser la Xina, on es va produir al voltant del 44% de la producció mundial. L'Índia és el segon país, amb una producció bastant inferior, representant aproximadament el 12% de la producció mundial, seguida de Rússia, Corea del Sud i Japó (Figura 2). A Corea, la col té un paper clau en la gastronomia, essent la col xina (*Brassica rapa* L.) l'ingredient principal del *Kimchi*, una preparació molt popular similar a la xucrut.

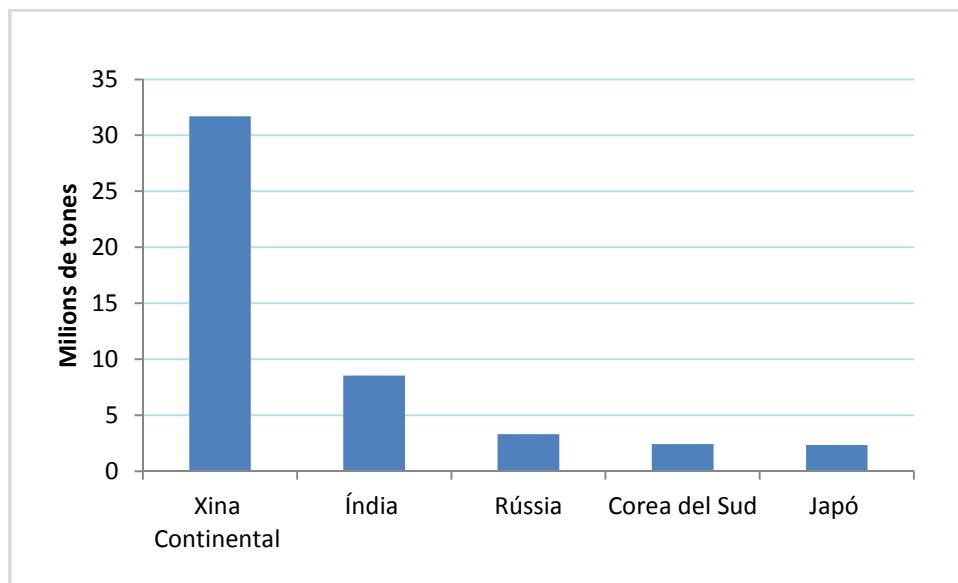


Figura 2 - Principals productors mundials de cols i altres crucíferes l'any 2013.

Font: elaboració pròpia a partir de dades de FAOSTAT.

Així com en la producció de cols i altres crucíferes, l'any 2013 la Xina va encapçalar el llistat dels principals productors de bròquils i coliflors. De fet, aquesta situació es repeteix per a molts productes agrícoles, en part degut a l'extensa superfície agrícola d'aquest país. L'Índia ocupa el segon lloc, i en la tercera posició trobem a Espanya, seguida de Mèxic i Itàlia (Figura 3).

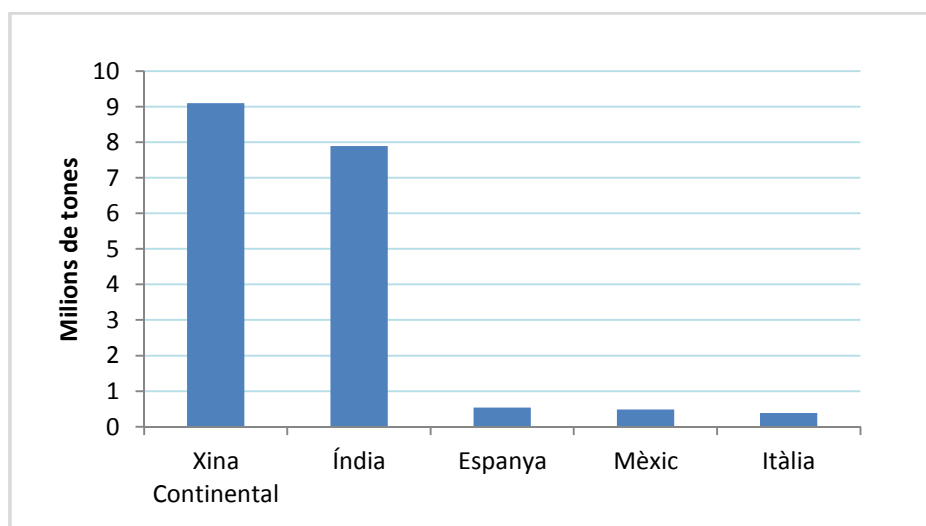


Figura 3 - Principals productors mundials de bròquils i coliflors al 2013.

Font: elaboració pròpia a partir de dades de FAOSTAT.

1.1.3.2 Importància agrícola a Espanya

L'any 2013, Espanya va produir al voltant de 182 mil tones de *cols i altres crucíferes*, ocupant la posició 34 en el llistat dels països productors, en quantitat. Pel que fa als bròquils i les coliflors, l'any 2013, Espanya va ocupar la 3^a posició en el rànquing dels principals productors mundials, en quantitat, amb una producció d'aproximadament 540 mil tones (Figura 3), essent el 71% de bròquils i el 29% de coliflors. Des de 1996, Espanya figura entre els 5 principals productors d'aquestes hortalisses, oscil·lant entre la cinquena i la tercera posició, que manté des del 2010

Comparada a la producció xinesa, de més de 9 milions de tones, la producció de bròquils i coliflors d'Espanya pot arribar a semblar poc important, però realitzant una mitjana de les exportacions durant la sèrie d'anys compresos entre el 1997 al 2011, Espanya figura com el major exportador mundial d'aquestes hortalisses, amb la xifra d'aproximadament 226 mil tones exportades anualment. L'evolució de la producció i de l'exportació es pot apreciar a la Figura 4, amb un creixement força continuat pel que fa l'exportació. S'aprecia una abrupta caiguda de la producció al 2009, que podria estar associada a la desastrosa campanya a Murcia (Font: PROEXPORT), principal regió productora a nivell nacional. En els últims 10 anys, el principal mercat d'aquestes exportacions va ser Regne Unit. (FAOSTAT)

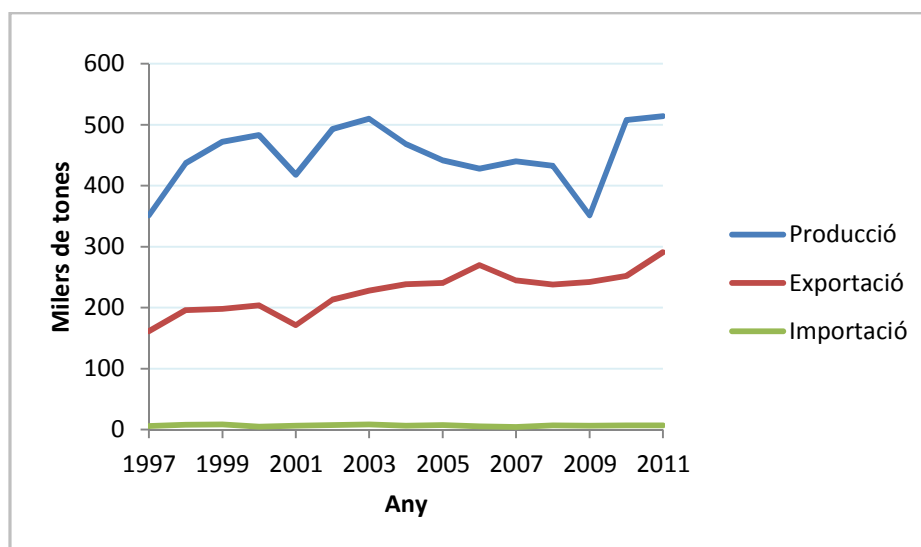


Figura 4 – Evolució de la producció, exportació i importació de bròquils i coliflors a Espanya.

Font: elaboració pròpia a partir de dades de FAOSTAT.

Les comunitats autònomes, amb una major producció de bròquils i coliflors durant l'any 2012, van ser Murcia i Andalusia que van ser responsables del 39% i el 17% de la producció estatal, respectivament. Catalunya tan sols va col·laborar amb aproximadament el 2,5% de la producció espanyola (MAGRAMA).

La producció de cols, a Espanya, en els últims 15 anys ha decrescut significativament, tot i així les exportacions només han patit lleugeres oscil·lacions (Figura 5).

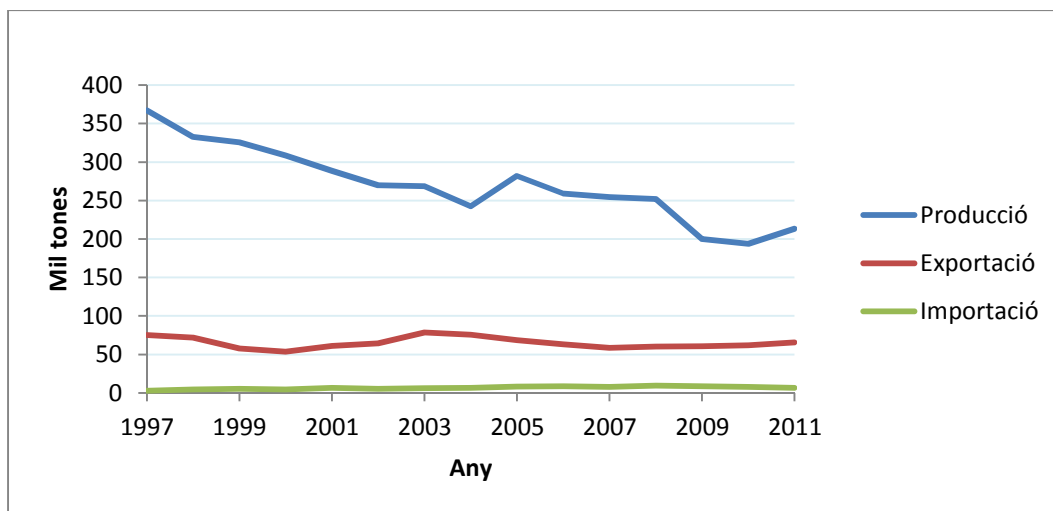


Figura 5 – Evolució de la producció, exportació i importació espanyoles de cols i altres crucíferes.

Font: elaboració pròpia a partir de FAOSTAT.

L'única varietat que ha vist incrementada la superfície de conreu i la producció a Espanya és la col de fulla arrissada, tipus Milan. La varietat del gènere *Brassica* més produïda a Espanya durant l'any 2012 va ser el bròquil, seguit de la coliflor i les cols de fulla llisa (Figura 6) . Les principals comunitats autònomes productores l'any 2012 van ser Galícia (28,45%) i Aragó (19,19%), mentre que Catalunya va ser responsable de un 5,6% de la producció estatal (MAGRAMA).

Del total de la superfície estatal destinada a la producció d'hortalissa l'any 2012, incloent-hi les fruites d'aquesta categoria, només un 1,91% es va destinar a la producció de cols i un 8,46% a bròquils i coliflors (MAGRAMA).

Els rendiments mitjans dels últims 10 anys, obtinguts a Espanya són baixos comparats amb el del país líder, Xipre: 33 t/ha en front a 85 t/ha en el cas de la col i 17t/ha en front a 56t/ha per als bròquils i coliflors (FAOSTAT).

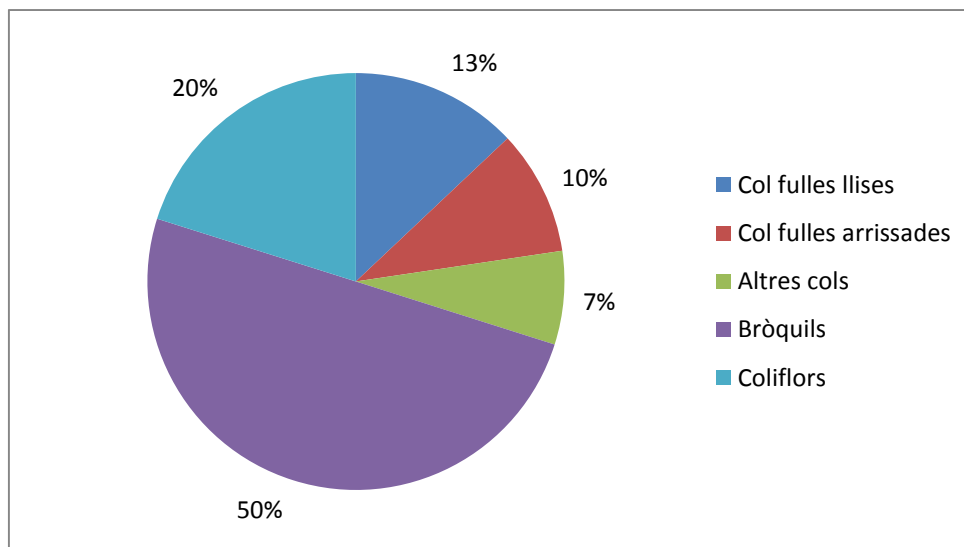


Figura 6 - Distribució de la producció espanyola, en pes, de cols, bròquils i coliflors i altres varietats dels gènere *Brassica*, l'any 2012.

Font: elaboració pròpia a partir de dades del MAGRAMA.

A partir de les dades exposades en aquest apartat, es conclou que el bròquil, producte que presenta una gran similitud amb els espigalls, es troba en un moment d'expansió comercial, a diferència de la col. També es conclou que el bròquil és un producte de gran importància econòmica dins l'horticultura espanyola ja que Espanya és un exportador de rellevància mundial.

1.2 La col brotonera

1.2.1 Aspectes generals

Segons l'Institut d'Estudis Catalans, brotonar és quan la col verda, el bròquil i altres hortalisses treuen brotons. Es denomina, doncs, col brotonera a una varietat de col que produeix brotons i posteriorment espigalls, depenent de la fase del cicle vegetatiu en què es trobi la planta. Ambdues estructures es desenvolupen al llarg de la tija, però els brotons són les ramificacions laterals vegetatives mentre que els espigalls són brotons que contenen petites inflorescències immadures que són collides abans de la obertura de les flors (Figura 7).



Figura 7 – Brotó (esquerra) i espigalls (mig i dreta) d'un mateix individu, amb la inflorescència assenyalada.
 Autor: Adriana Martins. En endavant, figures sense autor o font corresponen a l'autora del treball.

Segons Casals (2012), els brotons i els espigalls poden ser obtinguts a partir de qualsevol varietat de col, i s'observa que segons la zona de cultiu, a Catalunya, la designació col brotonera pot fer referència tant a la *B. oleracea* var. *capitata*, *B. oleracea* var. *acephala* o també a la col geganta. L'autor explica les diferències en el cultiu segons la varietat emprada: en el cultiu de la *B. oleracea* var. *capitata*, els brotons són obtinguts un cop s'ha realitzat la collita dels cabdells, mantenint les plantes al camp perquè desenvolupin les ramificacions que donen lloc als brotons i espigalls, que són collits, segons la zona, de febrer a març; la col geganta té un cicle llarg, podent trigar al voltant de 12 mesos per produir els espigalls des del moment de la seva plantació.

Tot i haver-hi aquesta diversificació en quant a les varietats utilitzades per a l'obtenció dels espigalls i els brotons, Casals (2012), en el seu estudi sobre aquesta varietat tradicional, explica que en un llistat de varietats cultivades a Catalunya elaborat fa més de 100 anys, la col brotonera és citada com una varietat única, distinta a totes la resta de varietats de cols, seleccionada per aquesta finalitat.

La col brotonera ha estat un correu tradicional a la zona del Garraf, i principalment, a la ciutat de Vilanova i la Geltrú, capital d'aquesta comarca. Els canvis en els hàbits de consum i en l'agricultura van provocar l'abandó d'aquesta varietat tradicional (Contreras, Cáceres i Espeitx 2003).

La col brotonera també s'anomena col espigallera i Casals (2012) la descriu com posseint fulles pinnatinèrvies amb el nervi central força marcat, i pinnatipartida, on les divisions arriben molt a prop del nervi central, el limbe és poc desenvolupat i es troba, ocupant un espai reduït, al voltant dels nervis secundaris. L'autor assenjala que aquesta forma de fulla és la que caracteritza aquesta varietat de col, donant-li un aspecte arrissat (Figura 8). Respecte l'alçada,

en condicions de cultiu, amb la pràctica de treure l'ull de la planta, aquesta assoleix una mida d'entre 1 a 1,5 m i els brots laterals que donen lloc als brotons i espigalls neixen en les axil·les foliars (Casals 2012).



Figura 8 – Detall d'una fulla arrissada d'una col brotonera.

1.2.2 El cultiu de la col brotonera

La col brotonera és un cultiu d'hivern. A la zona del Garraf on es localitza el cultiu objecte d'aquest estudi, la sembra es realitza a mitjans de maig, la plantació a principis de juliol, la producció de brotons ocorre entre l'octubre i el mes de febrer, quan s'inicia la producció d'espigalls fins al mes de març, quan hi ha un increment en la temperatura (Casals 2012).

El cultiu s'implanta amb planters, que poden ser produïts pel mateix pagès o bé poden ser obtinguts dels planteristes de la zona.

Per frenar la dominància apical es realitza el desullat de les plantes quan aquestes es troben amb aproximadament a 1 m d'alçada. Aquesta pràctica estimula el desenvolupament dels brots laterals i per tant la producció de brotons i espigalls.

La collita dels brotons i dels espigalls és esglaonada, la freqüència amb què es cull en un determinat camp dependrà del moment productiu, variant des d'un cop a la setmana fins al moment de màxima producció, quan es pot arribar a collir tres cops a la setmana una mateixa parcel·la.

Es tracta d'una varietat que està adaptada al fred moderat de l'hivern de la zona i que presenta una demanda hídrica tolerant, necessitant aportacions de reg puntuals depenent de les condicions meteorològiques.

La Taula 3 conté les mitjanes de les dades agrometeorològiques dels últims deu anys, calculades a partir de les dades de l'estació agrometeorològica de Cunit, la més propera a la principal zona de cultiu de la col brotonera, Vilanova i la Geltrú. Les xifres són les esperades per una zona de clima mediterrani, amb l'hivern suau i els mesos càlids amb baixa pluviometria. Per al càlcul d'aproximació a l'evapotranspiració del cultiu (ET_c) s'ha tingut en compte valor del coeficient únic del cultiu (K_c) més desfavorable d'entre els estipulats per la FAO per a diferents varietats de *B. oleracea* (Allen et al. 2006). El desequilibri hídric entre l'evapotranspiració del cultiu i la precipitació és evident als mesos més calorosos que segueixen la implantació del cultiu, aquest és el moment on el reg té una major importància. Un cop passat aquests primers mesos, el cultiu pràcticament no necessita aportacions externes d'aigua.

Taula 3 – Variables climàtiques i aproximació a l'evapotranspiració del cultiu (ET_c)

Mes	Mitjana T ^a mitjana (°C)	Mitjana T ^a mínima (°C)	Mitjana T ^a màxima (°C)	Mitjana ET _c (K _c 1,05)* (mm/mes)	Precipitació mitjana (mm/mes)
Juliol	24,3	15,2	34	159,36	22,69
Agost	24,8	15,6	32,2	125,71	46,55
Setembre	22,1	11,7	29,9	103,54	48,51
Octubre	18,4	6,1	27,8	70,83	81,70
Novembre	13,2	1,5	23,3	41,14	59,09
Desembre	9,6	-0,8	20	31,18	33,38
Gener	9,3	-0,9	19,8	36,07	28,96
Febrer	9,9	-0,6	20,8	46,15	26,60
Març	11,9	0,9	23	79,09	49,10

Font: elaboració pròpia a partir de dades del DARP (dades de l'estació agrometeorològica de Cunit, sèrie de 2005-2014) i de la FAO*.

Les principals plagues i malalties que afecten al cultiu són les erugues de les papallones de la col (*Pieris brassicae* i *Pieris rapae*), el pugó cendrós de la col (*Brevicoryne brassicae*), diferents espècies d'ocells i malalties fúngiques.

1.2.3 Situació actual

La principal zona productora, actualment, és la zona del Garraf, on el cultiu de la col brotonera és històric. La seva conservació es deu a la dedicació d'alguns dels agricultors de la zona que l'han seguit cultivant i comercialitzant i han impulsat diferents campanyes per promoure-la (Casals 2012).

L'èxit en la promoció d'aquesta varietat depèn de l'actuació de diverses entitats públiques i privades, així com de la col·laboració dels productors locals. L'any 2014, es va crear l'Associació Espigalls del Garraf, fruit de la necessitat d'una agrupació d'agricultors que donés sentit al projecte de consolidació i desenvolupament del mercat de l'espigall, dut a terme per la



Fundació Miquel Agustí (FMA) en el marc del projecte “*Eines per a la dinamització agrícola del Parc del Garraf: anàlisi de la dinàmica agrícola i impuls dels productes locals (la col Brotonera)*”. L’agrupació de productors era un dels objectius d’aquest projecte i la FMA, conjuntament amb l’entitat pública Node Garraf, va assessorar i col·laborar en el seu procés de creació.

La Fundació Miquel Agustí és una entitat sense ànim de lucre creada per la Universitat Politècnica de Catalunya i l’Ajuntament de Sabadell, que té com a objectiu la conservació, millora i promoció de varietats agrícoles tradicionals, utilitzant el seu potencial gastronòmic i nutricional com a font de valor afegit per dinamitzar les explotacions agrícoles.

L’Associació Espigalls del Garraf, constituïda per pagesos de l’horta del Garraf, té com a objectiu propi valoritzar aquest producte emblemàtic, fomentar i potenciar el seu consum i la seva comercialització. Un dels projectes de l’associació és la creació d’una Denominació d’Origen que aculli aquest producte, diferenciant-lo dels altres tipus de cols. Per poder crear aquesta denominació o simplement per poder defensar un producte de qualitat i de característiques constants es important treballar amb una varietat més homogènia i millor definida que la cultivada i comercialitzada actualment. Per cobrir aquesta necessitat es realitza el procés de selecció i millora en el qual es situa aquest treball.

L’esforç en donar valor a aquesta verdura, tal i com s’ha esmentat abans, no és quelcom recent. Per exemple a l’any 2005, es va realitzar una campanya on els restaurants de la zona van dissenyar plats que incorporaven els brotons o espigalls, es van realitzar cursos de cuina centrats en aquests productes i també es van organitzar tallers on els maridaven amb vins de la zona («Verduras en «peligro de extinción»» 2005)

La comercialització està passant lentament, d’estar reduïda als petits mercats locals de les zones productores, a estar present en les cistelles de fruites i verdures, a Mercabarna i com a conseqüència en comptats comerços i restaurants de Barcelona, que en alguns casos elaboren el Trinxat amb els espigalls, assegurant que aquesta és la col del Trinxat tradicional

1.3 La millora genètica

1.3.1 La millora genètica en el gènere *Brassica*

Els mètodes de millora aplicats a les cols han estat determinats pel tipus de reproducció de les brassicàcies, la varietat i l’heretabilitat del caràcter a ser millorat en cada cas. Al tractar-se d’una espècie al·lògama, els mètodes poblacionals han estat àmpliament utilitzats en la millora de *B. oleracea* (Ordás i Carrea 2008).

Els procediments de millora aplicables a una varietat venen determinats, principalment, pel tipus de fecundació que té lloc en el procés reproductiu. A les plantes que es reproduïxen per

al·logàmia no es positiu, per exemple, establir un procés d'obtenció de línies pures, ja que els individus són majoritàriament heterozigots i en el procés es farien patents l'expressió dels gens deleteris recessius. L'obtenció de línies pures no té sentit com a resultat del procés de millora però sí que en té com una etapa del procés, com per exemple per produir híbrids o en la fundació d'una varietat sintètica.

Els processos de millora en al·lògames estan basats en la selecció en massa, l'obtenció d'híbrids comercials, la fundació de poblacions sintètiques i en la transgènia. Seguidament, s'explica molt resumidament en què consisteix cada tècnica, basant-se en els textos de Cubero (2003) i d'Ordàs i Cartea (2008).

Dins de la selecció en massa hi ha diferents variants però aquesta consisteix, resumidament, en la selecció dels individus o famílies que més s'apropin a l'idiotip, fixat en un inici. Aquests individus seleccionats es deixaran encreuar entre ells i produiran les llavors que, un cop barrejades, seran sembrades per establir la següent generació. En moltes ocasions, la selecció en massa va ser eficient, però els mètodes més senzills van estar substituïts per mètodes més sofisticats de selecció recurrent, que inclouen la valoració de la progènie.

Els mètodes de selecció poden ser simples o recurrents, en aquest últim l'autofecundació dels individus és una etapa sistemàtica, per a posteriori produir la recombinació. També poden ser amb o sense l'avaluació de la descendència, on l'autofecundació és simplement una eina de suport que permetrà l'esmentada avaluació dels individus. També poden ser seleccions que tinguin en compte no només els individus sinó les famílies a les quals pertanyen. Per donar alguns exemples addicionals, una selecció pot ser per a un o més caràcters o també es pot realitzar una selecció indirecta, on un caràcter de difícil selecció és seleccionat indirectament utilitzant un segon caràcter relacionat amb aquest primer .

Els híbrids comercials són el resultat de l'encreuament entre dos línies pures. Són individus amb un alt nivell d'heterosis, de característiques homogènies, repetibles en el temps i per aquestes raons, de gran interès comercial. La producció de cols es va beneficiar àmpliament d'aquest mètode, incrementant el rendiment i la uniformitat en la maduració.

Les varietats sintètiques són obtingudes de la combinació equilibrada de línies pures, clons, poblacions on s'hi ha realitzat selecció en massa o altres materials, que es fecunden lliurement entre ells, aïllats. Les generacions successives també es multipliquen d'aquesta forma. En un procés d'obtenció de llavors, es comercialitzarien les llavors obtingudes, aproximadament , de la 3^a a la 6^a generació.

La transgènia és un mètode de millora que incorpora tècniques de l'enginyeria genètica, essent la més coneguda la integració d'un gen en l'ADN d'una espècie que el transmetrà a la seva descendència. Dos tipus principals de varietats del gènere *Brassica* transgèniques resistents a insectes estan desenvolupades: les que expressen gens de *Bacillus thuringiensis* (Bt) i les que expressen gens inhibidors de la proteïnasa (PI); ambdós expressats efectivament per les cols però, de moment, no disponibles en el mercat.



Cada mètode de millora pot implicar una complexitat determinada, amb diferents demandes de temps, espai, inversió econòmica i tecnològica. Evidentment, si es disposen dels mitjans, s'empra el mètode que quantitativament presenta millor resposta.

Respecte a l'objectiu de millora, aquest variarà segons la finalitat del producte i les tendències del mercat, buscant millorar agronòmicament el cultiu i el propi producte. De la millora agronòmica, els principals criteris serien rendiment, homogeneïtat i resistència biòtica (plagues i malalties) i abiòtica. En el millorament del producte, entre altres aspectes, s'inclouen: l'aparença, l'allargament de la vida útil en la post-collita, la qualitat comercial i el valor nutricional o sensorial.

Alguns dels objectius relacionats amb l'aparença en la millora de cols, bròquils i coliflors, serien: forma del cabdell, la presència o no del cabdell, la quantitat de fulles en el cabdell, mida del cabdell, alçada de la planta, l'amplada i llargada del cor del cabdell, mida de la tija, el grau d'esquerdat del cabdell, ramificació i color (Dixon 2007).

Des de la perspectiva d'aliment funcional, l'increment del contingut de glucosinolats també és un dels objectius de plans de millora en el gènere *Brassica*. Els glucosinolats són hidrolitzats en isotiocianats que són reconeguts com a potents inductors de la desintoxicació en mamífers i com a protectors contra la carcinogènesi (Dixon 2007). Actualment els consumidors són conscients de la necessitat del consum de fitoquímics pels seus beneficis a la salut, i les cols s'estan tornant populars per la seves propietats anticancerígenes.

En les últimes dècades, l'interès pels glucosinats s'ha incrementat després de la descoberta del seu potencial en la prevenció del càncer, com a biofumigant en l'agricultura i en la protecció dels cultius.

1.4 Antecedents

1.4.1 Pla de millora de la col brotonera

El projecte de millora de la col brotonera dut a terme per la Fundació Miquel Agustí, és part d'un projecte que té com a objectiu impulsar aquesta varietat local per tal de dinamitzar l'agricultura en el Parc Natural del Garraf. La col brotonera és vista com un producte distintiu pels consumidors de la zona, essent, doncs, una varietat tradicional apta per ser utilitzada pels agricultors que tenen un interès en donar un valor afegit a la seva producció mitjançant el cultiu de varietats locals. L'obtenció de varietats millorades de col brotonera es fa necessària per impulsar el seu cultiu, millorant la rendibilitat, qualitat i uniformitat del producte.

Per dur a terme la millora cal, primerament, definir l'idiotip, és a dir, les característiques que presentaria l'individu ideal. Conjuntament amb els agricultors s'han establert les següents

característiques: alta productivitat, fulles de color verd fosc blavenc, màxim nivell de retallat i bollat de les fulles i arquitectura vegetal que faciliti el seu maneig.

En aquest context, i tenint en compte els factors limitants, com el temps, l'espai, la tecnologia disponible i la inversió econòmica, el mètode de millora utilitzat en aquest procés és el de selecció en massa, més concretament, una selecció simple (no recurrent) basada, sobretot, en l'individu.

La selecció individual es realitza abans de la fecundació i, en el marc d'aquest projecte, enlloc d'eliminar totes les altres plantes no seleccionades, els individus seleccionats són traslladats a un altre camp, aïllat, on s'encreuaran lliurement (Figura 9). Si hi ha flors desenvolupades abans del trasllat, aquestes són eliminades, ja que poden estar pol·linitzades per individus no seleccionats. En aquest tipus de selecció, les plantes actuen, doncs, com a parentals femenins i masculins, produint pol·len i alhora essent fecundats. En aquest mètode simple (no recurrent), les llavors són obtingudes en el mateix any i generació en que ha tingut lloc la pol·linització, fent-lo més viable respecte al temps emprat en la millora.



Figura 9 - Procés de trasllat d'una planta seleccionada.

El fet de traslladar els individus seleccionats, enlloc d'eliminar els descartats, permet a l'agricultor que cedeix el seu camp de cultiu per a la realització de l'assaig, aprofitar comercialment la collita obtinguda dels individus no seleccionats, fent que el procés sigui més viable respecte la inversió econòmica i de l'espai necessari.

Per la senzillesa del procés, aquest mètode també és viable des de la perspectiva de les limitacions tecnològiques.

1.4.2 Caracterització i selecció prèvia

Aquest treball s'ubica en el segon cicle d'assaig a camp i per aquesta raó parteix d'una població prèviament seleccionada i parcialment caracteritzada.

El primer cicle de caracterització i selecció es va dur a terme durant la campanya 2013-14, quan la FMA va sembrar 11 entrades de llavors denominades com a col brotonera o amb alguna de les altres denominacions comunes a aquesta varietat, procedents del Centre Nacional de Recursos Filogenètics (CRF), de planteristes de la zona i del projecte Xarxa Natura 2000 que va realitzar una campanya de recollida de germoplasma directament dels agricultors (Taula 4).

Taula 4 - Entrades emprades en el primer cicle del projecte

Entrada	Nom de la varietat	Origen
FMA/9	Col brotonera	La Llacuna
FMA/86	Col brotonera	Estaràs
FMA/128	Col de rebrotims	Beceite
FMA255/1	Col del fadrí	Rubí
FMA 255/2	Col del fadrí	Rubí
FMA 255/4	Col del fadrí	Rubí
FMA 255/5	Col del fadrí	Rubí
Brass/13	Espigall	Gavà
Brass/42	Espigall	Gavà
Brass/112	Col brotonera	Torredembarra
Brass/134	Col brotonera	Torredembarra

Font: memòria d'activitats 2013 del projecte *Eines per a la dinamització agrícola del Parc del Garraf: anàlisi de la dinàmica agrícola i impuls dels productes locals (la col Brotonera) - FMA*

Un cop obtingudes aquestes llavors són necessàries tres accions: la multiplicació d'aquest material, la seva caracterització i un procés de selecció.

La multiplicació es du a terme en camps aïllats per mantenir la freqüència al·lèlica de cada població, sense introgressions d'altres. La multiplicació permet disposar d'aquest material per la seva possible utilització si fos convenient.

Per caracteritzar cadascuna de les entrades, es van utilitzar descriptors qualitius i quantitius agromorfològics. En general, aquestes descripcions es fan a partir de llistats de descriptors, utilitzats internacionalment, però com que la col brotonera no disposa d'un llistat

de descriptors preestablert, la FMA, basant-se en els descriptors existents de varietats del gènere *Brassica* i amb la seva experiència, va elaborar un llistat de descriptors propis per a la col brotonera.

Respecte a la selecció, nou individus van ser elegits per fundar la F_1 , fruit del lliure encreuament entre ells. A la Taula 5 es detallen a quina entrada pertanyien cadascun dels individus seleccionats.

Taula 5 - Individus seleccionats per formar la F_1

Planta	Entrada
1	Brass/42
2	Brass/42
3	Brass/112
4	Brass/13
5	Brass/13
6	Brass/13
7	Brass/13
8	FMA 255/5
9	Brass/13

Font: elaboració pròpia a partir de dades de la FMA.

1.5 Objectius del treball

Aquest treball té tres objectius:

1. Caracterització de diferents poblacions de col brotonera, per tal de conèixer la variabilitat fenotípica del material de partida. El cultiu es realitzarà en un sòl ambient de manera que es podrà fer una aproximació a la variabilitat genètica, necessària perquè es pugui dur a terme la millora.
2. Avaluació de la primera generació (F_1) del programa de millora iniciat la campanya 2013-14.
3. Selecció d'una nova generació a partir de les poblacions avaluades en els dos primers objectiu.

2. MATERIALS I MÈTODES

2.1 Descripció del procés de caracterització, avaluació i selecció

Tots els objectius d'aquest treball depenen de la quantificació i qualificació de diferents paràmetres que són els que permetran la caracterització, avaluació i selecció. A la Figura 10 es presenta de forma esquemàtica les etapes del procés i les relacions entre els diferents objectius del treball. La caracterització, duta a terme al camp i al laboratori, es va fer a nivell individual, ja que l'objectiu és seleccionar els individus i no les poblacions. La caracterització dels individus va permetre seleccionar aquells amb unes característiques desitjades, i alhora caracteritzar les poblacions a les quals pertanyen. Un cop caracteritzades les poblacions es va dur a terme la comparació d'aquestes amb la F_1 .

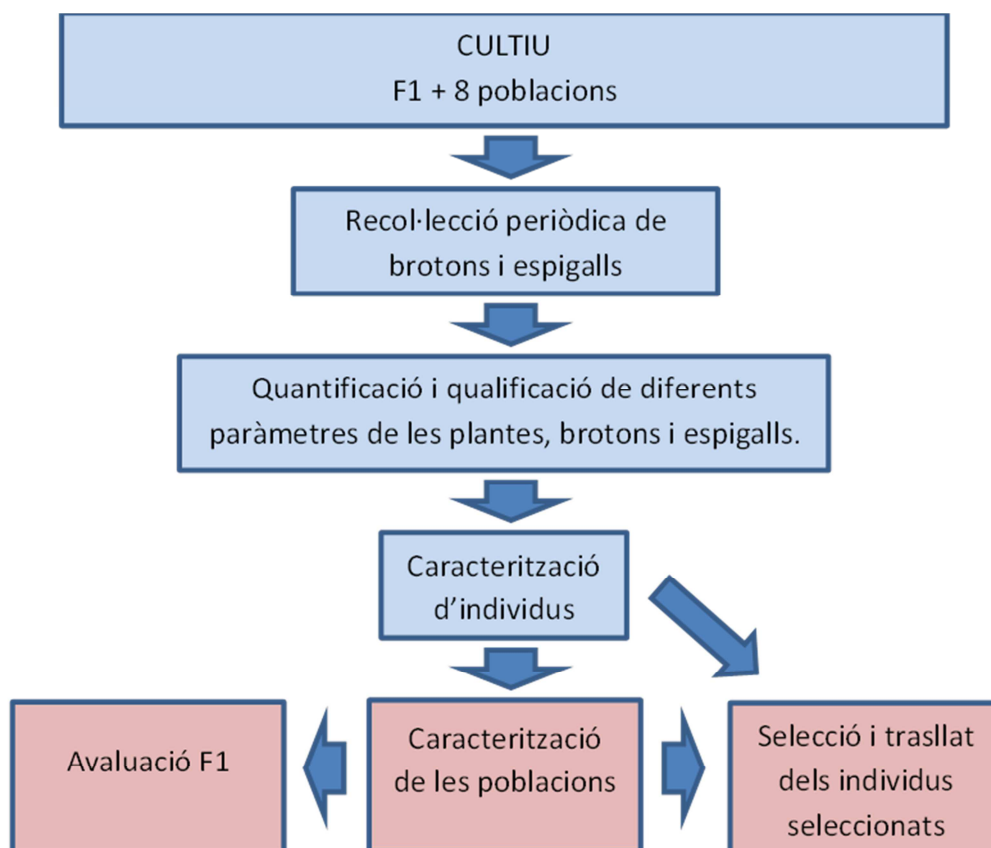


Figura 10 – Representació esquemàtica del treball.

2.2 Material vegetal

Tal i com s'esmenta a la introducció del present treball, l'experiment corresponia al segon any d'un programa de millora. Durant el primer any es van utilitzar llavors que procedien de pagesos, planteristes i del centre nacional de recursos fitogenètics (CRF). En total, es van assajar 11 entrades de cols brotoneres, o símls varietals. De totes les plantes assajades, es van seleccionar nou individus de quatre entrades diferents i es van traslladar a un camp aïllat, on es van entrecreuar lliurement, produint les llavors de la F_1 .

Degut a la poca variabilitat observada durant el primer any de cultiu entre les 11 entrades assajades, es va decidir incorporar noves fonts de variabilitat per al cultiu d'enguany. Així doncs, per a la campanya 2014-2015 es van usar nou entrades diferents. D'aquestes nou entrades, una va correspondre a la F_1 obtinguda durant el primer any del programa de millora i les 8 restants (poblacions de la 1 a la 8) són entrades recol·lectades expressament per aquest segon any d'estudi.

De les vuit entrades incorporades, les poblacions 1, 3, 7 i 8 procedeixen de seleccions efectuades per agricultors de la zona, la població 5 prové de llavors multiplicades per la Fundació Miquel Agustí a partir de germoplasma obtingut del CRF i les poblacions 2, 4 i 6 són seleccions obtingudes per planteristes i són les que més comunament usen els pagesos de la zona.

De les nou entrades assajades, tres (poblacions 2, 4 i 6) van ser comprades a planteristes directament en forma de planter, les altres, es disposava de llavor, i per tant era necessària la producció dels planters. Aquesta tasca la va dur a terme un planterista pròxim a la zona d'assaig, el qual té experiència en el cultiu d'aquest material, ja que també produeix planters de col brotonera per a la comercialització.

2.3 Camp d'assaig

2.3.1 Característiques del camp

L'assaig es va situar al municipi de Vilanova i la Geltrú, a la província de Barcelona (coordenades UTM 41°12'56,30"N 1°42'42,51"E). El camp destinat al cultiu tenia una superfície de 1600 m² i es va protegir dels atacs d'ocells mitjançant xarxes. A la Figura 11 es pot observar el mapa de la zona de cultiu, així com la parcel·la de l'assaig.





Figura 11 - Emplaçament del camp d'assaig (en groc la parcel·la de cultiu).

Font: Google Earth©

No es disposa d'una analítica del sòl però segons l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya el sòl d'aquesta parcel·la està classificat com un sòl de textura franca, ben drenat, amb pocs elements grossos, contingut de matèria orgànica al voltant del 2% i pH proper a vuit, sense problemes de salinitat, poc profund amb l'espessor de l'horitzó superficial de 25 cm a 40 cm, amb una capa inferior fortament cimentada amb carbonat càlcic, que no presenta cap inconvenient per aquest cultiu ja que les seves arrels no superen aquesta longitud. La pendent és molt suau, visualment imperceptible.

Les plantes seleccionades per formar la població parental, van estar traslladades al Agròpolis, camp experimental de la Universitat Politècnica de Catalunya, en el municipi de Viladecans (coordenades UTM: 41°17'20,3"N 2°02'43,2"E).

2.3.2 - Disseny experimental i maneig del cultiu

Es van plantar 150 plantes de cada entrada distribuïdes en dos blocs a l'atzar, exposats en la Figura 12, amb un marc de plantació de 2 m entre línies i de 0,5 m entre plantes.

Bloc 2									Bloc 1								
8	1	5	2	F ₁	7	4	3	6	8	7	6	F ₁	5	4	3	2	1

Figura 12 - Distribució de les poblacions al camp.

Com a mesura de control de les males herbes es va utilitzar un sistema d'encoixinat de plàstic negre amb 60 galgues de grossor (Figura 13). Respecte al sistema de reg, una cinta de degoteig va ser instal·lada sota el plàstic, el qual col·labora al manteniment de la humitat del sòl.



Figura 13 – Camp d'assaig.

Pel que fa al control fitosanitari, es van realitzar tractaments amb fungicida de contacte, d'ampli espectre, de caràcter preventiu mensualment, fins l'aproximació a l'inici productiu, per respectar el termini de seguretat. Al setembre, mes d'implantació del cultiu, es va tractar amb insecticida del grup químic de les piretrines per al control de les erugues de la papallona de la col (*Pieris brassicae* i *Pieris rapae*).

2.4 Avaluació dels caràcters

2.4.1 Caracterització de les poblacions i de la F₁

Per a la caracterització de les poblacions es van avaluar caràcters quantitius i qualitius de la planta, dels brotons i dels espigalls de deu individus, triats a l'atzar, de cada població.

L'avaluació de les plantes es va dur a terme al camp, quan el cultiu es trobava plenament desenvolupat, abans de començar la producció de brotons. Els caràcters avaluats van ser:

- Quantitatius:
 - o **Alçada de la planta** (cm)

- Qualitatius, utilitzant les escales contingudes en el llistat de descriptors de la col brotonera, desenvolupat per la Fundació Miquel Agustí en el primer cicle del cultiu:
 - o **Color** (escala d'1 a 4: sent 1 verd groc, 2 verd, 3 verd gris i 4 verd blau, segons individus de referència del llistat de descriptors)
 - o **Nivell de bollat** (escala de 0 a 4, sent 0 no arriçada, 1 dèbil, 2 intermedi, 3 fort i 4 màxim grau de bollat)
 - o **Nivell de retallat** (escala de 0 a 5; sent 0 sencera, 1 dèbil, 2 intermedi, 3 fort, 4 molt fort i 5 màxim grau de pinnatipartida)

Per als caràcters qualitatius, es va utilitzar un sistema de qualificació, la qual s'obté sumant el valor obtingut al multiplicar el nombre de plantes continguts en cada nivell de l'escala pel valor qualificatiu de l'escala. Per exemple, per al caràcter color: totes les 10 plantes de la població 1 presenten color 3, la qualificació serà 3 multiplicat per 10, que és igual a 30. Per totes tres variables, color, bollat i retallat, els valor més alts de l'escala són els que més s'apropen a l'idiotip.

Per a l'avaluació dels brotons i dels espigalls, el material va ser recol·lectat cada dos setmanes, on es collia tota la part vegetativa considerada comercial (Figura 14). Els següents paràmetres quantitatius van ser avaluats al laboratori per cada brotó o espigall individualment:

- o **Pes** (g) (balança elèctrica de precisió COBOS precision G-6000)
- o **Diàmetre gran** del tall transversal del segment més gruixut de la tija (mm) (peu de rei digital, CALIPTER Comecta cc0.150)
- o **Diàmetre petit** del tall transversal del segment més gruixut de la tija (mm) (peu de rei digital, CALIPTER Comecta cc0.150)
- o **Longitud total** (cm)

La suma del pes de tot el material vegetal collit de cada individu, va permetre obtenir una estimació de la **producció** de cada planta.



Figura 14 – Mostra d'espigalls collida per a la caracterització.

De cada un dels individus caracteritzats, es van fotografiar cinc mostres dels productes comercials, es a dir, brotons i espigalls.

2.4.2 Avaluació per a la selecció dels parents de la F₂

En el moment en que el cultiu es trobava en ple desenvolupament, es va fer una primera selecció dels possibles candidats a formar part de la població parental de la F₂. Aquesta primera selecció es va dur a terme avaluant les plantes a camp, tenint en compte si algun dels següents paràmetres quedava pròxim al l'idiotip preestablert (veure apartat 1.4.1):

- Vigor
- Color
- Nivell de retallat
- Nivell de bollat
- Alçada
- Arquitectura de la planta (facilitat al maneig i a la collita)

Un cop efectuada aquesta primera valoració qualitativa, es va passar a una avaluació més detallada dels individus preseleccionats, la qual es va dur a terme mitjançant els següents caràcters :

- Quantitatius:
 - o **Alçada de la planta (cm)**

- Qualitatius de la fulla:
 - **Color** (escala d'1 a 4: sent 1 verd groc, 2 verd, 3 verd gris i 4 verd blau, segons individus de referència del llistat de descriptors)
 - **Nivell de bollat** (escala de 0 a 4, sent 0 no arriçada, 1 dèbil, 2 intermedi, 3 fort i 4 màxim grau de bollat)
 - **Nivell de retallat** (escala de 0 a 5; sent 0 sencera, 1 dèbil, 2 intermedi, 3 fort, 4 molt fort i 5 màxim grau de pinnatipartida)

Per a l'avaluació dels brotons i espigalls, a diferència de la caracterització de les poblacions, només es van collir cinc brotons i cinc espigalls per no afectar a la producció de llavors. Els següents paràmetres quantitius van ser avaluats al laboratori per cada brotó o espigall individualment:

- **Pes** (g) (balança elèctrica de precisió COBOS precision G-6000)
- **Diàmetre gran** del tall transversal del segment més gruixut de la tija (mm) (peu de rei digital, CALIPTER Comecta cc0.150)
- **Diàmetre petit** del tall transversal del segment més gruixut de la tija (mm) (peu de rei digital, CALIPTER Comecta cc0.150)
- **Longitud total** (cm)

En no collir tota la producció, sinó únicament les deu mostres de producte comercial de cada individu (cinc brotons i cinc espigalls), no va ser possible estimar les seves produccions.

En el procés de caracterització, qualsevol observació en el material, de caràcters que poguessin tenir interès en el procés de millora, era recopilada per ajudar en el procés d'eliminació i selecció dels parentals, com ara un excés de fibres a les tiges, material vegetal excessivament dur o sospita de malalties víriques.

Es van fotografiar els brotons i espigalls de tots els individus integrants del procés de selecció com a eina de suport en la classificació dels candidats.

En fer aquest assaig, es va aprofitar la caracterització dels individus per avaluar si el moment del desullat de la planta interferia en la seva productivitat. Algunes plantes no van estar desullades en el moment en que els agricultors consideren com a adient, sinó que el desullat es va dur a terme amb dues setmanes de retràs.

2.5 Anàlisi de les dades

Les dades es van analitzar estadísticament amb el software R (R Core Team 2014), concretament amb el paquet *Agricolae* (de Mendiburu 2009), utilitzant les següents eines:

- Test ANOVA d'un factor, on es fa un anàlisi de la variància.
- En cas que el test ANOVA sigui significatiu, s'usa el test de comparacions múltiples de Tukey per perfilar les diferències entre entrades.

Per comprovar la normalitat es va utilitzar la prova d'Anderson-Darling i per l'homoscedasticitat es va utilitzar la prova de Levene, amb un nivell de significació de 0,05 per ambdues. Per comprovar la independència de les dades es van utilitzar les gràfiques de residus respecte l'ordre d'observació.

Les dades de les variables que no presentaven una distribució normal o homoscedasticitat van estar transformades als seus respectius logaritmes neperians o bé van estar elevats a la potència més adient (Avanza et al.). Finalment, les dades de les variables que no van poder estar ajustades no van estar sotmeses al test ANOVA.

La taula de descriptors utilitzada en aquest experiment conté una escala numèrica per a alguns caràcters qualitius, i la presa de dades es va fer com si d'un caràcter quantitatiu es tractés, utilitzant decimals per ajustar els valors presentats pels individus. En analitzar gràficament la distribució dels conjunts de dades que feien referència a aquests caràcters, es va observar que presentaven una distribució llunyana a la normal. Respecte a l'homoscedasticitat, les gràfiques generades amb els residus i els valors ajustats assenyalaven que les dades tampoc complien aquest criteri. Així doncs, aquestes dades van seguir sent tractades com a qualitatives. Tampoc van poder ser analitzades mitjançant les taules de contingència per un possible excés de classes i un nombre insuficient de mostres, generant freqüències esperades inferiors als límits establerts per tal que la prova estadística sigui fiable.

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

3.1 Caracterització de les poblacions

Les dades dels diferents caràcters estan agrupades segons si pertanyen als brotons, als espigalls o a les plantes. Pel que fa a les dades de caracterització dels brotons, les variables diàmetre gran, diàmetre petit i longitud, no han estat sotmeses al test ANOVA per impossibilitat d'ajustament de les dades. Respecte al pes, es nota un baix nivell d'heterogeneïtat entre les poblacions, on la prova de Tukey va establir només dues agrupacions de mitjanes. La família 7 va presentar una mitjana de 31,98 g, significativament superior a resta de poblacions (Taula 6). En no poder fer una anàlisi de la variància en els altres caràcters, la variable pes ens permet una aproximació a les dimensions dels brotons. Per a les variables diàmetre gran i diàmetre petit, la població 7 també presenta valors alts. En canvi, no presenta un alt valor per la variable longitud, d'on s'intueix un producte robust però no massa allargat, presentant les característiques desitjades.

Taula 6 – Caracterització dels brotons de totes les poblacions de l'assaig

Població	Ø gran (mm)	Ø petit (mm)	Pes (g)	Longitud (cm)
1	14,34 ± 0,29	11,64 ± 0,24	21,96 ± 0,81	27,92 ± 0,71
2	13,17 ± 0,37	9,93 ± 0,22	21,08 ± 0,82	30,16 ± 0,78
3	12,08 ± 0,21	9,30 ± 0,12	21,37 ± 0,87	26,94 ± 0,70
4	12,20 ± 0,22	9,55 ± 0,14	21,62 ± 0,83	29,26 ± 0,48
5	12,99 ± 0,25	9,83 ± 0,15	20,94 ± 0,73	28,23 ± 0,43
6	14,11 ± 0,46	10,79 ± 0,25	22,59 ± 1,12	26,92 ± 0,68
7	16,10 ± 0,38	12,09 ± 0,24	31,98 ± 1,46	28,80 ± 0,72
8	11,65 ± 0,17	9,35 ± 0,12	22,38 ± 0,57	25,23 ± 0,32
F ₁	13,47 ± 0,26	10,25 ± 0,19	22,73 ± 0,80	28,46 ± 0,49
Sig. ANOVA	--	--	***	--
HSD			3,93	

Els valors són la mitjana ± l'error estàndard de la mitjana.

Sig. ANOVA.: nivell de significació on '***' < 0,001, '**' < 0,01, '*' < 0,05, ' ' > 0,05 i '--' no sotmès al test.

HSD: diferència significativa. Ø: diàmetre

En les dades referents als espigalls, les variables pes i longitud no es van ajustar a les premisses de l'heteroscedasticitat, per tant no van estar sotmeses a la prova ANOVA. Per a la variable diàmetre gran el test de Tukey va generar cinc agrupacions de mitjanes, mostrant certa heterogeneïtat entre les poblacions. La població 6 va presentar una mitjana significativament

superior a la resta de poblacions (14,89 mm), mentre que la població 8 va presentar una mitjana de 9,42 mm, valor significativament inferior al de les poblacions restants (Taula 7).

Per la variable diàmetre petit, el test de comparacions múltiples va establir quatre grups de mitjanes. Les poblacions 6 i 8 van presentar diferències significatives respecte la resta de poblacions, amb valors de 11,75 mm i 7,49 mm, respectivament (Taula 7). El fet que les dues poblacions presentin els valor més alts i més baixos tant per al diàmetre gran com per al diàmetre petit, indica una similitud en les proporcions geomètriques de la tija en les dues poblacions.

Taula 7 - Caracterització dels espigalls de totes les poblacions de l'assaig

Població	Ø gran (mm)	Ø petit (mm)	Pes (g)	Longitud (cm)
1	12,27 ± 0,35	9,50 ± 0,21	25,47 ± 0,57	17,96 ± 0,77
2	13,46 ± 0,45	10,05 ± 0,26	28,17 ± 0,85	27,91 ± 1,35
3	10,53 ± 0,28	8,51 ± 0,19	31,69 ± 0,90	23,80 ± 0,93
4	10,88 ± 0,33	8,55 ± 0,22	28,17 ± 0,97	19,62 ± 0,66
5	11,86 ± 0,40	9,42 ± 0,31	24,53 ± 1,18	23,49 ± 1,07
6	14,89 ± 0,45	11,75 ± 0,32	34,15 ± 2,36	27,05 ± 1,18
7	13,04 ± 0,46	9,88 ± 0,31	29,06 ± 1,94	24,35 ± 1,19
8	9,42 ± 0,22	7,94 ± 0,17	26,64 ± 0,52	16,18 ± 0,54
F ₁	11,98 ± 0,27	9,43 ± 0,18	27,83 ± 0,44	24,48 ± 0,83
Sig. ANOVA	***	***	--	--
HSD	1,57	1,06		

Els valors són la mitjana ± l'error estàndard de la mitjana.

Sig. ANOVA.: nivell de significació on '***' < 0,001, '**' < 0,01, '*' < 0,05, ' ' > 0,05 i '--' no sotmès al test.

HSD: diferència significativa. Ø: diàmetre

Dels caràcters referents a la producció, totes les variables van estar sotmeses al test ANOVA (Taula 8). Les mitjanes de la variable producció de brotons no van presentar diferències significatives. Pel que fa al caràcter producció de espigalls, la comparació múltiple de mitjanes va generar dues agrupacions. En el cas de la producció total, que és la suma de la producció de brotons i d'espigalls durant tot el cicle productiu, també es van obtenir només dues agrupacions de mitjanes pel mètode de Tukey. L'elevada desviació dins de les poblacions, indica que segurament el baix nombre de grups no es deu a una homogeneïtat interpoblacional sinó més aviat, a una elevada heterogeneïtat intrapoblacional (Figura 15). Per l'alçada també es van generar només dues agrupacions a la prova de Tukey. Segurament, el desullat de les plantes, que actua controlant la dominància apical, té un efecte homogeneïtzador.

Taula 8 – Caracterització de les plantes de totes les poblacions de l'assaig

Població	Producció brotons (g)	Producció espigalls (g)	Producció total (g)	Alçada (cm)
1	265,61 ± 36,77	766,32 ± 147,07	996,40 ± 148,75	90,30 ± 5,17
2	325,18 ± 44,89	826,49 ± 106,97	1225,68 ± 146,85	78,22 ± 4,40
3	265,07 ± 32,97	954,41 ± 131,78	1196,96 ± 173,29	68,75 ± 3,05
4	337,02 ± 26,46	1069,53 ± 182,37	1406,55 ± 195,69	83,55 ± 5,01
5	300,09 ± 53,03	482,42 ± 141,23	735,48 ± 135,93	84,61 ± 2,31
6	196,35 ± 43,53	362,17 ± 65,51	558,52 ± 107,62	71,50 ± 2,93
7	341,14 ± 89,49	674,27 ± 156,69	947,80 ± 217,95	81,80 ± 5,18
8	434,55 ± 39,63	686,65 ± 130,93	1092,79 ± 128,24	74,84 ± 3,23
F ₁	329,34 ± 56,35	347,29 ± 69,20	676,62 ± 86,47	72,20 ± 3,15
Sig. ANOVA		*	*	**
HSD		659,88	835,49	18,63

Els valors són la mitjana ± l'error estàndard de la mitjana.

Sig. ANOVA.: nivell de significació on '***' < 0,001, '**' < 0,01, '*' < 0,05, ' ' > 0,05 i '--' no sotmès al test.

HSD: diferència significativa.

En cas d'haver obtingut més agrupacions per les variables productives en el mètode de Tukey, hagués estat possible classificar les poblacions com a primerenques o tardanes. Les primerenques serien aquelles que presenten una major producció a l'inici del període productiu, on s'obtenen els brotons, i les tardanes serien aquelles que presenten una major producció d'espigalls. A la Figura 15 es pot visualitzar la similitud de les mitjanes de la producció de brotons per planta. Per aquest caràcter, l'hipòtesis d'igualtat de mitjanes no va estar rebutjada en el test ANOVA. La tardana implantació del cultiu podria ser una explicació a aquesta baixa variabilitat entre poblacions.

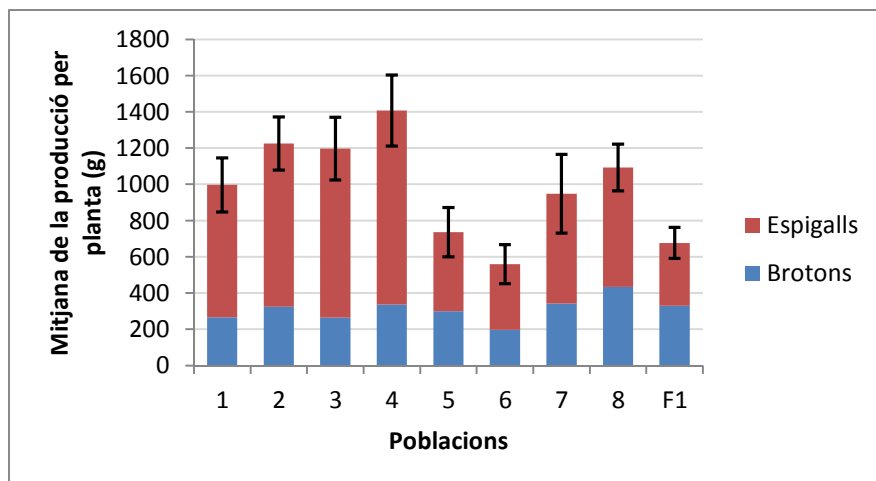


Figura 15 – Mitjana de la producció total per planta, amb la divisió entre producció de brotons i d'espigalls. Les barres d'error representen l'aproximació a l'interval de confiança al 95% (suma del valor positiu i negatiu dels errors estàndards de les mitjanes) per al valor de producció total.

Pel que fa als caràcters qualitius, a la Taula 9 es presenten les qualificacions de les poblacions per als caràcters de les fulles. La freqüència dels caràcters en cada població s'expressa gràficament en les figures 16, 17 i 18. En totes les gràfiques, els colors més foscos representen els nivells que s'apropen més a l'idiotip.

Taula 9 – Qualificació dels caràcters de les fulles

Població	Color	Bollat	Retallat
1	30/40	21/50	38/60
2	22/40	34/50	49/60
3	23/40	34/50	39/60
4	23/40	23/50	31/60
5	30/40	27/50	43/60
6	30/40	33/50	57/60
7	26/40	38/50	51/60
8	25/40	26/50	43/60
F ₁	30/40	31/50	45/60

Per la variable color de les fulles, les poblacions 1, 5, 6 i F₁ van obtenir la millor qualificació d'entre totes les poblacions, un 30/40. Aquestes poblacions també presenten exactament la mateixa distribució del caràcter dins la població, estrictament homogènia (Figura 16). Tots els individus de les quatre poblacions estan qualificats amb un 3 en l'escala del color.

Les entrades 2 i 7 són les que van presentar més variabilitat intrapoblacional en el color de les fulles (Figura 16).

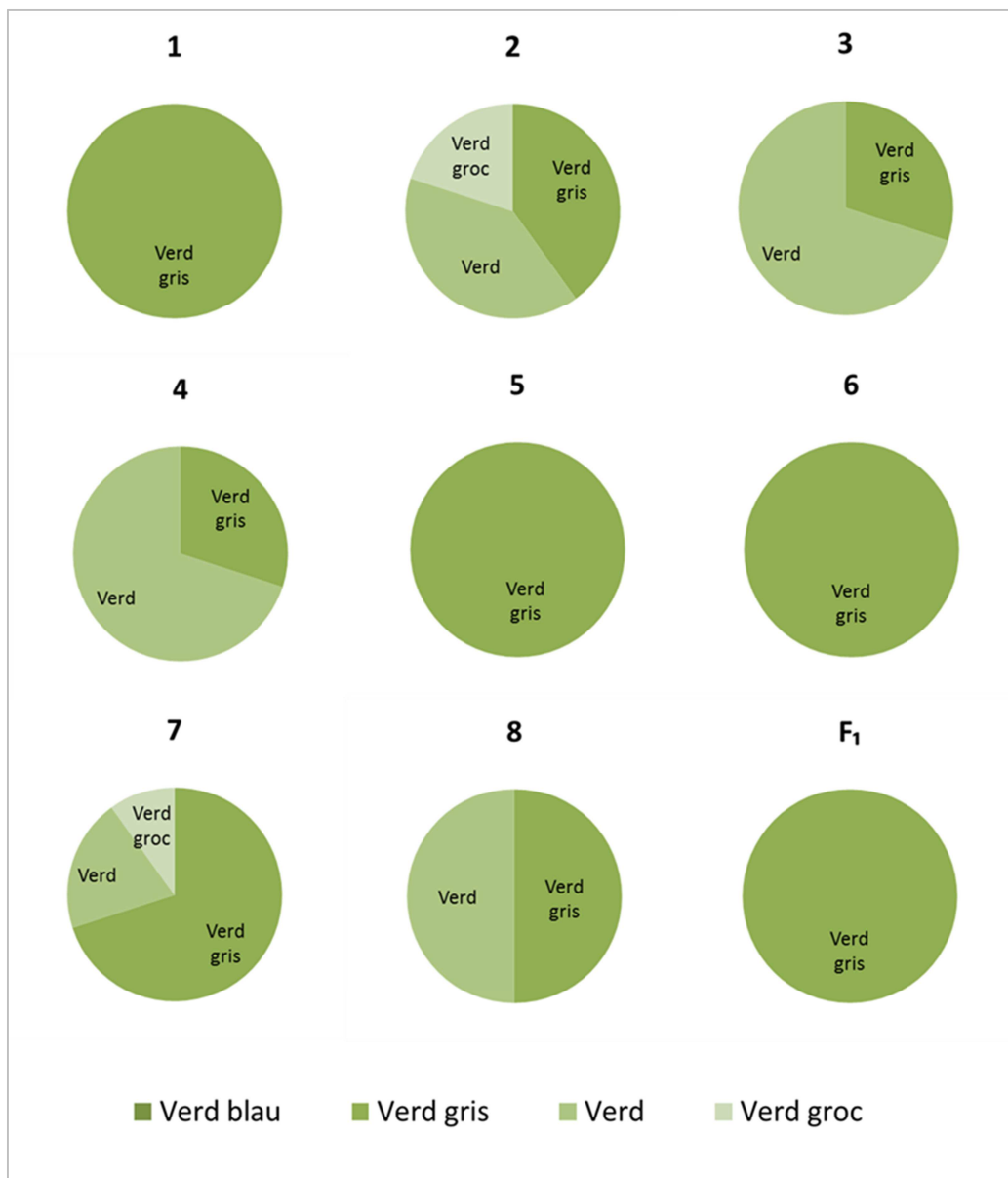


Figura 16 – Distribució dels individus, de les diferents poblacions, en les categories de l'escala de classificació del color de les fulles.

Respecte al bollat, la població 7 va obtenir la qualificació màxima, un 38/50, seguida de la població 2 i 3, ambdues qualificades amb un 34/50 (Taula 9). Totes presenten heterogeneïtat dins la població (Figura 17). Les poblacions 7 i 3 presenten individus qualificats en tres nivells

diferents de l'escala de bollat i els de la població 2 en cinc nivells diferents. És interessant destacar la població 6, on tots els individus estan qualificats en només dos nivells de l'escala, essent aquests nivells acceptables: mitjà i fort. Pel que fa a la qualificació, també és acceptable, un 33/50 (Taula 9).

Les poblacions 2 i 5 es destaquen del restant per la dispersió dels seus individus entre els cinc nivells de l'escala del grau de bollat de les fulles (Figura 17).

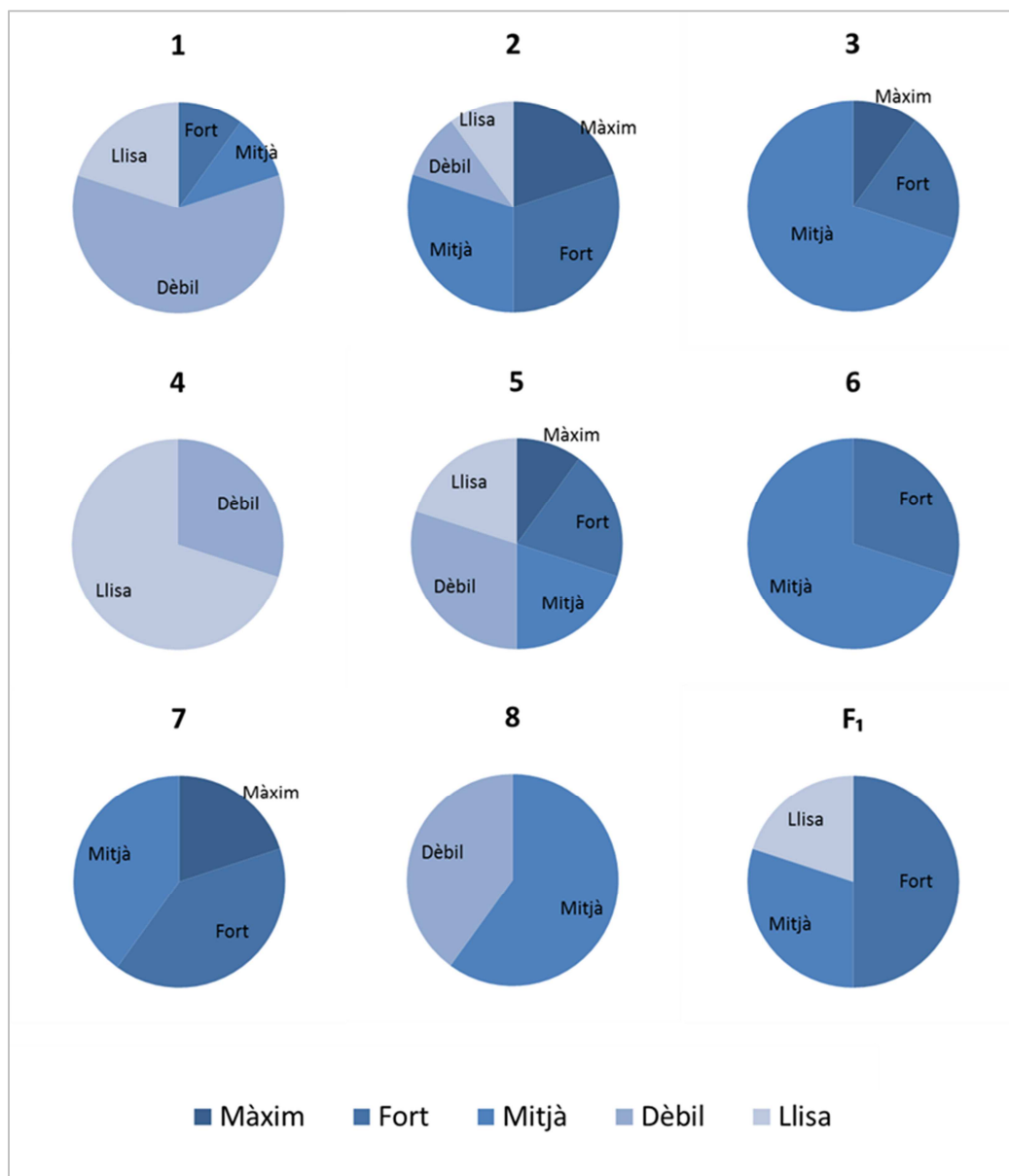


Figura 17 - Distribució dels individus, de les diferents poblacions, en les categories de l'escala de classificació del bollat de les fulles.

Per la variable retallat, totes les poblacions van obtenir qualificacions elevades (Taula 10). La població 6 presenta el valor més alt, un 57/60, seguida de la 7, amb un 51/60 i de la 2 amb un 49/60. Els individus de la població 6 estan qualificats en només dos nivells de l'escala, indicant una alta homogeneïtat (Figura 18). Els individus de la població 7 ocupen tres nivells de l'escala i els de la 2 estan distribuïts entre tres nivells.

Les poblacions 2, 5 i la F_1 van manifestar una elevada heterogeneïtat en el retallat de les fulles (Figura 18).

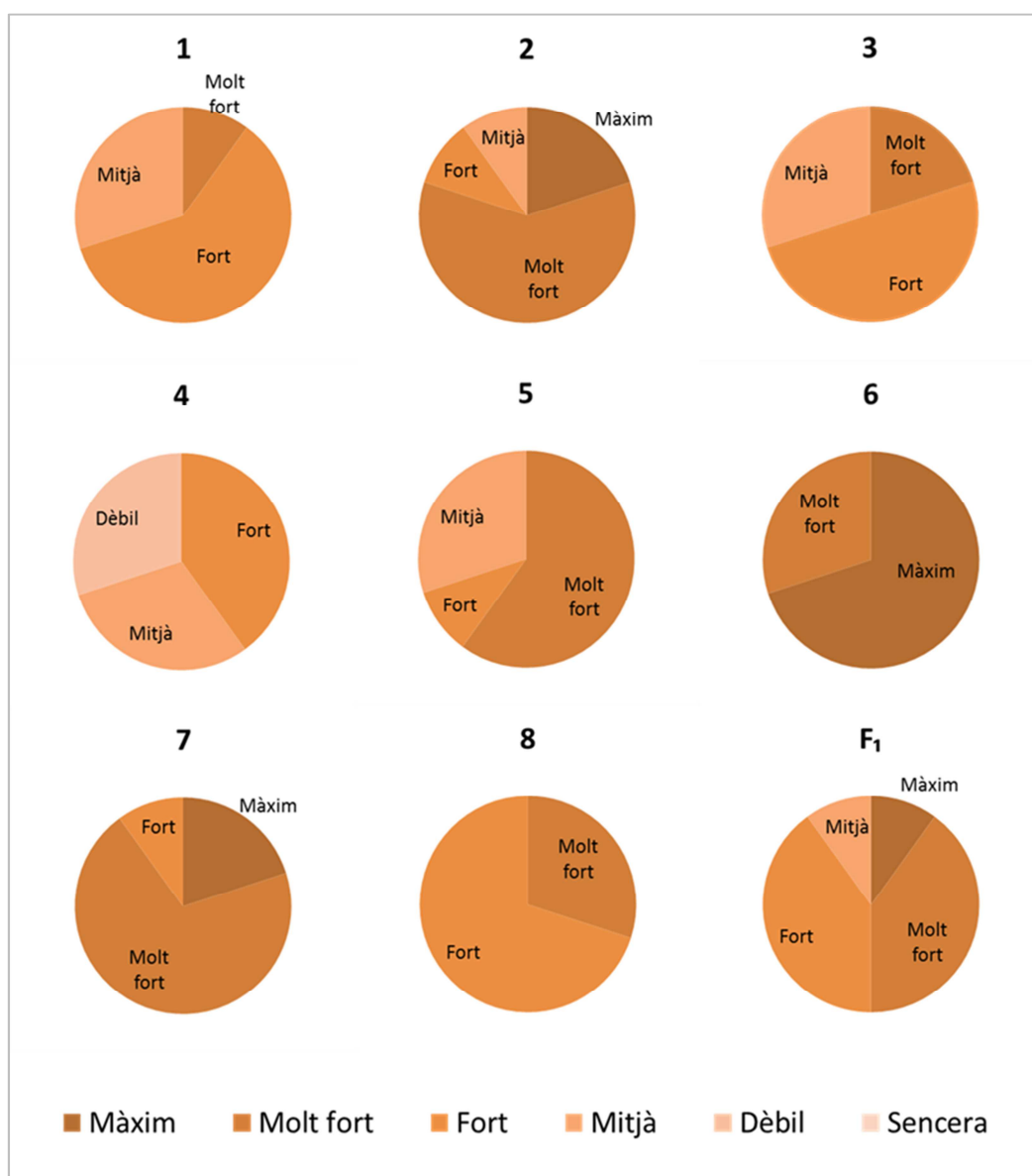


Figura 18 - Distribució dels individus, de les diferents poblacions, en les categories de l'escala de classificació del retallat de les fulles.

Tal i com s'ha pogut observar en la descripció dels diferents caràcters, en la majoria dels casos s'observen poques diferències entre les poblacions. Aquesta poca variabilitat podria ser deguda a una baixa heterogeneïtat interpoblacional o a una forta heterogeneïtat intrapoblacional. Vist que en la majoria de caràcters s'observa uns valors molt elevats de la desviació típica, sembla que la manca de significació entre les diferents mitjanes de les poblacions és deguda a una gran variabilitat interna. Per altra banda, aquesta situació, és molt comuna en poblacions de varietats tradicionals d'al·lògames, especialment en aquelles on no s'ha efectuat una selecció rigorosa, com és el cas de les poblacions estudiades. Un exemple de l'heterogeneïtat observada en caràcters qualitatius és la diferència entre els brotons de la població 1 (Figura 19).

Considerant conjuntament tots els caràcters avaluats, cap població destaca del resta, sigui positivament o negativament. Per exemple, la població 2 es destaca, negativament, de la resta per la seva elevada heterogeneïtat per a tots els caràcters de la fulla, però alhora presenta una alta productivitat total. Tot i la seva variabilitat interna, la població 2 pot ser útil en el procés de millora ja que alguns dels seus individus manifesten el nivell màxim de retallat i bollat de les fulles



Figura 19 – Mostra de l'heterogeneïtat interna de la població 1.

Per als caràcters qualitatius, l'impossibilitat de realitzar les taules de contingència va dificultar el procés de caracterització. La mida mostral va ser insuficient respecte al nombre de factors i nivells de l'escala. Es conclou que s'haurien de caracteritzar més de deu individus de cada població.

La dispersió de les dades podria estar agreujada per la recol·lecció i caracterització de mostres no comercials, siguin aquestes collides tardanament o bé precoçment. Les visites al camp

haurien de tenir una freqüència similar a la de l'agricultor per tal d'avaluar un producte el més semblant possible al trobat al mercat.

Respecte a la comparativa entre les plantes desullades en el moment considerat com a adient pels agricultors i les plantes desullades amb dues setmanes de retràs, el test ANOVA ens indica una diferència de mitjana significativa, on hi ha una pèrdua de productivitat en les plantes desullades posteriorment (Taula 10).

Taula 10 – Comparació de la producció per planta en individus desullats i no desullats

Població	Producció total (g)
Desullades tardanament	689,43 ± 159,18
Desullades en el moment òptim	1038,53 ± 65,99
Sig. ANOVA	*

Els valors són la mitjana ± l'error estàndard de la mitjana.

Sig. ANOVA.: nivell de significació on '***' <0,001, '**' <0,01, '*' <0,05, ' ' >0,05 i '--' no sotmès al test.

3.2 Avaluació de la F1

L'avaluació de la F1 es fa respecte a les altres poblacions presents a l'assaig. Per cap dels caràcters comentats anteriorment, excepte per al color, la F₁ no presenta resultats destacables, ja que pel que fa a la majoria de caràcters presenta valors mitjans, tal i com s'ha pogut observar en l'apartat anterior. El seu posicionament dins les qualificacions i els valors de les seves mitjanes són intermediaris.

El que sí és destacable de la F₁ és la seva baixa variabilitat per a alguns caràcters. La disminució de la dispersió és un dels objectius implícits en els plans de millora. Els caràcters millorats, a més d'estar transmesos a les generacions següents, han de manifestar-se en el major nombre d'individus possible, es a dir, la població ha de ser homogènia per a aquest caràcter, per tal que el producte final sigui constant.

Mitjançant l'observació dels coeficients de variació és possible fer una aproximació a aquest nivell d'homogeneïtat relacionat amb la dispersió de les dades per a cada variable (Figura 20). S'observa que els coeficients de variació de la F₁ van ser mitjans per als caràcters que avaluen els brotons mentre que van ser inferiors a la resta de poblacions per als caràcters que avaluen els espigalls. Això implica un producte amb pes i dimensions constants, tal i com exigeix el mercat. Aquest és justament un dels inconvenients amb el que es troben els agricultors que cultiven aquesta varietat actualment. També és destacable el baix coeficient de variació

presentat pel caràcter producció total, ja que aquest caràcter està directament vinculat amb la rendibilitat econòmica del cultiu.

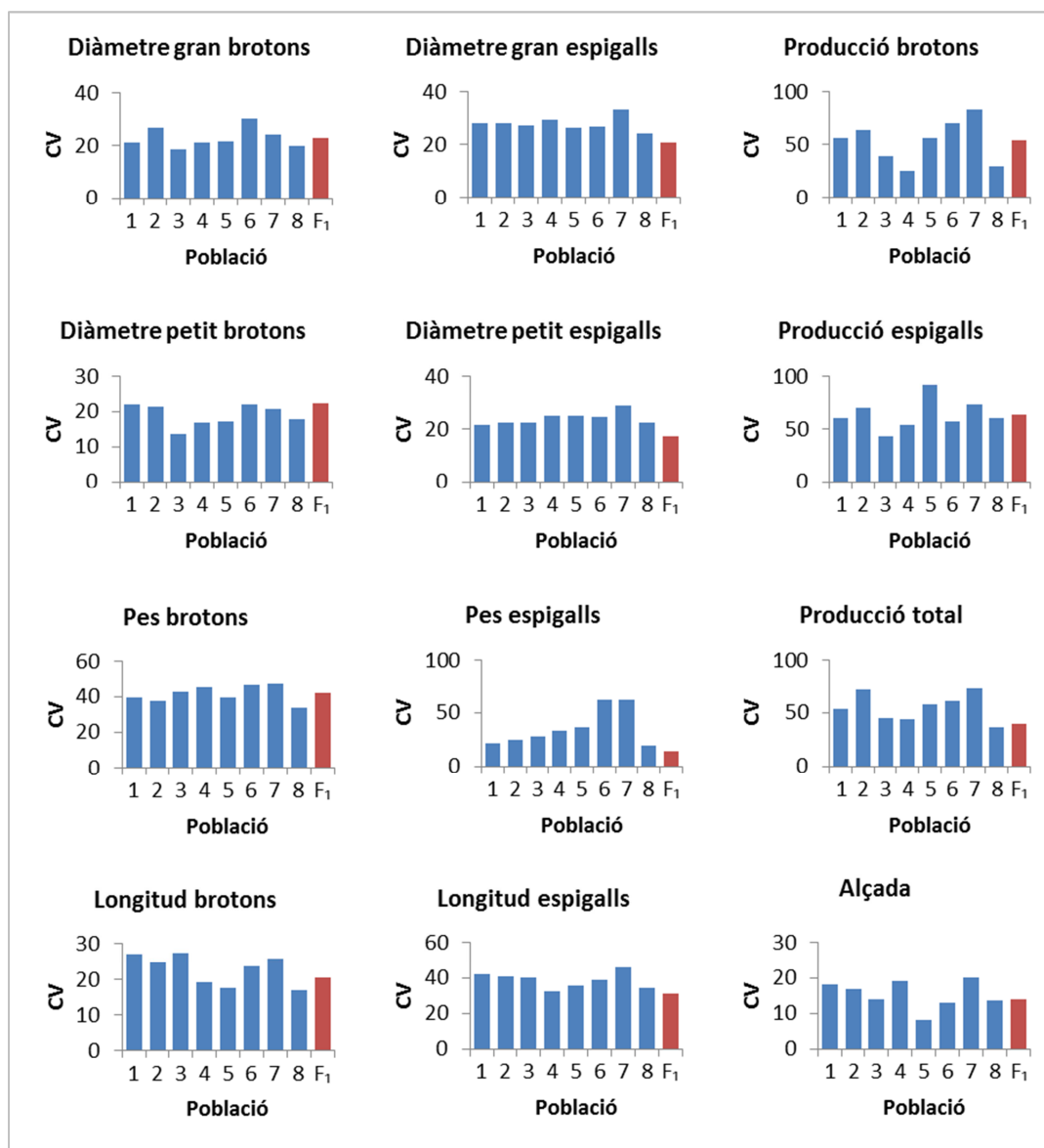


Figura 20 – Comparació dels coeficients de variació de la F_1 respecte a la resta de poblacions per a diferents variables.

3.3 Selecció dels parentals de la F_2

El procés de selecció es va basar únicament en les característiques de l'individu, sense tenir en compte a quina població pertanyia ni tampoc es va estipular un mínim de representants de cada família. Tot i que inicialment, les característiques de les poblacions haurien d'haver estat un criteri addicional en el procés de selecció, al constatar que hi havia un elevat grau

d'heterogeneïtat intrapoblacional així com una baixa variabilitat interpoblacional, es va decidir basar la selecció estrictament en l'individu. Dels 1350 individus de partida, se'n van seleccionar 25. A la Taula 11 es troba el procés de selecció i eliminació resumit.

Malgrat que la F₁, pel que fa a la mitjana poblacional, no va destacar per sobre la resta de poblacions, la població de la qual es van seleccionar més individus va ser precisament la F₁. En ser el resultat de l'encreuament dels parentals seleccionats en el primer cicle (sempre que hereti els seus caràcters) era esperable que els individus de la F₁ s'acostessin més a l'idiotip que las demás poblacions.

De la població 4 es van seleccionar vuit individus, xifra que s'apropa molt als nou individus de la F₁. La població 4 no va obtenir bona qualificació per a cap dels caràcters quantitius de brotons i espigalls (Taula 9), però els individus triats es trobaven en els nivells més desitjats de les escales de classificació de color, bollat i retallat. En aquesta població es trobaven plantes amb una arquitectura òptima per al seu maneig i plantes amb alt vigor, de fet la seva mitjana de producció total per planta és elevada (Taula 8).

Els altres 8 individus estan repartits entre les poblacions 2, 3, 6 i 7.

Taula 11 – Evolució del procés de selecció i eliminació dels candidats a parentals de la F₂ (nombre d'individus de cada població que es manté en el procés selectiu en cada etapa)

Població	Inicial	1a selecció	2a selecció	3a selecció	4a selecció	5a selecció (Final)
1	150	16	3	3	3	0
2	150	29	21	18	17	3
3	150	10	8	8	5	2
4	150	29	26	26	21	8
5	150	0	0	0	0	0
6	150	9	9	9	9	2
7	150	6	4	3	2	1
8	150	12	1	1	1	0
F ₁	150	36	21	21	21	9
Total	1350	147	93	89	79	25

Per tal d'avaluar el diferencial de selecció, es comparen les mitjanes i la presència dels caràcters tant en la població de partida com per a les plantes seleccionades. Com en els casos anteriors, algunes variables no han estat contrastades per no complir alguns dels criteris del test ANOVA o bé del test T.

Comparant els caràcters relacionats amb les dimensions dels productes comercials, s'observa que per als brotons hi ha una disminució dels valors d'aquests paràmetres en els individus seleccionats, mentre que per als espigalls s'observa un clar augment de algunes de les

variables relacionades amb la grandària del producte (Taula 12 i Taula 13). Aquesta tendència podria estar relacionada amb el retràs en la implantació del cultiu, per motius meteorològics aliens a la planificació de l'assaig. En retardar la plantació, la producció de brotons no ha assolit la seva plenitud. Per altre banda, el procés de selecció és continu i es va definint a mesura que avança el cicle productiu, fent l'embut cada cop més prim. Només els individus que, a més de manifestar els caràcters desitjats, van arribar al final del cicle amb vigor, bon estat sanitari i aptitud productiva van estar seleccionats com a parentals. La producció d'espigalls està relacionada amb aquesta fase final del cicle productiu.

Taula 12 – Comparació de les característiques dels brotons de la població seleccionada respecte a la de partida

Població	Ø gran (mm)	Ø petit (mm)	Pes (g)	Longitud (cm)
Partida	13,19 ± 0,10	10,21 ± 0,07	22,85 ± 0,30	27,85 ± 0,19
Seleccionada	12,37 ± 0,22	9,84 ± 0,15	20,74 ± 0,73	28,95 ± 0,57
Sig. ANOVA	*	--	*	--

Els valors són la mitjana ± l'error estàndard de la mitjana.

Sig. ANOVA.: nivell de significació on '***' < 0,001, '**' < 0,01, '*' < 0,05, '' > 0,05 i '--' no sotmès al test.

Ø: diàmetre

Taula 13 - Comparació de les característiques dels espigalls de la població seleccionada respecte a la de partida

Població	Ø gran (mm)	Ø petit (mm)	Pes (g)	Longitud (cm)
Partida	11,89 ± 0,13	9,35 ± 0,09	28,48 ± 0,41	22,36 ± 0,34
Selecció	15,04 ± 0,36	11,43 ± 0,21	32,63 ± 1,35	31,29 ± 1,23
Sig. ANOVA	***	***	--	***

Els valors són la mitjana ± l'error estàndard de la mitjana.

Sig. ANOVA.: nivell de significació on '***' < 0,001, '**' < 0,01, '*' < 0,05, '' > 0,05 i '--' no sotmès al test.

Ø: diàmetre

L'alçada de les plantes és significament superior en les plantes seleccionades, fet que probablement estigui vinculat a la primera selecció visual que es fa a camp (Apartat 2.4.2), on l'alçada és un dels paràmetres tinguts en compte i també podria estar relacionada amb el vigor de les plantes seleccionades.

Taula 14 - Comparació de l'alçada dels individus de la població seleccionada respecte a la de partida

Població	Alçada (cm)
Partida	78,35 ± 1,46
Selecció	81,46 ± 2,55
Sig. ANOVA	*

Els valors són la mitjana ± l'error estàndard de la mitjana.

Sig. ANOVA.: nivell de significació on '***' < 0,001, '**' < 0,01, '*' < 0,05, '' > 0,05 i '--' no sotmès al test.

Respecte als caràcters qualitius, la comparació de la població seleccionada amb la població de partida està representada de gràficament en les Figures 21, 22 i 23. Per la variable color de les fulles, els individus seleccionats passen d'estar distribuïts en els quatre nivells de l'escala de color a ocupar només dos nivells, majoritàriament concentrats en el nivell 3 que equival al color verd gris (Figura 21).

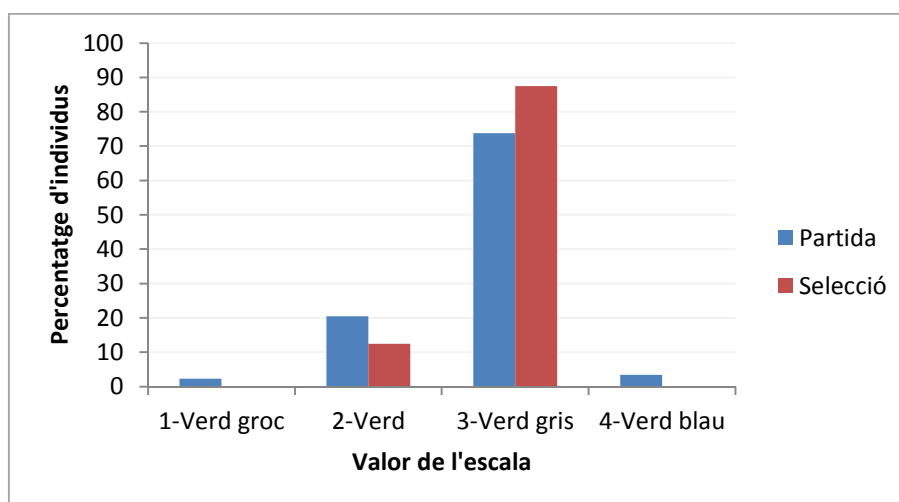


Figura 21 - Distribució dels individus de la població de partida i de la població seleccionada, en els diferents esglaons de l'escala de classificació, per al caràcter color de la fulla.

Respecte al nivell de bollat de la fulla, les plantes de la població de partida es troben classificades en els cinc nivells que conté l'escala, mentre que les plantes seleccionades es troben classificades en només tres nivells (Figura 22). Un 42% es troba en el nivell fort, un 33% en el nivell intermediari i un 25% en el nivell dèbil.

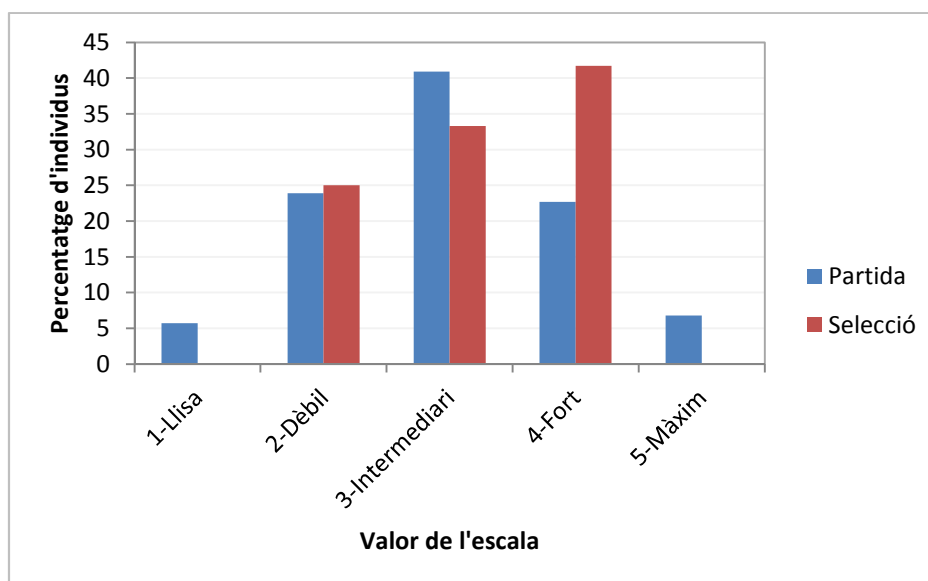


Figura 22 - Distribució dels individus de la població de partida i de la població seleccionada, en els diferents esglaons de l'escala de classificació, per al caràcter bollat de la fulla.

Pel que fa al retallat, no va haver una reducció en el nombre de nivells de classificació ocupats pels individus seleccionats respecte a la població de partida però, va haver-hi un canvi en la distribució dels individus a nivells més alts de l'escala (Figura 23). Un 33% de la població va presentar el nivell màxim de retallat, un 50% molt fort, un 13% fort i un 4% intermediari.

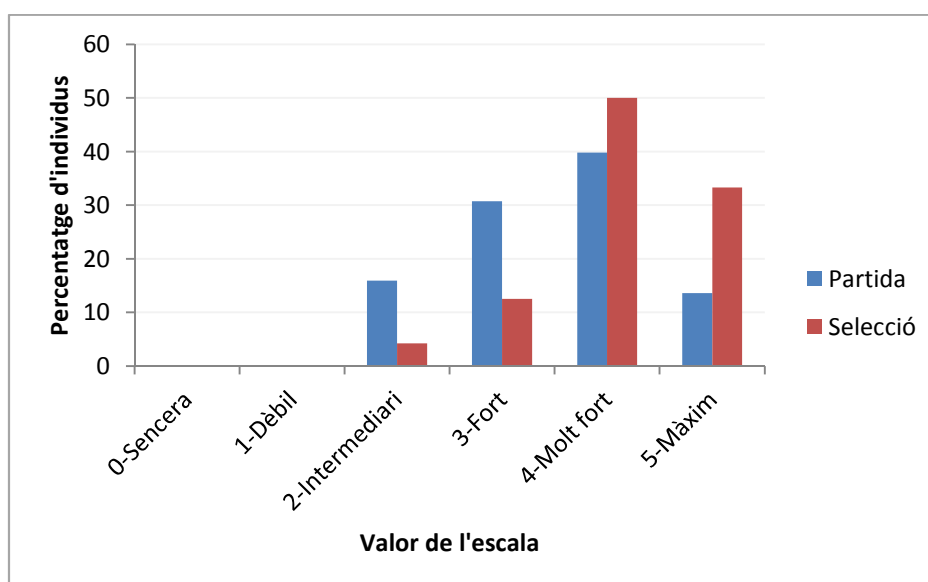


Figura 23 - Distribució dels individus de la població de partida i de la població seleccionada, en els diferents esglaons de l'escala de classificació, per al caràcter retallat de la fulla.

S'observa una tendència en la qual els individus seleccionats es troben classificats en nivells superiors de l'escala i més concentrats, a excepció del caràcter retallat de les fulles, on es manté el mateix nombre de nivells. Aquesta tendència es tradueix en més homogeneïtat (Figura 24) i més proximitat a l'idiotip, és a dir, en l'aproximació a l'objectiu de la millora sempre que aquests caràcters siguin transmesos a la generació següent.



Figura 24 – Espigalls de les sis poblacions seleccionades per formar la població parental, tots presenten característiques semblants.

El motiu pel qual algunes plantes seleccionades es trobin classificades en nivells llunyans de l'idiotip, és que poden estar seleccionades per haver manifestat un altre caràcter d'interès, no presentant alhora tots els caràcters desitjats.

Els individus seleccionats es van traslladar a un camp aïllat, al municipi de Viladecans, on es van entrecruar lliurement, per tal de donar lloc a la llavor de la F_2 .

La selecció actual es basa únicament en trets agromorfològics i seria interessant incorporar caràcters organolèptics i de resistència a l'idiotip. Aquestes incorporacions afegirien complexitat al procés, essent recomanable, doncs, aconseguir primerament una millora significativa respecte l'objectiu actual per, posteriorment, ampliar la definició de l'idiotip.

4. CONCLUSIONS

Objectiu 1:

La caracterització de les poblacions va permetre:

- Concloure que cap de les entrades assajades, tant aquelles comercialitzades pels planteristes com aquelles obtingudes pels agricultors, presenta resultats satisfactoris i homogenis. L'assaig recolza l'afirmació, feta pels agricultors, de que no disposen d'un material vegetal de qualitat. Té sentit, doncs, donar continuïtat al procés de millora la col brotonera.
- Quantificar i qualificar els caràcters manifestats en cada entrada, les llavors de les quals seran mantingudes al banc de germoplasma de la FMA. Aquestes entrades al banc, són fonts potencials de variabilitat genètica, que poden tornar a ser introduïdes en un nou cicle del procés de millora.
- Concloure que les entrades assajades són altament heterogènies, amb elevada variabilitat intrapoblacional i que, per aquesta raó, la selecció s'ha de basar en l'individu i no en la població.

La tardana implantació del cultiu, va provocar que caràcters indicatius de la precocitat de les plantes, veiessin reduïda dràsticament la seva variabilitat interpoblacional.

La caracterització de productes que no serien comercials va agreujar la dispersió de les dades.

Objectiu 2:

L'avaluació de la F_1 respecte a les altres poblacions, revela que aquesta no presenta unes característiques més pròximes a l'idiotip que la resta, però sí és més homogènia i constant, sobretot per als caràcters relacionats amb els espigalls.

Objectiu 3:

Degut a l'elevada variabilitat intrapoblacional i a la baixa heterogeneïtat interpoblacional, es va efectuar una selecció individual. Dels 1350 individus de partida, procedents de nou entrades, es van seleccionar vint-i-cinc, efectuant una pressió de selecció del 1,85%.

Els individus seleccionats van estar traslladats a un camp aïllat, per tal de produir una nova generació del programa de millora genètica.

5. BIBLIOGRAFIA

Referències bibliogràfiques

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D. i SMITH, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Rome: FAO.

AVANZA, M., MAZZA, S., MARTÍNEZ, G. i GIMENEZ, L. (sense data). *Uso de transformaciones para el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad, para modelos lineales* [en línia]. Facultad de Ciencias Agrarias UNNE y INTA. Disponible a: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/05-Agrarias/A-033.pdf>

BARÓN LÓPEZ, F.J. i TÉLLEZ MONTIEL, F. (2004). *Apuntes de bioestadística*. Universidad de Málaga.

BRANCA, F. (2008). "Cauliflower and Broccoli" a Prohens, J. i Nuez, F. *Vegetables I*. New York : Springer, p. 151-188. (v. 1).

CASALS, J. (2012). *Estudis sobre varietats tradicionals catalanes: la col brotonera* (*Brassica oleracea L.*). Castelldefels.

CHIANG, B.Y. i GRANT, W.F. (1975). "A putative heterozygous interchange in the cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) cultivar «Badger Shipper»" a *Euphytica*. Vol. 24, p. 581-584.

CONTRERAS, J., CÁCERES, J. i ESPEITX, E. (2003). *Els productes de la terra*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

CUBERO, J.I. (2003). *Introducción a la mejora genética vegetal*. 2ª ed. Madrid: Mundi-Prensa.

DE MENDIBURU, F. (2009). *agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research* [en línia]. Lima: Disponible a: <http://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html>.

DIXON, G.R. (2007). *Vegetables Brassicas and Related Crucifers*. London: CAB International.

FAOSTAT (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS) (2015). FAOSTAT. [en línia]. [Consulta: 4 febrer 2015]. Disponible a: <http://faostat3.fao.org/home/E>.

FRANZKE, A., LYSAK, M.A., AL-SHEHBAZ, I.A., KOCH, M.A. i MUMMENHOFF, K. (2011). "Cabbage family affairs: the evolutionary history of Brassicaceae" a *Trends in plant science* [en línia]. Vol. 16, núm. 2, p. 108-16. [Consulta: 29 març 2015]. Disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138510002384>.

DARP . DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA, PESCA, AGRICULTURA I MEDI NATURAL. GENERALITAT DE CATALUNYA. Dades Agrometeorològiques. [en línia]. [Consulta: 15 març 2015]. Disponible a: <http://www.ruralcat.net/web/guest/agrometeo.estacions>.

GÓMEZ-CAMPO, C. i PRAKASH, S. (1999). "Origin and Domestication" a Gómez-Campo, C. *Biology of Brassica Coenospecies*. 1ª ed. Amsterdam: Elsevier, p. 33-58.

HODGKIN, T. (1995). "Cabbages, kales, etc" a Smartt, J. i Simmonds, N.W. *Evolution of crop plants*. 2. New York: Longman, p. 76-81.

Horeco (2005). Verduras en «peligro de extinció».

INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA. Mapa de sòls de Catalunya. [en línia]. [Consulta: 26 maig 2015]. Disponible a: <http://www.icc.cat/mapsols/mapsols.html>.

MAGGIONI, L., VON BOTHMER, R., POULSEN, G. i BRANCA F. (2010). "Origin and Domestication of Cole Crops (*Brassica oleracea* L.): Linguistic and Literary Considerations" a *Economic Botany*. Vol. 64, núm. 2, p. 109-123.

MAGRAMA (MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Estadísticas agrarias: Agricultura. [en línia]. [Consulta: 5 maig 2015]. Disponible a: http://www10.gencat.cat/dar_spv/visor/visor.html.

ORDÁS, A. i CARTEA, M.E. (2008). "Cabbage and Kale" a Prohens, J. i Nuez, F. *Vegetables I*. New York: Springer, p. 119-150.

PROEXPORT. (2011). *Boletín 59* [en línia]. PROEXPORT. Disponible a: http://www.proexport.es/Documentos/Boletines/2011214112512BOLETIN_PROEXPORT_59.pdf.

R CORE TEAM. (2014). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* [en línia]. Viena: Disponible a: <http://www.r-project.org/>.

SPOONER, D.M., HETTERSCHIED, W.L.A., VAN DER BERG, R.G. i BRANDENBURG W.A. (2003). "Plant Nomenclature and Taxonomy" a Janick, J. *Horticultural Reviews volume 28*. p. 1-60.

STEVENS, P.F. (2012). Angiosperm Phylogeny Website. [en línia]. [Consulta: 1 abril 2015]. Disponible a: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.

TAKAYAMA, S. i ISOGAI, A. (2005). "Self-Incompatibility in Plants" a *Annual Review of Plant Biology*. Vol. 56, p. 467-489.

WATANABE, M. i HINATA, K. (1999). "Self-Incompatibility" a Gómez-Campo, C. *Biology of Brassica Coenospecies*. 1. Amsterdam: Elsevier, p. 149-168.

