



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona



Fundació  
Miquel Agustí

# DETERMINACIÓ DE L'EFECTE GENÈTIC I AMBIENTAL DE LA NOVA VARIETAT D'ESPIGALL DEL GARRAF

Treball final de grau

Enginyeria de Sistemes Biològics

**Autor:** Josep Santiago Muñoz

**Tutor:** Joan Simó Cruanyes

**Tutora:** Aurora Rull Ferré

Juny 2019

## Agraïments

M'agradaria donar les gràcies a totes les persones que m'han ajudat i donat suport per realitzar aquest treball. En primer lloc, agrair els integrants de la Fundació Miquel Agustí i els treballadors de l'Agròpolis al Parc de la UPC de Viladecans. Sobretot, donar les gràcies a la Berta Pou, treballadora de la Fundació, i a l'Aurora Rull, la meva tutora, per acompanyar-me sempre als camps i ajudar-me de forma activa en el treball.

De la mateixa manera, donar les gràcies als agricultors i treballadors dels tres camps de Vilanova i Sitges. Sense ells hagués estat impossible realitzar la feina feta, i gràcies també per la seva hospitalitat i proximitat.

Finalment, agrair a la meva família per tot el suport, paciència i comprensió durant aquest any.

## Resum

La col brotonera o espigall (*Brassica oleracea* L.) és una varietat tradicional de Catalunya, històricament cultivada, sobretot, a la zona del Garraf i del Vallès. Es tracta d'una varietat de col seleccionada antigament, de la que se n'aprofiten principalment els seus brots axil·lars. Actualment, el seu consum i cultiu s'han vist reduïts, i tant agricultors com investigadors s'han posat a treballar per tal de no perdre aquesta varietat. Gràcies a programes de selecció i millora en base a la morfologia de la planta que s'han fet, i estudis que s'estan duent a terme, plantes més rendibles econòmicament estan apareixent. Això facilitarà als agricultors el seu cultiu i posterior venda.

Els objectius principals d'aquest treball, són valorar el paper que juguen el genotip i les condicions ambientals sobre el rendiment en diferents varietats de bròcolis (*B. oleracea* var. *italica*) i espigalls. Estudiarem quatre genotips diferents. De l'espigall, estudiarem dos genotips: una població de selecció del 2014 (BRAS0004), i una població de selecció posterior, del 2018 (BRAS0195). En aquestes, s'haurien seleccionat com a mares de la població les plantes més interessants, per tant, s'espera que la població BRAS0195 sigui millor respecte la població BRAS0004. D'altra banda, tindrem dos genotips de bròcoli (BRAS2072 i BRAS2141).

Per tal de valorar el rendiment d'aquests quatre genotips, els collirem i fenotiparem fins que la seva producció s'acabi. Realitzarem l'assaig en tres camps de la comarca del Garraf: Sínia Sant Gervasi (Vilanova i la Geltrú), Sínia Pujadas (Vilanova i la Geltrú) i Can Girona (Sitges).

A través de diferents tests estadístics: ANOVA, comparacions de mitjanes i estudi de correlacions, hem pogut arribar a una sèrie de conclusions interessants que validen la feina feta durant tot un programa de selecció i millora dels espigalls del Garraf. La nova selecció (BRAS0195) ha millorat el seu rendiment respecte la primera realitzada (BRAS0004). També, hem pogut veure que aquest rendiment no depèn de les característiques edàfiques del sòl, sinó que estaria subjecte a altres causes ambientals com, per exemple, el maneig de cada agricultor. Finalment, hem vist que pels caràcters relacionats amb el rendiment i la producció, l'espigall del Garraf està ben adaptat i no pateix els canvis d'ambient o localitat dins de la zona del Garraf.



## Resumen

La col brotonera o 'espigall' (*Brassica oleracea* L.) es una variedad tradicional de Cataluña, históricamente cultivada, sobre todo, en la zona del Garraf y del Vallès. Se trata de una variedad de col seleccionada antiguamente, de la que se aprovechan principalmente sus brotes axilares. Actualmente, su consumo y cultivo se han visto reducidos, y tanto agricultores como investigadores se han puesto a trabajar para no perder esta variedad. Gracias a programas de selección y mejora en base a la morfología de la planta que se han hecho, y estudios que se están llevando a cabo, plantas más rentables económicamente están apareciendo. Esto facilitará a los agricultores su cultivo y posterior venta.

Los objetivos principales de este trabajo, son valorar el papel que juegan el genotipo y las condiciones ambientales sobre el rendimiento en diferentes variedades de brócolis (*B. oleracea* var. *italica*) y 'espigalls'. Estudiaremos cuatro genotipos distintos. Del 'espigall', estudiaremos dos genotipos: una población de selección del 2014 (BRAS0004), y una población de selección posterior, del 2018 (BRAS0195). En estas, se habrían seleccionado como madres de la población las plantas más interesantes, por lo tanto, se espera que la población BRAS0195 sea mejor respecto a la población BRAS0004. Por otro lado, tendremos dos genotipos de brócoli (BRAS2072 y BRAS2141).

Para valorar el rendimiento de estos cuatro genotipos, los cosecharemos y fenotiparemos hasta que su producción acabe. Realizaremos el ensayo en tres campos de la comarca del Garraf: Sínia Sant Gervasi (Vilanova i la Geltrú), Sínia Pujadas (Vilanova i la Geltrú) y Can Girona (Sitges).

A través de diferentes test estadísticos: ANOVA, comparaciones de medias y estudio de correlaciones, hemos podido llegar a una serie de conclusiones interesantes que validan el trabajo realizado durante todo un programa de selección y mejora de 'espigalls' del Garraf. La nueva selección (BRAS0195) ha mejorado su rendimiento respecto a la primera realizada (BRAS0004). También, hemos podido ver que este rendimiento no depende de las características edáficas del suelo, sino que estaría sujeto a otras causas ambientales como, por ejemplo, el manejo de cada agricultor. Finalmente, hemos visto que los caracteres relacionados con el rendimiento y la producción, el 'espigall' del Garraf está bien adaptado y no sufre los cambios de ambiente o localidad dentro de la zona del Garraf.

## Abstract

The broccoli or 'espigall' (*Brassica oleracea* L.) is a traditional variety of Catalonia, historically cultivated, especially in the Garraf and El Vallès area. It is a variety of cabbage selected in the past, which is mainly cultivated for its axillary shoots. Currently, their consumption and cultivation have been reduced, and both farmers and researchers have begun to work not to lose this variety. Through programs of selection and improvement based on the morphology of the plant that have been made, and studies that are being carried out, more economically profitable plants are appearing. This will facilitate the farmers its cultivation and subsequent sale.

The main objectives of this work are to assess the role played by the genotype and environmental conditions on the performance of different varieties of broccoli (*B. oleracea* var. *italica*) and 'espigalls'. We will study four different genotypes. From the 'espigall', we will study two genotypes: a selection of 2014 (BRAS0004), and a subsequent selection, of 2018 (BRAS0195). In these, the most interesting plants will be selected as mothers of the population, therefore, it is expected that the population BRAS0195 will be better compared to the BRAS0004 population. On the other hand, we will have two broccoli genotypes (BRAS2072 and BRAS2141).

In order to assess the performance of these four genotypes, we will harvest and phenotype them until their production is finished. We will do the essay in three different fields of the Garraf region: Sínia Sant Gervasi (Vilanova i la Geltrú), Sínia Pujadas (Vilanova i la Geltrú) and Can Girona (Sitges).

Through different statistical tests: ANOVA, mean comparisons, and correlation study, we have been able to reach a series of interesting conclusions that validate the work done during a whole program of selection and improvement of the 'espigall' del Garraf. The new selection (BRAS0195) has improved its performance compared to the first one (BRAS0004). Also, we have been able to see that this performance does not depend on the soil edaphic characteristics, but would be subject to other environmental causes, such as the management of each farmer. Finally, we have seen that for the characters related to performance and production, the 'espigall' del Garraf is well adapted and does not suffer from changes of environment or location within the Garraf area.



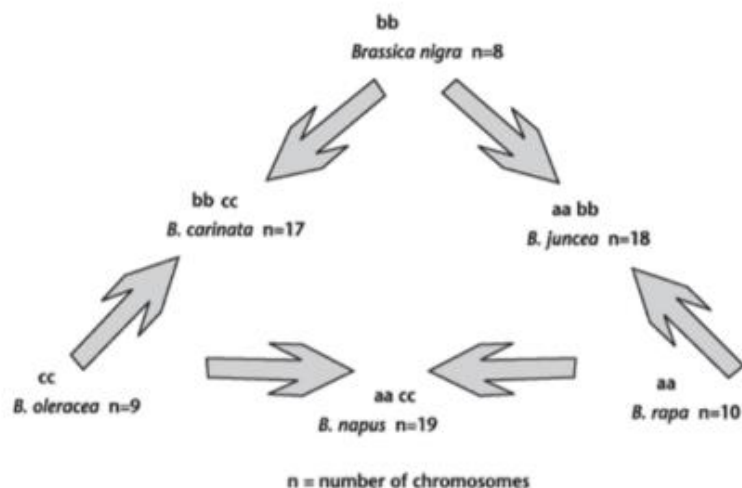
## ÍNDEX

<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>6</b>
1.1. <i>Brassica oleracea</i> L.	6
1.2. Espigall del Garraf	7
1.3. <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> (cultivars Monflor i Parthenon)	9
1.4. Selecció del material vegetal objecte d'estudi	11
1.5. El rendiment, caràcter subjecte a variació ambiental i genotípica	12
1.6. Antecedents	13
<b>2. OBJECTIUS</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIALS I MÈTODES</b>	<b>15</b>
3.1. Material vegetal	15
3.2. Disseny experimental	15
3.3. Fenotipat de caràcters morfoagronòmics	17
3.4. Anàlisi de sòl: característiques edàfiques	19
3.5. Anàlisi estadística	19
<b>4. RESULTATS I DISCUSSIÓ</b>	<b>21</b>
4.1. Caràcters agronòmics de la planta	21
4.2. Test ANOVA i comparació de mitjanes	22
4.3. Característiques edàfiques de les localitats d'assaig	25
4.4. Correlacions ambientals i genètiques entre els caràcters morfoagronòmics i relació amb les característiques edàfiques	29
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>32</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>33</b>
<b>ANNEXOS</b>	<b>35</b>

# 1. Introducció

## 1.1. Brassica oleracea L.

*Brassica oleracea* L. és una espècie que pertany a la família *Brassicaceae* (Cartea *et al.* 2011) (Taula 1) o crucíferes que està composta per 350 gèneres i al voltant de 3500 espècies (Heimler *et al.* 2005). Es tracta d'una espècie al·lògama amb autoincompatibilitat pol·línica (Pou 2017). El gènere *Brassica* és el més important i inclou 37 espècies, algunes de gran importància econòmica mundial com la col (*Brassica oleracea* L.), la colza (*Brassica napus* L.) i el nap (*Brassica rapa* L.). La mateixa espècie pot tenir diversos usos segons formes i tipus varietals. El gènere *Brassica* es classifica en oleaginoses, farratgeres, per a condiment i cultius d'hortalisses, utilitzant els brots, inflorescències, fulles, arrels llavors i tiges (Cartea *et al.* 2010). L'espècie vegetal més cultivada dins del gènere és la col, utilitzada sobretot en alimentació. Com a altres espècies de *Brassica* importants, tenim el grup format per tres espècies: mostassa d'Etiòpia (*B. carinata*), mostassa negra (*B. nigra*) i mostassa de la Índia (*B. juncea*) (Figura 1), utilitzades majoritàriament com a condiment, encara que les fulles d'aquesta darrera també es consumeixen (Cartea *et al.* 2010). Aquestes 6 espècies han estat les úniques en ser domesticades i cultivades entre les 37 espècies de *Brassica*. Pel que fa a *B. oleracea*, el procés de selecció humana segons les necessitats locals, ha donat lloc a diverses varietats botàniques i cultivars, que inclouen la col ramificada i el bròcoli, objecte d'estudi en aquest treball, entre d'altres (bròquil, kale, col de Brussel·les, etc.).



**Figura 1.** Relacions filogenètiques entre espècies cultivades del gènere *Brassica* (Canola council of Canada I, 2016).

**Taula 1.** Classificació taxonòmica de *B. oleracea* L. Adaptat de Ordás i Cartea (2008).

---

## ***Brassica oleracea***

---

### **Informació taxonòmica**

---

<b>Regne:</b>	<i>Plantae</i>
<b>Subregne:</b>	<i>Trachebionta</i>
<b>Superdivisió:</b>	<i>Spermatophyta</i>
<b>Divisió:</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Subclasse:</b>	<i>Capparales</i>
<b>Ordre:</b>	<i>Brassicales</i>
<b>Família:</b>	<i>Brassicaceae</i>
<b>Gènere:</b>	<i>Brassica</i>
<b>Espècie:</b>	<i>B. oleracea</i> L.

---

### **Tipus Varietal**

*Brassica oleracea* L. var *acephala*  
*Brassica oleracea* L. var *botrytis* L.  
*Brassica oleracea* L. var *capitata*  
*Brassica oleracea* L. var *costata* DC.  
*Brassica oleracea* L. var *gemmifera* DC.  
*Brassica oleracea* L. var *gongylodes* L.  
*Brassica oleracea* L. var *italica* Plenck

## **1.2. Espigall del Garraf**

L'espigall del Garraf (*Brassica oleracea* L.) és una varietat tradicional dins del tipus varietal de col ramificada que es pensa que pertany a la varietat *italica*. Es conrea a la comarca del Garraf (Catalunya) i se n'aprofiten els brots laterals. Aquesta varietat presenta una tija principal que es ramifica des de la base i aconsegueix una alçada d'aproximadament 1 metre (Figura 2). Es caracteritza per les fulles de color verd, arrissades i bollades, les quals són pinnatinèrvies i pinnatipartides. Els brots laterals que es desenvolupen a l'axil·la de les fulles s'anomenen brotons o espigalls (Figura 2), depenent del moment del cicle de la planta en què es cullen. Els brotons són les tiges tendres amb fulles que es recullen durant els primers mesos del cultiu i els espigalls són les inflorescències immadures que apareixen en els àpexs dels brotons a l'inici de la primavera (Rull *et al.* 2017).



Aquesta varietat s'ha conservat fins al dia d'avui gràcies a la dedicació dels agricultors locals, que a través de la multiplicació pròpia de la llavor han mantingut el seu cultiu i la comercialització en els mercats de proximitat. Tot i la pressió de selecció exercida pels agricultors, sent la col una espècie al·lògama i causa dels probables encreuaments amb altres varietats, s'ha generat variabilitat inter i intrapoblacional que en alguns casos ha allunyat la varietat de la seva morfologia tipus (Rull *et al.* 2017).

Aquests fets devaluen la qualitat del producte i impliquen minves de producció, que van portar a alguns agricultors a abandonar el seu cultiu. D'aquí, sorgeix la col·laboració entre la Fundació Miquel Agustí i els agricultors d'espigall. Des del 2013, s'està treballant en la selecció i millora genètica de la varietat, per tal d'obtenir una nova varietat d'espigalls del Garraf homogènia i adaptada a les necessitats dels productors i consumidors actuals, afavorint així la seva persistència. De fet, aquest treball forma part d'aquest programa, en aquest cas, centrat en millorar el rendiment de la planta, per tal d'arribar a un nivell en el que el conreu d'espigalls sigui cada cop més rendible.



**Figura 2.** A dalt a l'esquerra, brots de la planta. A dalt a la dreta, detall de la planta d'espigall. A baix, visió general de l'assaig amb plantes d'espigall en el primer pla.

### 1.3. *Brassica oleracea* var. *italica* (cultivars Monflor i Parthenon)

El bròcoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) és un tipus varietal dins de l'espècie *B. oleracea* L.. És una hortalissa originària de la regió mediterrània d'Europa. Tot i no ser una zona on es van produir importants processos de domesticació de plantes comestibles, les condicions climàtiques temperades i la important activitat agrícola que s'hi ha desenvolupat, ha comportat que s'hi adaptessin un gran nombre d'espècies per a les produccions agràries (Casals 2012). És una planta que posseeix fulles lobulades, pinnatisectes i llargament peciolades. Se'n consumeixen principalment els botons florals que formen un cap principal i altres petits caps laterals, en el cas de les varietats que els desenvolupen.

El bròcoli és comercialment molt important i al mercat, hi ha disponibles una gran quantitat de cultivars diferents. Nosaltres ens centrarem en dos cultivars del tipus varietal. En primer lloc, trobem el cultivar més estudiat i més utilitzat segons els agricultors de la zona, el Parthenon (BRAS2142) (Figura 3). Aquest cultivar produeix plantes que només desenvolupen un sol cap o capça principal, que és l'únic producte que se'n comercialitzarà. Aquest cap en el Parthenon es presenta compacte (Figura 3). D'altra banda, trobem el cultivar Monflor (BRAS2072) (Figura 4), menys utilitzat i estudiat que el precedent, ja que es tracta d'un cultivar relativament nou. És una varietat que ha estat desenvolupada per l'empresa Syngenta per a la comercialització de *tender-stem* (tija tendra). D'aquesta manera, s'ha buscat que presenti tiges llargues, primes i tendres que, a més a més, es diferenciïn pel seu extraordinari sabor. Això permet que la seva recol·lecció sigui tant de la capça o cap principal (Figura 4), com dels *tender-stems* (caps laterals) (Figura 5) (Syngenta 2018; INNOVAGRI 2018). Aquests caps laterals, van creixent fins que les temperatures comencen a pujar, cosa que allarga el temps de collita i de producció per una sola planta. Altrament, aquest cultivar és més precoç. Aquestes varietats les utilitzarem com a controls per poder fer la comparació amb el rendiment dels espigalls, que són l'objecte principal d'aquest treball.



**Figura 3.** Parthenon.



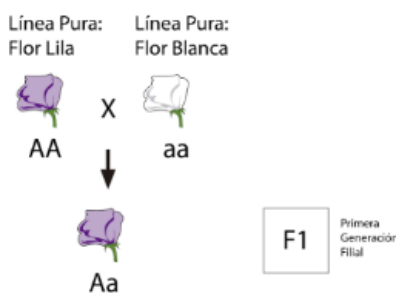
**Figura 4.** Monflor.



**Figura 5.** Caps laterals Monflor.

L'ús d'aquests cultivars com a control rau en el fet que provenen de llavors comercials F1. Això voldrà dir que seran la primera generació resultant del creuament entre dues línies pures diferents, el qual ens portarà a que aquesta primera generació filial (F1), sigui de plantes genèticament iguals (Figura 6). Això és imprescindible per al nostre objectiu, ja que si trobem variació en aquests genotips, aquesta l'atribuirem al factor ambiental. Altrament, aquesta generació tindrà el que es coneix com a vigor híbrid, que gràcies a l'heterozigosi, obtindrem millors individus per la combinació d'avantatges dels parentals. L'únic objectiu d'assajar aquestes varietats ha estat poder comparar-ne el seu rendiment amb el dels espigalls sotmesos en diferents ambients.

S'ha escollit el cultivar Monflor, ja que es un nou cultivar, que es pensa que és un pas intermedi entre el Parthenon i l'espigall. El Monflor és l'única varietat de bròcoli ramificant *italica* amb el cap de color verd. Existeix una varietat similar (Bimi) però és un híbrid entre *Brassica oleracea* var. *italica* i una col verda oriental. Això no ens interessarà ja que volem que només sigui *italica* pel fet que es creu que l'espigall pertany a aquest tipus varietal. Per això, s'ha escollit el Monflor a l'hora de fer el disseny experimental.



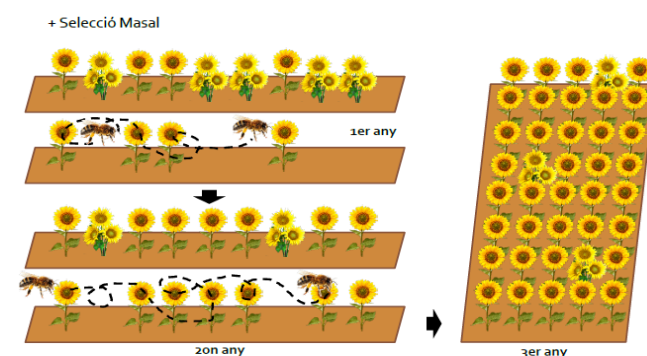
**Figura 6.** Descendència F1 de dues línies pures (El moderno prometeo, 2018).

## 1.4. Selecció del material vegetal objecte d'estudi

Pel que fa a les dues poblacions d'espigalls que s'estudien en aquest treball, el mètode d'obtenció utilitzat ha estat la selecció massal (Figura 7). Això permetrà anar reproduint sempre les plantes més interessants per a investigadors i agricultors. L'espigall és una planta al·lògama, és a dir que la seva reproducció és creuada i entre individus genèticament diferents, cosa que haurem de tenir en compte a l'hora de fer la selecció.

La selecció massal consisteix en la selecció dels individus o famílies que presenten característiques desitjades i la barreja de les seves llavors constituirà la llavor de sembra per plantar l'any següent. En el procés de selecció massal en plantes al·lògames, és preferible fer la selecció abans de la pol·linització, ja que sinó, només estariem seleccionant les mares: sabríem que la mare és bona, però el pare podria ser qualsevol planta del camp, cosa que ens faria dubtar de si la llavor realment ens va bé segons els nostres interessos. Per aquesta raó, en la mesura del possible, la selecció es farà abans de la pol·linització i es deixarà que es creuin plantes que sabem segur que ens interessaran. D'altra banda, també serà important no fer una pressió de selecció molt alta, per tal d'evitar problemes de depressió consanguínia. És a dir, que el nombre de plantes que seleccionem per a que s'encreuin, sigui el més alt possible. D'aquesta manera, evitarem amb més probabilitat que la descendència siguin plantes germanes i conseqüentment que al·lels recessius desfavorables apareguin.

Els principals avantatges d'aquest tipus de selecció són que es tracta d'un procediment senzill i de baix cost. Per contra, els desavantatges seran el temps requerit per arribar a tenir una bona varietat i que, si fem la selecció després de la pol·linització, només podrem controlar el parental femení.



**Figura 7.** Procediment de la selecció massal (Genòmica i millora genètica, Tema 14, Les plantes al·lògames - selecció massal).

## 1.5. El rendiment, caràcter subjecte a variació ambiental i genotípica

En aquest treball, analitzarem el caràcter del rendiment. El rendiment, és un caràcter subjecte no només a la variació genotípica, sinó que també està influenciat de manera molt important per factors ambientals (Oyervides G. *et al.* 1993). Per això també hem dut a terme aquest estudi en diferents localitats, i per tant, diferents condicions ambientals. D'aquesta manera, podrem trobar també les condicions més òptimes per una millor i més abundant producció. A demés, el cultiu en diferents localitats ens permetrà ajustar-nos a la realitat, ja que l'espigall es cultiva en una regió relativament àmplia (Garraf) i que pot ser més o menys variable (mar, muntanya, etc.).

Aquest caràcter no ha estat estudiat anteriorment en l'espigall. Els darrers anys, s'ha anat fent selecció per la morfologia de la planta i de la part comestible. S'ha buscat una planta d'espigall amb fulles el més retallades possibles, brotons més grans, més alta i que ofereixi un producte més atractiu a l'ull del consumidor. En aquesta selecció, s'ha pressuposat que aquestes plantes eren les que més produïen, ja que l'aspecte vigorós de la planta també es tenia en compte a l'hora de fer la selecció, però no s'ha comprovat quantitativament, i això és el que farem aquí (Figura 8). Per confirmar si la selecció s'ha fet a favor de l'augment del rendiment per planta, hem comparat la primera selecció, feta al 2014, i la darrera, feta al 2018. Si la producció ha augmentat al llarg dels anys de selecció podríem pensar que l'idiotip marcat morfològicament, també dóna una major producció, i per tant, aquests caràcters podrien estar lligats. Això seria l'òptim.



**Figura 8.** Fenotipant el material vegetal al camp de Can Girona.

## 1.6. Antecedents

La Fundació Miquel Agustí (FMA) és un equip de treball enfocat a la preservació i millora de varietats agrícoles tradicionals catalanes amb l'objectiu de promoure i recuperar aquestes en el sector agrícola i alimentari.

Des de fa uns anys, la FMA va iniciar, amb la col·laboració de la Diputació de Barcelona, un projecte anomenat EGEsNat (Espigalls del Garraf- Espais Naturals amb Denominació d'Origen Protegida) que té per objectiu dinamitzar l'agricultura del Parc Natural del Garraf a través de la recuperació de l'espigall del Garraf, una varietat tradicional de la zona. Aquest projecte consta de dues fases: una primera del 2013 al 2016, i una segona del 2017 al 2020. En la seva segona fase, EGEsNat té, entre d'altres, l'objectiu de certificar la qualitat diferenciada de l'espigall del Garraf mitjançant la realització d'assajos lligats a la descripció objectiva del vincle producte-territori.

El present treball s'emmarca dins d'aquest objectiu i contribueix, a més a més, a l'anàlisi de la feina de selecció feta des de l'inici del programa de selecció i millora de l'espigall del Garraf.

## 2. Objectius

Els principals objectius d'aquest treball són:

- Determinar l'efecte genètic i ambiental sobre el rendiment de l'espigall del Garraf (*Brassica oleracea* L.).
- Caracteritzar agronòmica, morfològica, i quantitativament la nova varietat d'espigall del Garraf la qual no s'ha estudiat encara, doncs es tracta de la població de selecció del 2018.
- Determinar la diferència del valor fenotípic dels caràcters seleccionats sobre la població de la selecció del 2018 respecte la del 2014.

## 3. Materials i mètodes

### 3.1. Material vegetal

S'han utilitzat quatre varietats diferents de l'espècie *B. oleracea*.

D'una banda, dos genotips de col ramificada corresponents a la varietat tradicional espigall del Garraf. D'aquesta varietat, hem assajat dos genotips diferents: BRAS0004, corresponent a una selecció feta l'any 2014, i BRAS0195, que correspon a la nova varietat de la selecció feta l'any 2018 i que no ha sigut estudiada encara.

D'altra banda, dos genotips híbrids F1 comercials de bròcoli: el cultivar Parthenon de la casa comercial Sakata, identificat amb el codi BRAS2142, i el cultivar Monflor de la casa comercial Syngenta, que correspondria al genotip BRAS2072.

### 3.2. Disseny experimental

L'estudi s'ha realitzat en tres camps situats a la comarca del Garraf:

- Localitat 1, camp 1 = Sínia Pujadas (Figura 9) (Vilanova i la Geltrú, 41°13'22.7"N 1°41'25.0"E UTM).
- Localitat 2, camp 2 = Sínia Sant Gervasi (Figura 10) (Vilanova i la Geltrú, 41°12'53.1"N 1°42'56.6"E UTM).
- Localitat 3, camp 3 = Can Girona (Figura 11) (Sitges, 41°14'05.4"N 1°46'36.7"E UTM).

Als tres camps, hem emprat un disseny de blocs a l'atzar amb 3 repeticions i 12 plantes per parcel·la elemental. Hem plantat un total de 144 plantes a cada camp (12 plantes/bloc x 3 blocs = 36 plantes/genotip x 4 genotips = 144 plantes/localitat). D'aquestes 144 plantes per camp, hem registrat algunes baixes, degut a diversos factors.

Al camp 1 (Localitat 1) (Figura 9) s'han distribuït les plantes en dues línies de cultiu plantades a portell. Altrament, s'ha utilitzat un encoixinat de plàstic negre per tal d'evitar el creixement de males herbes que competeixin pels mateixos recursos que les nostres plantes, i conseqüentment



alenteixin el seu creixement. A més d'això, aquest encoixinat també contribuirà en la retenció d'humitat.

#### SÍNIA PUJADAS (VILANOVA I LA GELTRÚ)

Línia 2	Bloc	n	Línia 1	Bloc	n
BRAS0195	B2	3	BRAS0195	B2	9
BRAS2072	B2	12	BRAS2142	B2	12
BRAS2142	B3	12	BRAS0004	B2	12
BRAS0004	B3	12	BRAS2142	B1	12
BRAS2072	B3	12	BRAS0004	B1	12
BRAS0195	B3	12	BRAS0195	B1	12



PER OMPLIR BRAS0195 18 BRAS2072 B1 12

**Figura 9.** A l'esquerra, distribució del camp Sínia Pujadas, i a la dreta, una fotografia d'aquest (n = nombre de mostres).

Al camp 2 (Localitat 2) (Figura 10) s'han distribuït les plantes en tres línies de cultiu. Aquí, igual que en el camp 1, s'ha utilitzat un encoixinat de plàstic negre. En aquest camp, s'han descartat els blocs de la part final del camp, ja que les plantes que els conformaven presentaven un creixement atípic. No sabem si pel sòl, l'herbicida aplicat al començament del cultiu, o qualsevol altra raó.

#### SÍNIA SANT GERVASI (VILANOVA I LA GELTRÚ)

Bloc 1	n	Bloc 2	n	Bloc 3	n
BRAS0195	10	BRAS0195	9	BRAS0195	9
BRAS2142	12	BRAS0004	12	BRAS2072	12
BRAS0004	12	BRAS2142	12	BRAS0195	12
BRAS2072	12	BRAS0195	12	BRAS0004	12
BRAS0195	12	BRAS2072	12	BRAS2142	12
BRAS0195	7	BRAS0195	7	BRAS0195	7



**Figura 10.** A l'esquerra, distribució del camp Sínia Sant Gervasi, i a la dreta, una fotografia d'aquest (n = nombre de mostres).

Al camp 3 (Localitat 3) (Figura 11) s'han distribuït les plantes en tres línies de cultiu sense encoixinat. En aquest cas, es tracta d'un cultiu ecològic, per tant, els herbicides han estat eliminats.

CAN GIRONA (SITGES)					
Bloc 1	n	Bloc 2	n	Bloc 3	n
BRAS2072	12	BRAS0004	12	BRAS2142	12
BRAS0195	12	BRAS2142	12	BRAS0004	12
BRAS0004	12	BRAS0195	12	BRAS2072	12
BRAS2142	12	BRAS2072	12	BRAS0195	12



**Figura 11.** A l'esquerra, distribució del camp Can Girona, i a la dreta, una fotografia d'aquest (n = nombre de mostres).

El cultiu a les tres localitats s'ha dut a terme des del setembre del 2018 fins el març del 2019.

### 3.3. Fenotipat de caràcters morfoagronòmics

Els caràcters estudiats en aquest treball, són els presentats a continuació:

#### Alçada

Alçada de les plantes mesurades des del terra, fins la fulla més alta en centímetres. Els espigalls, mesurats el dia del seu desullat (on es retirarà l'ull de la planta, tija central), i els bròcolis, el dia de la primera collita.

#### Període de collita

Calculem el període de collita restant l'últim dia en que collim la planta menys el primer dia en que la vam collir. Això serà a excepció del genotip BRAS2142, on només hem collit una vegada, ja que un cop collida la capça principal, no produeix res més comercial. En aquest cas, calculem el

període de collita del genotip, és a dir, el dia que collim l'última planta menys el dia que hem collit la primera.

### **Pes**

En grams. En cas dels bròcolis, pesarem la capça principal i els brots secundaris quan es tracta del genotip BRAS2072. En el cas dels espigalls, pesem tots els espigalls i brots collits per planta.

### **Número de brots**

Número de brots laterals per cada planta de BRAS2072.

### **Número de d'espigalls**

Número d'unitats de brots i espigalls per planta dels genotips BRAS0004 i BRAS 0195.

### **Diàmetre petit i gran capça principal**

Diàmetre petit i gran de la capça principal (Figura 12), en centímetres.



**Figura 12.** Mesures del diàmetre petit i gran de les capces o caps principals.

### **Llargada de la capça**

En el cas dels bròcolis, llargada de la capça principal des del punt de tall, fins la part més alta de la capça (Figura 13), en centímetres.



**Figura 13.** Mesures de la llargada de les capces principals.

### **3.4. Anàlisi de sòl: característiques edàfiques**

Per poder veure si els nutrients i altres característiques edàfiques estan correlacionats amb el rendiment i els caràcters que estudiarem, hem dut a terme una anàlisi de sòl dels camps on hem realitzat els assajos. Per fer-ho, de cada camp hem agafat tres mostres de sòl de cada línia de cultiu: una al principi de la línia, una altra al mig i, l'última, al final de la línia. Tot seguit, hem enviat aquestes mostres per analitzar a l'empresa Eurofins.

### **3.5. Anàlisi estadística**

Per analitzar les dades obtingudes en el treball de camp, hem utilitzat l'entorn de programari lliure RStudio (Team 2009) i els paquets Agricolae (Mendiburu 2019), SensoMiner (Husson *et al.* 2017) i FactoMiner (Sebastien *et al.* 2008).

Les dades del fenotipat s'han analitzat mitjançant un anàlisi de la variància (ANOVA) ( $p \leq 0.05$ ) seguit d'un test de comparació de mitjanes amb el mètode de comparació múltiple de diferència mínima significativa (LSD). Aquest mètode l'hem utilitzat en els paràmetres que presentaven diferències significatives en l'ANOVA i ens mostra, mitjançant lletres, les diferències entre les mitjanes. És a dir,

els que aquest test agrupi amb les mateixes lletres, podríem dir que les seves mitjanes no difereixen significativament.

Les dades de l'anàlisi de sòl s'han analitzat mitjançant un Anàlisi de Components Principals (PCA).

Finalment, s'ha realitzat un test de correlacions genètiques i ambientals. Les correlacions genètiques s'han calculat amb les dades de fenotipat, a partir dels valors fenotípics mitjans de les 4 varietats per a tots els caràcters compartits avaluats. Les correlacions ambientals s'han calculat amb les dades de fenotipat i les característiques edàfiques, a partir dels valors mitjans per localitat de tots els caràcters fenotípics estudiats.



## 4. Resultats i discussió

### 4.1. Caràcters agronòmics de la planta

Per l'anàlisi de les dades fenotípiques recopilades durant sis mesos, en primer lloc, hem realitzat una taula resum (Taula 2). A continuació, hem realitzat una anàlisi de la variància (ANOVA) (Taula 3 i 6), i una comparació mitjanes (Taula 4, 5, 7 i 8). D'aquesta manera, hem pogut determinar l'existència de diferències significatives pels factors genotip, localitat, bloc i planta i la interacció dels factors genotip i localitat. Per una banda, hem realitzat una ANOVA entre els dos genotips d'espigall, per tal de confirmar estadísticament una millora en el rendiment de la darrera població de selecció respecte de la primera. D'altra banda, hem fet el mateix anàlisi però comparant tots els genotips. D'aquesta manera, podrem estudiar l'espigall del Garraf respecte altres varietats més comercials.

A la Taula 2 podem veure els resultats obtinguts resumits a partir de totes les mesures i dades obtingudes en el treball de camp. Les files en blanc, es deuen a la inexistència de valors per aquell genotip i caràcter. Pel que fa al número de brots, el genotip (BRAS2142) no produeix brots i només es cull un cop la capça principal. D'igual manera, ambdós diàmetres i la llargada no són caràcters que s'hagin pogut mesurar en espigalls.

Sense fer l'anàlisi estadística encara, podem veure com tots els caràcters que ens interessin (alçada, pes, dies a la collita etc.) han millorat a través de la selecció feta durant quatre anys en espigalls (BRAS0004 i BRAS0195). També podem veure, que en relació al pes per planta, a més d'haver augmentat, el coeficient de variació ha disminuït, cosa que ens interessarà per tenir plantes més homogènies. Això ja és un bon resultat i explicaria que durant aquest temps la selecció no s'ha fet a cegues pel que fa al rendiment i hem obtingut una població millor pel que fa a aquest caràcter.

D'altra banda, veiem que també seria més rentable el bròcoli Monflor (BRAS2072) i no obstant és menys utilitzat entre els agricultors que el Parthenon (BRAS2142). Abans de fer l'anàlisi estadística, veiem que el BRAS2072 té menys dies a la collita (collirem abans), un pes total més elevat i una producció continuada de caps laterals que el Parthenon no té. La raó de que s'utilitzi el cultivar Parthenon és segurament per demanda del consumidor. Pot ser més atractiu a la vista, tenir millor gust o qualsevol altra cosa, però en la meua opinió es podria fer investigació i estudis de millora per

tal de que consumidor i agricultor tinguessin el que els hi anés millor a cadascun. És a dir, poder arribar a tenir una planta rentable per al agricultor i alhora que satisfés al consumidor.

**Taula 2.** Taula resum dels diferents caràcters estudiats (n= nombre de mostres;  $\pm$ D.E.= desviació estàndard; Mín.= valor mínim; Màx.= valor màxim; CV= coeficient de variació).

ALÇADA (cm)							PES TOTAL PER PLANTA (g)						
Genotip	n	Mitjana	$\pm$ D.E.	Mín.	Màx.	CV	n	Mitjana	$\pm$ D.E.	Mín.	Màx.	CV	Pes total
BRAS 2072	74	54.4	6.59	41	67	12%	74	744.50	302.57	334	1580	41%	55093
BRAS 2142	79	57.2	9.45	39	79	17%	79	576.18	170.29	263	1058	30%	45518
BRAS 0004	70	83.0	8.95	62	107	11%	70	760.54	383.16	176	2076	50%	53238
BRAS 0195	75	88.7	12.59	60	116	14%	75	917.51	409.26	73	2213	45%	68813
PERIODE COLLITA (dies)							NÚMERO DE BROTS I ESPIGALLS PER PLANTA						
Genotip	n	Mitjana	$\pm$ D.E.	Mín.	Màx.	CV	n	Mitjana	$\pm$ D.E.	Mín.	Màx.	CV	Pes mitjà unitat
BRAS 2072	74	71.6	5.21	60	79	7%	74	35.4	13.41	2	78	38%	10.25
BRAS 2142	79	26.0	7.81	21	35	30%	79						
BRAS 0004	70	81.9	14.83	45	94	18%	70	23.1	9.94	8	59	43%	32.94
BRAS 0195	75	81.3	12.80	41	94	16%	75	30.0	12.03	3	65	40%	30.49
DIÀMETRE PETIT CAPÇA PRINCIPAL (cm)							DIÀMETRE GRAN CAPÇA PRINCIPAL (cm)						
Genotip	n	Mitjana	$\pm$ D.E.	Mín.	Màx.	CV	n	Mitjana	$\pm$ D.E.	Mín.	Màx.	CV	
BRAS 2072	74	16.0	3.15	9	24	20%	74	18.0	3.58	11	25	20%	
BRAS 2142	79	15.9	1.80	12	20	11%	79	17.2	1.93	12	22	11%	
BRAS 0004	70						70						
BRAS 0195	75						75						
LLARGADA DE LA CAPÇA (cm)							DIES COLLITA						
Genotip	n	Mitjana	$\pm$ D.E.	Mín.	Màx.	CV	n	Mitjana	$\pm$ D.E.	Mín.	Màx.	CV	
BRAS 2072	74	20.9	5.06	11	32	24%	74	68.6	4.16	62	76	6%	
BRAS 2142	79	15.5	2.08	11	20	13%	79	99.0	9.43	85	120	10%	
BRAS 0004	70						70	86.8	14.02	76	120	16%	
BRAS 0195	75						75	84.7	11.81	76	129	14%	

## 4.2. Test ANOVA i comparació de mitjanes

En la Taula 3, podem veure les diferències significatives ( $p \leq 0.05$ ) ressaltades en blau. Veiem que estadísticament l'alçada, el pes i el número de brots són significativament diferents entre els dos genotips d'espigall. Pel que fa al factor localitat, es veuen diferències significatives en el pes, el període de collita, el número de brots i els dies a la collita. De la mateixa manera, observem diferències significatives entre blocs i entre plantes en alguns caràcters però que no analitzarem. Això ens mostra l'interès d'haver agafat moltes mostres per analitzar les dades, ja que sinó podríem haver arribat a conclusions errònies pel simple fet de que podríem tenir dades no representatives d'una població.



**Taula 3.** Resultats de l'ANOVA en la comparació d'espigalls (BRAS0004 i BRAS0195) de diferent selecció segons diferents factors. Valors i significació de l'estadístic F ( $p \leq 0.05$ ).

	Alçada	Pes	Període collita	Número de brots	Dies collita
Genotip	0.008539	0.022642	0.71612	0.0003386	0.19788
Localitat	0.062628	0.001755	3.43E-16	0.0037625	3.25E-13
Bloc:Localitat	0.745539	0.04122	0.38839	0.0150035	0.01193
Planta:Bloc:Localitat	0.98953	0.921574	0.02449	0.776534	0.25752

Tot seguit, analitzarem aquests valors significatius amb el test de comparació de mitjanes, que ens acabarà de definir i classificar aquestes diferències.

A la Taula 4, podem comprovar, efectivament, que la selecció de 2018 (BRAS0195) ha millorat en comparació a la de 2014 (BRAS0004): tant l'alçada, com el pes i el número de brots són superiors i significativament diferents en la darrera selecció d'espigall.

**Taula 4.** Resultats de la comparació de mitjanes dels caràcters significativament diferents pel factor genotip en els espigalls. LSD: *Least Significant Difference*  $p \leq 0.05$ .

Genotip	Alçada		Pes		Número de brots	
BRAS 0195	88.7	a	917.51	a	30.0	a
BRAS 0004	83.0	b	760.54	b	23.1	b

Pel que fa a la localitat, (Taula 5) podem veure diferents classificacions pels diferents caràcters significatius. De la mateixa manera, veiem que pel que fa als caràcters relacionats amb el rendiment (pes i número de brots), el comportament és el mateix en les localitats 1 i 3. Això ens podria fer pensar que l'espigall està ben adaptat i podria ser viable en qualsevol localitat del Garraf. El fet que en la localitat 2 aquests caràcters es mostrin significativament més baixos, podria ser degut a l'herbicida aplicat a l'inici del cultiu que, com ja hem comentat més amunt, ens va fer desestimar tot un bloc de l'assaig. Els caràcters fenològics són els més influenciats per la localitat, sobretot els dies a la collita (Taula 5).

**Taula 5.** Resultats de la comparació de mitjanes dels caràcters significativament diferents pel factor genotip en els espigalls. LSD: *Least Significant Difference*  $p \leq 0.05$ . Localitat 1 (Sínia Pujadas), 2 (Sínia Sant Gervasi), 3 (Can Girona).

Localitat	Pes		Dies collita		Període collita		Número de brots	
1	946.43	a	77.4	c	92.6	a	29.1	a
2	658.07	b	96.4	a	72.7	b	22.1	b
3	888.44	a	85.9	b	75.9	b	28.2	a



En la Taula 6 podem veure que, pel que fa al factor genotip, tots els caràcters són significativament diferents menys el diàmetre petit i gran de la capça principal. És a dir, que els diàmetres dels bròcolis són estadísticament iguals entre els dos genotips estudiats. Quant al factor localitat, aquest presenta diferències significatives per tots els caràcters estudiats. Pel que fa la interacció entre el factor genotip i localitat, obtenim uns resultats interessants. Que la interacció entre aquests factors no sigui significativa, com és el cas del pes i número de brots, significa que per aquests caràcters, el genotip no variarà en funció de la localitat o ambient. En aquest cas, els genotips estudiats, pel que fa al pes i el número de brots es comportaran d'igual manera en els diferents camps. Això és un resultat positiu ja que aquests caràcters són els més representatius del rendiment i ens interessa molt que això sigui d'aquesta manera. Igual que per a la Taula 3, no analitzarem les diferències significatives entre blocs i plantes ja que no seran rellevants per a les nostres conclusions.

**Taula 6.** Resultats de l'ANOVA en la comparació de tots els diferents genotips d'espigalls i bròcolis (BRAS2072, BRAS2142, BRAS0004 i BRAS0195) segons diferents factors. Valors i significació de l'estadístic F ( $p \leq 0.05$ ).

	Alçada	Pes	Període collita	Número de brots	Dies collita	Diàmetre petit	Diàmetre gran	Llargada de la capça
Genotip	< 2.2e-16	2.24E-09	< 2.2e-16	4.04E-09	< 2.2e-16	0.8236312	0.0657766	1.25E-13
Localitat	2.04E-07	1.67E-07	< 2.2e-16	0.0002408	< 2.2e-16	0.0003758	0.0003449	1.37E-05
Genotip x Localitat	0.0004556	0.1908	6.82E-08	0.960947	4.66E-10	0.0138685	0.0038233	3.60E-05
Bloc:Localitat	0.0390577	3.63E-06	0.28533	4.39E-07	0.02137	0.5641249	0.5776985	0.1144
Planta:Bloc:Localitat	0.9545	0.9349	0.03007	0.6503016	0.01707	0.7970982	0.6982568	0.7516

Analitzarem a continuació les diferències entre els altres caràcters.

Primerament, cal dir que el valor que trobem en groc (Taula 7), no està pres de la mateixa manera que pels altres genotips. Recordem que per aquest genotip (BRAS2142), el valor presentat del període de collita només és d'una sola collita.

Pel que fa al pes, BRAS0195 és el genotip que més produeix seguit de BRAS0004 i BRAS2072 que no es diferencien significativament entre ells però sí del genotip més productiu (BRAS0195) i del menys productiu (BRAS2142) (Taula 7). Pel que fa a l'alçada, BRAS0195 és el genotip més alt seguit de BRAS0004 i dels genotips BRAS2072 i BRAS2142 que no difereixen significativament entre ells i que, ja d'entrada, sabíem que fan plantes notablement més baixes. Finalment, quant al número de brots, tots difereixen significativament, sent BRAS2072 el més productiu (caps laterals) i BRAS0004 el menys productiu (Taula 7).

Pel que fa als bròcolis veiem que pel caràcter rendiment (pes), el Monflor (BRAS2072) que es la nova varietat, té uns valors més elevats per planta que el Parthenon (BRAS2142) (Taula 7). Cosa que



es podia preveure per l'aparició continuada dels caps laterals. També veiem que per la capça principal, la llargada del Monflor és significativament major, fet que intuïem que seria així per les característiques de la varietat.

Pel que fa a la localitat (Taula 8), trobem diferències significatives en els caràcters fenològics, com ja hem observat abans (Taula 5). També veiem en l'alçada, pes i número de brots en la localitat 2 que els seus valors són significativament diferents i bastant inferiors als de les altres localitats com també hem remarcat anteriorment.

**Taula 7.** Resultats de la comparació de mitjanes dels caràcters significativament diferents pel factor genotip en tots els diferents genotips. LSD: *Least Significant Difference*  $p \leq 0.05$ .

Genotip	Alçada		Pes		Període collita		Número de brots		Dies collita		Llargada de la capça	
BRAS 2072	54.4	c	744.50	b	71.6	b	35.4	a	68.6	c	20.9	a
BRAS 2142	57.2	c	576.18	c	26.0	c			99.0	a	15.5	b
BRAS 0004	83.0	b	760.54	b	81.9	a	23.1	c	86.8	b		
BRAS 0195	88.7	a	917.51	a	81.3	a	30.0	b	84.7	b		

**Taula 8.** Resultats de la comparació de mitjanes dels caràcters significativament diferents pel factor localitat en tots els diferents genotips. LSD: *Least Significant Difference*  $p \leq 0.05$ .

Localitat	Alçada		Pes		Període collita		Número de brots		Dies collita		Diàmetre petit		Diàmetre gran		Llargada de la capça	
1	73.3	a	852.16	a	86.9	a	31.6	a	80.0	c	17.1	a	18.6	a	18.5	a
2	66.5	c	609.40	c	72.3	b	25.0	b	91.9	a	16.0	ab	17.8	ab	19.5	a
3	70.1	b	751.16	b	72.4	b	31.5	a	84.5	b	15.1	b	16.6	b	16.8	b

### 4.3. Característiques edàfiques de les localitats d'assaig

A la Taula 9, podem veure el resum de l'anàlisi de sòl que s'ha dut a terme. La major part dels valors són adequats i bastant semblants entre ells, a excepció dels següents: la matèria orgànica és molt alta en la localitat 3 mentre que en les altres localitats és mitjana. La localitat 2 resulta ser un sòl extremadament calcari, mentre que en les altres és de molt calcari. Per últim, els nivells de potassi són molt alts en les localitats 1 i 3. Els altres nutrients es troben en valors alts, però de forma similar en les tres localitats.

**Taula 9.** Taula resum de l'anàlisi de sòl fet en cadascun dels camps (L1: Sínia Pujadas, L2: Sínia Sant Gervasi, L3: Can Girona. Dades obtingudes per l'empresa Eurofins).

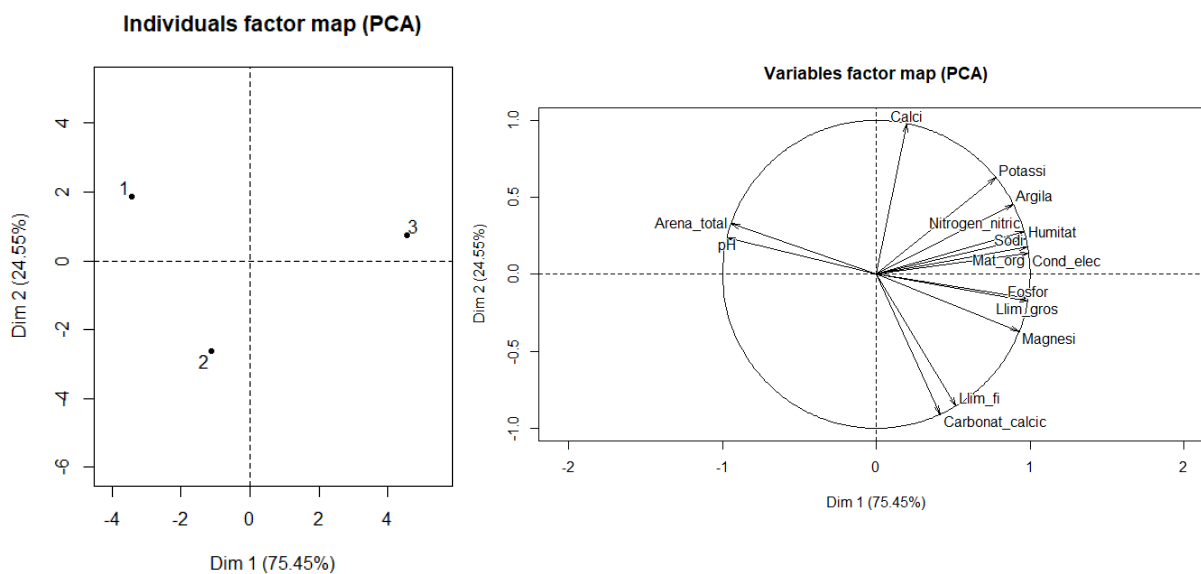
	Localitat 1	Localitat 2	Localitat 3
Humitat (%)	1	1.03	1.54
pH	8.7	8.5	8.3
Cond. Elec. (dS/m)	0.165	0.174	0.222
Mat. Orgànica (% s.m.s)	1.67	2.33	5.91
Carbonat Càlcic Equiv. (% s.m.s)	35	43	40
Nitrògen Nítric (mg/kg s.m.s)	4.6	4.6	10.8
Fosfor (mg/kg s.m.s)	50	110	190
Potassi (mg/kg s.m.s)	521	340	806
Calci (mg/kg s.m.s)	6791	6517	6779
Magnesi (mg/kg s.m.s)	290	446	541
Sodi (mg/kg s.m.s)	29	38	109
Arena Total (0.05 < D < 2mm) %	32.5	28.6	25.8
Llim Gros (0.02 < D < 0.05 mm) %	20	21.6	23.6
Llim Fi (0.002 < D < 0.02 mm) %	14.6	17.2	16.5
Argila (D < 0.002 mm) %	32.9	32.6	34.1
Classe Textural USDA	Franco-argilosa	Franco-argilosa	Franco-argilosa

Per interpretar més fàcilment les semblances i/o diferències entre els diferents sòls, s'ha realitzat una anàlisi de components principals (PCA) considerant tots els factors edàfics analitzats (Figura 14). En el PCA el 100% de la variància és explicada a partir de dos components principals (24.55% Dim1 + 75.45% Dim2). El primer component està correlacionat positivament amb la conductivitat elèctrica (0.99), el contingut en matèria orgànica (0.99), el percentatge de llim gros (0.98), els continguts de nutrients: fòsfor (0.99), sodi (0.98), nitrogen nítric (0.96) i magnesi (0.93) i la humitat (0.97), i negativament amb el pH (-0.97) i el percentatge d'arena total (-0.94). El segon component està correlacionat positivament amb el calci (0.98) i negativament amb el carbonat càlcic (-0.91) i el percentatge de llim fi (-0.86) (Figura 14).

A la figura 14 podem veure la distribució dels sòls assajats en el pla descrit pels dos components principals. Al quadrant superior esquerre, trobem la localitat 1, que es caracteritza pel seu alt pH i per ser un sòl arenós. Pel contrari, presenta una baixa quantitat magnesi. Al quadrant superior dret, trobem la localitat 3, caracteritzat majoritàriament per ser un sòl amb nivells alts de matèria orgànica i conductivitat elèctrica. Finalment, al quadrant inferior esquerre, trobem la localitat 2,



caracteritzada per tenir uns nivells elevats de carbonat càlcic i llim fi, i un dèficit de calci respecte les altres localitats. Aquest resultat de la PCA han estat contrastats i confirmats amb la Taula 9.



**Figura 14.** Configuració dels sòls (1= Localitat 1; 2= Localitat 2; 3=Localitat 3) i dels paràmetres edàfics determinats sobre el primer pla de la PCA. L'eix horitzontal destaca el contingut de matèria orgànica (Mat\_org), conductivitat elèctrica (Cond\_elec) i contingut de nutrients, oposat al pH i contingut d'arena total. L'eix vertical oposa el contingut de calci i el contingut de carbonat càlcic i llim fi.

A la Taula 10 i 11 es mostren valors de les correlacions de les variables i també la importància de cadascuna d'elles en les components principals.

**Taula 10.** Contribució de cada variable a cada component (Dim).

	<b>Dim.1</b>	<b>Dim.2</b>
Humitat	8.3601538	1.4609915
pH	8.3358546	1.5356859
Cond_elec	8.6727225	0.5001748
Mat_org	8.6673825	0.5165895
Carbonat_calcic	1.5144563	22.5042437
Nitrogen_nitric	8.1440827	2.1251809
Fosfor	8.6172601	0.6706627
Potassi	5.3510146	10.7108999
Calci	0.3533204	26.073504
Magnesi	7.6229436	3.7271302
Sodi	8.5502499	0.876648
Arena_total	7.8826475	2.9288165
Llim_gros	8.5644873	0.832883
Llim_fi	2.366205	19.8860207
Argila	6.9972193	5.6505684

**Taula 11.** Valor de correlació de cada variable.

	<b>Dim.1</b>	<b>Dim.2</b>
Humitat	0.9727318	0.2319328
pH	-0.9713171	0.2377878
Cond_elec	0.9907491	0.1357061
Mat_org	0.9904441	0.1379149
Carbonat_calcic	0.4140134	-0.9102708
Nitrogen_nitric	0.9600792	0.2797283
Fosfor	0.9875761	-0.1571413
Potassi	0.778223	0.6279881
Calci	0.1999725	0.9798015
Magnesi	0.9288537	-0.3704467
Sodi	0.9837288	0.1796598
Arena_total	-0.9445437	0.3283859
Llim_gros	0.9845475	-0.1751178
Llim_fi	0.5175022	-0.8556819
Argila	0.8899154	0.4561256

#### **4.4. Correlacions ambientals i genètiques entre els caràcters morfoagronòmics i relació amb les característiques edàfiques**

A la Taula 12, podem veure les correlacions entre les dades de l'anàlisi de sòl i la localitat. Veiem ressaltats en groc les correlacions significatives. Com podem observar, encara que al principi penséssim que una correlació de 0.9 era alta, només les de 0.99 han resultat ser significatives.

Com a resultats interessants hem obtingut que l'alçada està correlacionada positivament amb el pes, cosa que ja podíem intuir, però que hem acabat de confirmar. Pel contrari, el pes està correlacionat negativament amb els dies a la collita.

Entre caràcters de rendiment i característiques edàfiques, podem veure correlacionats el pH amb el diàmetre petit de la capça, el fòsfor i el diàmetre gran de la capça, el potassi amb la llargada de la capça, el calci i el número de brots, l'arena total amb el diàmetre petit de la capça, i finalment el llim gros amb el diàmetre gran de la capça.

El fòsfor és un dels 17 elements essencials per les plantes, i juga un paper important en el metabolisme i emmagatzematge d'energia, la fotosíntesi, en el transport d'altres nutrients etc. Un dels símptomes de la manca de fòsfor son la floració tardana, retard del creixement vegetatiu, i tiges curtes i primes (INTAGRI, 2017). Això ens pot fer pensar que, efectivament, el diàmetre del bròcoli pot estar correlacionat amb la quantitat de fòsfor al sòl. Quant al potassi, aquest és utilitzat per la planta per mantenir la pressió de turgència de la cèl·lula (Bloodnick, 2018). Aquesta podria ser una de les causes per les quals els nivells de potassi en el sòl afecten a la llargada de la capça principal. Fòsfor i potassi estan correlacionats amb característiques morfològiques de la capça.

Finalment, pel que fa al calci, unes de les seves funcions en les plantes és l'allargament cel·lular i el reforçament de les parets cel·lulars (Sanabria, 2008). Això podria explicar la seva relació amb el creixement de nous brots.

**Taula 12.** Taula de correlacions ambientals entre caràcters morfoagronòmics i les característiques edàfiques, ressaltat en groc els valors significatius. Valors i significació de l'estadístic F ( $p \leq 0.05$ ).

	Alçada	Pes	Periode_collita	Numero_brots	Dies_collita	Diametre_petit	Diametre_gran	Llargada_capça	Humitat	pH	Cond_elec	Mat_org	Carbonat_calcic	Nitrogen_nitric	Fosfor	Potassi	Calci	Magnesi	Sodi	Arena_total	Llim_gros	Llim_fi	Argila
Alçada	1.000	0.998	0.852	0.889	-0.994	0.520	0.366	-0.398	-0.015	0.470	-0.113	-0.111	-0.984	0.034	-0.396	0.416	0.900	-0.588	-0.069	0.551	-0.413	-0.957	0.222
Pes		1.000	0.817	0.916	-0.999	0.466	0.307	-0.454	0.047	0.414	-0.051	-0.048	-0.971	0.096	-0.338	0.472	0.926	-0.537	-0.006	0.498	-0.355	-0.937	0.283
Periode_collita			1.000	0.517	-0.792	0.891	0.799	0.142	-0.537	0.863	-0.617	-0.615	-0.931	-0.495	-0.819	-0.122	0.538	-0.925	-0.581	0.907	-0.829	-0.967	-0.322
Numero_brots				1.000	-0.932	0.071	-0.102	-0.774	0.445	0.013	0.355	0.357	-0.794	0.489	0.069	0.787	1.000	-0.152	0.396	0.108	0.051	-0.717	0.645
Dies_collita					1.000	-0.427	-0.266	0.492	-0.090	-0.374	0.008	0.005	0.960	-0.139	0.297	-0.510	-0.941	0.500	-0.037	-0.460	0.314	0.921	-0.324
Diametre_petit						1.000	0.985	0.577	-0.862	0.998	-0.907	-0.906	-0.663	-0.836	-0.990	-0.560	0.096	-0.997	-0.888	0.999	-0.993	-0.746	-0.717
Diametre_gran							1.000	0.708	-0.936	0.993	-0.966	-0.965	-0.524	-0.918	-0.999	-0.694	-0.076	-0.968	-0.954	0.978	-0.999	-0.620	-0.826
Llargada_capça								1.000	-0.911	0.623	-0.867	-0.868	0.230	-0.931	-0.685	-1.000	-0.758	-0.508	-0.888	0.546	-0.672	0.114	-0.983
Humitat									1.000	-0.890	0.995	0.995	0.192	0.999	0.924	0.903	0.422	0.818	0.999	-0.843	0.917	0.305	0.971
pH										1.000	-0.930	-0.929	-0.619	-0.866	-0.997	-0.607	0.039	-0.990	-0.913	0.996	-0.998	-0.706	-0.756
Cond_elec											1.000	1.000	0.287	0.989	0.957	0.856	0.331	0.870	0.999	-0.891	0.952	0.397	0.944
Mat_org												1.000	0.285	0.989	0.956	0.857	0.333	0.869	0.999	-0.890	0.951	0.395	0.944
Carbonat_calcic													1.000	0.143	0.552	-0.249	-0.809	0.722	0.244	-0.690	0.567	0.993	-0.047
Nitrogen_nitric														1.000	0.904	0.923	0.466	0.788	0.995	-0.815	0.896	0.257	0.982
Fosfor															1.000	0.670	0.044	0.976	0.943	-0.984	1.000	0.646	0.807
Potassi																1.000	0.771	0.490	0.878	-0.529	0.656	-0.135	0.979
Calci																	1.000	-0.177	0.373	0.133	0.025	-0.735	0.625
Magnesi																		1.000	0.847	-0.999	0.979	0.798	0.658
Sodi																			1.000	-0.870	0.937	0.355	0.957
Arena_total																				1.000	-0.987	-0.770	-0.691
Llim_gros																					1.000	0.659	0.796
Llim_fi																						1.000	0.070
Argila																							1.000



Quant a la correlació genètica entre caràcters fenotípics, no hem trobat cap correlació significativa (Taula 13 i 14). En aquestes taules (Taula 13 i 14) però, no apareixen les dades del número de brots, els diàmetres de la capça ni la llargada d'aquesta perquè són caràcters que no es van avaluar en tots els genotips estudiats i, per tant, n s'han pogut analitzar.

Encara que podem veure (Taula 13) que hi ha valors amb una correlació bastant elevada, aquesta no és significativa, com en el cas del pes i l'alçada, igual que el període de collita i el pes.

**Taula 13.** Taula de correlacions genètiques entre els caràcters morfoagronòmics.

	<b>Alçada</b>	<b>Pes</b>	<b>Periode_collita</b>	<b>Dies_collita</b>
Alçada	1.00	0.76	0.66	0.14
Pes		1.00	0.87	-0.45
Periode_collita			1.00	-0.63
Dies_collita				1.00

**Taula 14.** Taula dels p-valors de les correlacions genètiques i els diversos caràcters morfoagronòmics.

<b>pvalor</b>	<b>Alçada</b>	<b>Pes</b>	<b>Periode_collita</b>	<b>Dies_collita</b>
Alçada	1.00	0.24	0.34	0.86
Pes		1.00	0.13	0.55
Periode_collita			1.00	0.37
Dies_collita				1.00



## Conclusions

Dels resultats i discussions d'aquest treball de final de grau, en podem treure les següents conclusions:

- L'última selecció d'espigalls del Garraf (BRAS0195) feta al 2018 presenta un major rendiment que la selecció del 2014 (BRAS0004).
- Els caràcters estudiats han estat influenciats per l'ambient i el genotip.
- Pel que fa als caràcters estudiats, no existeix interacció genotip-localitat en el pes i número de brots. Sent aquests uns caràcters específics del rendiment, obtenim un resultat positiu ja que el rendiment d'aquestes varietats no variarà en la zona del Garraf.
- El factor localitat o ambient ha influït en el rendiment de les varietats estudiades. No obstant això, no hem trobat cap correlació significativa interessant que ens assegurï que el rendiment de la planta està influenciat per les característiques edàfiques del sòl. Podrien estar llavors influenciades per la manera de cultivar dels agricultors (règim hídric, herbicides etc.) o altres factors que no hem pogut quantificar. Això podria ser positiu, ja que voldria dir que aquestes varietats estan ben adaptades a la zona, i que amb coneixement de les plantes i un bon mètode de cultiu, podrien ser rentables en la zona del Garraf.



## Bibliografia

Bloodnick, E., (2018) Rol del potasio en el cultivo de plantas.

Canola Council of Canada: <https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/crop-development/history-of-varietal-development/>

Cartea, M.E. et al., (2010). Phenolic Compunds in *Brassica* vegetables, pp.1-2.

Cartea, M.E. et al., (2011). *Basic information on vegetable Brassica crops*, Genetics,genomics and breeding of vegetable Brassicas, pp.1-33.

Casals, J.(2012). Estudis sobre varietats tradicionals catalanes: la col brotonera (*Brassica oleracea* L.). Fundació Miquel Agustí.

El moderno prometeo: <https://elmodernoprometeo.blogspot.com/2018/02/herencia-leyes-de-mendel.html>

Felipe de Mendiburu (2019). agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-1. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>

Francois Husson, Sebastien Le and Marine Cadoret (2017). SensoMineR: Sensory Data Analysis. R package version 1.23. <https://CRAN.R-project.org/package=SensoMineR>

Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M.G., Vinicieri, F.F, Romani, A., (2005). Antiradical activity and polyphenol composition of local 3 *Brassicaceae* edible varieties.

INNOVAGRI, 2018. Más variedades de cultivo de hoja y brásicas.

INTAGRI, 2017. Síntomas Visuales de Deficiencia de Fósforo en los Cultivos. Serie Nutrición Vegetal Núm. 103. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Ordás, A. i Cartea, M.E., (2008). Cabbage and kale. J. Prohens i F. Nuez, ed., Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae. Pontevedra (Espanya): Springer.

- Oyervides, A., Mariaca, J., D León, H., Reyes, M., (1993). Estimación de parámetros genéticos en una población de maíz tropical.
- Pou, B., (2017). Primera fase d'una programa de selecció de bràssiques d'alt valor afegit adaptades a les condicions edafoclimàtiques del Baix Llobregat.
- Rull, A., Casals, J., Simó, J., (2017). Recuperación y mejora de la variedad tradicional de col "espigall del Garraf" (*Brassica olearcea* L.).
- Sanabria H., (2008). El calcio: gran influencia en el aprovechamiento de otros nutrientes.
- Simó, Joan. "Genòmica i millora genètica". Universitat Politècnica de Catalunya. Castelldefels, Barcelona. 18 gen. 2018.
- Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas:  
<https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/brassica-oleracea-var-italica>
- Sebastien Le, Julie Josse, Francois Husson (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. 10.18637/jss.v025.i01
- Syngenta, 2018: <https://www.syngenta.es/news/eventos/syngenta-muestra-su-innovacion-vegetal-en-fruit-logistica-2018>
- Team, 2009. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74686-7>



## Annexos

A la figura A.1, veiem representada una infografia de la feina feta durant els sis mesos del cultiu. Per arribar als resultats obtinguts, s'ha dut a terme una feina de camp i laboratori important.



Figura A.1. Infografia de la feina feta per arribar als resultats obtinguts.

A continuació, veiem un recull de fotografies de les diverses varietats i genotips de bròcolis i espigalls (Figura A.2; Figura A.3; Figura A.4; Figura A.5).

## BRAS0004



**Figura A.2.** Espigalls del genotip BRAS0004. A dalt, brots collits. A baix a l'esquerra, visió general de la planta. A baix a la dreta, inflorescència de la plantes d'espigall.



## BRAS0195



**Figura A.3.** Espigalls del genotip BRAS0195. A dalt, brots collits. A baix, visió general de la planta.

**BRAS2072**

**Figura A.4.** Bròcolis del genotip BRAS2072, cultivar Monflor. A dalt, caps o capces principals. Al centre a la dreta, caps laterals. A baix, visió general de la planta.



## BRAS2142



**Figura A.5.** Bròcolis del genotip BRAS2142, cultivar Parthenon. A dalt, caps o capces principals. A baix, visió general de la planta.