



# MENGEM VEGETALS TRANSGÈNICS?

AUTORA: ALBA SIMON MATA  
TUTORA: EVA COSTA VILALTA  
INSTITUT BOSCH DE LA COMA  
2018/2019



## Índex

1. Introducció.....	4
1.1. Presentació .....	4
1.2. Motius de l'elecció.....	4
1.3. Estructura.....	4
1.4. Objectius .....	5
2. Introducció a l'enginyeria genètica .....	6
2.1. El descobriment de la cèl·lula .....	6
2.2. Components de la cèl·lula.....	7
3. Què són els transgènics ?.....	12
3.1. Diferència entre un transgènic i un organisme modificat genèticament .	13
4. Història de l'agricultura transgènica .....	16
5. Aplicacions i finalitat dels transgènics .....	19
5.1. En l'àmbit de la investigació.....	19
5.2. En l'àmbit de la medicina .....	20
5.3. En l'àmbit alimentari.....	23
6. Mecanismes per a la creació dels transgènics .....	25
6.1. Aïllament del gen d'interès .....	26
6.2. Clonació dels fragments d'ADN .....	28
6.3. Preparació dels fragments d'ADN per a la introducció.....	29
6.4. Formes d'introducció de l'ADN recombinat a la cèl·lula .....	29
6.5. La inserció de gens .....	35
6.6. Selecció del clon .....	35
6.7. Creació d'una planta transgènica.....	36
7. Avantatges dels aliments transgènics .....	38
7.1. Enfocats al benefici humà .....	38
7.2. Enfocats a la millora en la producció de l'aliment transgènic .....	41

8. Inconvenients dels aliments transgènics .....	44
8.1. Enfocats a la salut humana .....	44
8.2. Enfocats al medi ambient .....	47
8.3. Enfocats en l'impacte social i comercial .....	48
9. Reglamentació de la producció i comercialització dels organismes modificats genèticament.....	50
9.1. Legislació internacional.....	50
9.2. Legislació europea .....	50
9.3. Legislació espanyola.....	52
9.4. Legislació catalana.....	52
9.5. Autorització i control de l'ús dels organismes modificats genèticament .	53
9.6. Reglamentació de l'etiquetatge dels aliments modificats genèticament.	53
10. Producció global dels aliments transgènics vegetals .....	56
11. Estudi de la soja transgènica.....	59
11.1. Entrevista .....	60
11.2. Comparació del creixement i desenvolupament de la soja modificada genèticament i del blat de moro (1 <sup>a</sup> part) .....	67
11.3. Comparació del creixement i desenvolupament de la soja modificada genèticament i del blat de moro (2 <sup>a</sup> part) .....	80
11.4. Estudi de les diferents propietats nutritives de les llets .....	88
11.5. Estudi de les diferents propietats nutritives de la farina de soja utilitzada per a pinso .....	109
12. Conclusions.....	115
13. Agraïments .....	118
14. Bibliografia .....	119
15. Webgrafia.....	119

## 1. Introducció

### 1.1. Presentació

Actualment, la tecnologia s'ha incorporat en molts àmbits i un d'ells també és l'alimentació. S'han creat diversos processos per cultivar els aliments de major qualitat i més ràpidament creant alteracions biològiques en ells mateixos. Un d'aquests casos són els aliments transgènics els quals estan alterats i presenten diferències significatives respecte a les varietats que no ho són.

### 1.2. Motius de l'elecció

Fer un treball de recerca suposa molta feina i moltes hores de dedicació per això l'elecció del tema és un aspecte importantíssim. Inicialment, tot i que sabia que volia fer-lo d'àmbit científic, no tenia una idea de cap a on encaminar-lo. No va ser fins que vaig començar a repassar el temari de biologia de l'any anterior quan vaig veure un apartat dels organismes transgènics i em va semblar una bona idea en què basar el meu treball. Vaig adonar-me que aquest tema podia ser molt ampli per això vaig decidir acotar-lo als aliments transgènics i deixar fora la vessant més farmacèutica. El tema dels aliments transgènics em va agradar des de l'inici perquè la genètica és l'apartat de la biologia que més m'interessa.

### 1.3. Estructura

Aquest treball estarà estructurat en dues parts. La primera serà la teòrica, on exposaré tota la informació sobre el tema i que ocuparà dels apartats 2 al 10 de l'índex. La segona la part més pràctica en la que tractaré amb organismes transgènics per a comprovar de primera mà les seves característiques. Dins de la part pràctica que es troba en l'apartat 11 del treball hi ha diversos estudis realitzats amb un nexa comú: la soja transgènica. Al final de cada un d'ells en faré unes conclusions a manera de resum i valoració i al final del treball un altre sobre tot el que he après sobre el tema i la valoració final del treball.

### 1.4. Objectius

Els objectius que persegueixo al realitzar aquest treball són:

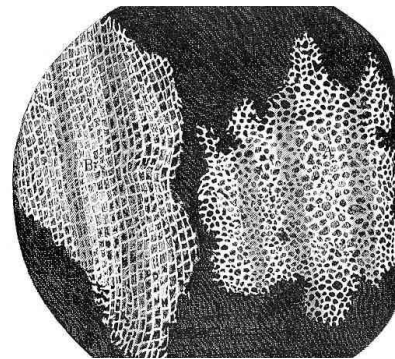
- Investigar els inicis dels aliments transgènics, quan van crear-se i el perquè.
- Quins son els mètodes seguits per crear els diferents tipus d'aliment transgènics.
- Com ens poden arribar a afectar aquests aliments, tant positivament com negativament, en diferents àmbits com el de la salut, l'econòmic...
- Conèixer el volum d'aliments transgènics que s'està produint actualment, tant global com nacional i el seu reglament.
- Fer una anàlisi d'aliments transgènics al laboratori seguint el mètode científic.
- Finalment, després de realitzar el treball, tant la part teòrica com la pràctica vull ser capaç de respondre la pregunta del títol d'aquest treball amb una idea clara.

## 2. Introducció a l'enginyeria genètica

Aquest treball es basa en els coneixements de l'enginyeria genètica, la branca de la genètica que estudia l'ADN i la seva manipulació. Per aquest motiu abans d'endinsar-nos completament en el món dels transgènics és important tenir una base sobre la biologia i la genètica, ja que molts dels conceptes claus que apareixeran al treball són d'aquest àmbit.

### 2.1. El descobriment de la cèl·lula

Un dels descobriments més importants per la biologia es va produir l'any 1665 quan el científic anglès, **Robert Hooke**, va ser capaç de realitzar les primeres observacions microscòpiques de teixits biològics. Utilitzant un microscopi de la seva pròpia creació, amb un màxim de 50 augments, i observant el teixit vegetal del suro **va distingir que estava format per un conjunt de peces** (imatge 1). Com a conseqüència de la similitud que tenien amb les cel·les d'un rusc va anomenar cada fragment d'aquest conjunt *cellulae* en llatí i que actualment coneixem com a **cèl·lula**.



Imatge 1: Observació del teixit vegetal del suro realitzada per Robert Hooke

Font: Imatge extreta de: <https://biolulia.wordpress.com/biolulia/4-eso/1-la-cel%C2%B7lula/1-1-la-teoria-cel%C2%B7lular-i-la-seva-importancia-en-biologia/>

Molts investigadors van seguir l'exemple de Hooke durant els següents anys es van produir millores en els microscopis i noves tècniques de preparacions microscòpiques. Gràcies a aquest fet, **Robert Brown** l'any 1831 va poder distingir diverses estructures en les cèl·lules vegetals, entre elles un corpuscle que va anomenar **nucli**. Nou anys més tard, el zoòleg alemany **Theodor Schwann**, va establir un **paralelisme entre el teixit animal i el vegetal** en observar que el teixit cartilaginós també estava constituït per cèl·lules i en l'interior d'elles també s'hi apreciava un nucli.

A partir d'aquests descobriments es va desenvolupar la **teoria cel·lular** que actualment es té com a vàlida. Aquesta diu que la cèl·lula és la unitat

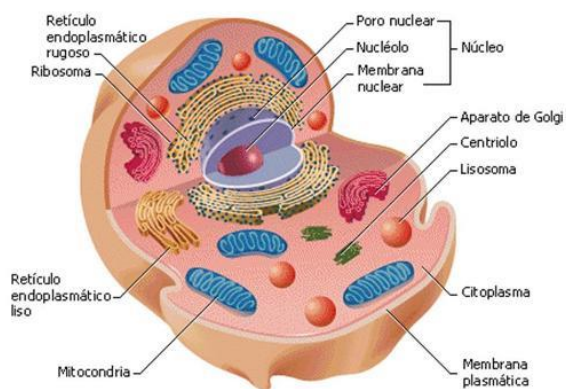
morfològica, fisiològica i genètica de tots els éssers vius i que les cèl·lules sempre proven d'altres cèl·lules prèviament existents.

### 2.2. Components de la cèl·lula

La cèl·lula està constituïda per tres elements bàsics:

#### 2.2.1. La membrana cel·lular

**La membrana cel·lular és una bicapa de fosfolípids que delimita la cèl·lula.** Té una consistència elàstica i mal·leable que li permet un cert moviment per mantenir la unitat de la cèl·lula i que no es trenqui. La membrana cel·lular té la funció de: delimitar la cèl·lula, protegir-la d'agents externs i regular el pas de substàncies de l'exterior a l'interior de la cèl·lula o viceversa, mitjançant unes proteïnes reguladores que es troben incrustades en ella. A més en separar el medi extracel·lular i l'intracel·lular li permet dur a terme els processos d'osmosi i mantenir l'homeòstasi, l'estat d'equilibri de l'organisme.



Imatge 2: Representació gràfica de l'interior de la cèl·lula i les seves parts

Font: imatge extreta de: <https://apuntesparaestudiar.com/biologia/que-es-una-celula-y-cuales-son-sus-partes/>

#### 2.2.2. El citoplasma

**El citoplasma és el medi intern de la cèl·lula,** està format pel 85% d'aigua i hi podem trobar diferents substàncies dissoltes com proteïnes, lípids, glúcids, àcids nucleics... A més hi trobem una gran quantitat d'orgànuls amb la seva funció específica per a la cèl·lula com: ribosomes, mitocondris, els reticles endoplasmàtics, l'aparell de Golgi, entre altres. Al citoplasma també trobem una gran quantitat d'enzims que acceleren les reaccions químiques que es porten a terme a l'interior de la cèl·lula. Les cèl·lules eucariotes a més, compten amb el citoesquelet, una xarxa proteica que té una funció estructural.

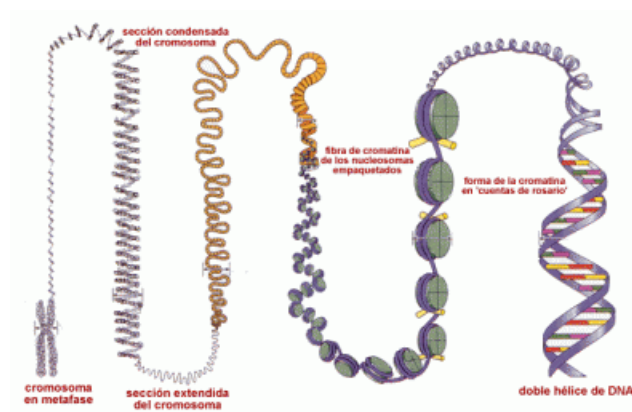


### 2.2.3. El material genètic

En aquest treball ens centrarem en aquest component, ja que és el responsable que ens permet crear organismes transgènics.

**El material genètic és el component fonamental dels éssers vius.** L'heretem dels progenitors i a la vegada es recombina de tal manera que el descendent té característiques d'ambdós. El conjunt de tot aquest material o dotació genètica d'un organisme o espècie l'anomenem genoma i **conté tota la informació tant estructural com funcional de l'individu.**

**Està format per àcids nucleics, majoritàriament ADN** tot i que alguns virus utilitzen l'ARN com a material genètic. El de les cèl·lules eucariotes, que seran en les que ens centrarem, és d'ADN lineal i bicatenari. Es troba localitzat a l'interior del nucli, un espai delimitat per la membrana nuclear. Aquest està compost per: una desoxiribosa, un àcid fosfòric i una base nitrogenada (adenina, timina, guanina, citosina). Quan aquests tres components s'uneixen formen un **nucleòtid, la unitat bàsica del material genètic**, que llavors s'uniran entre ells per constituir tot el genoma.



Imatge 3: Representació gràfica de l'estructura dels cromosomes i l'ADN

Font: imatge extreta de:  
<https://es.slideshare.net/FranCrema/nucleo-y-cromosomas>

Quan l'individu o cèl·lula es vol reproduir aquest material genètic es condensa i s'enrotlla sobre si mateix, formant cromosomes. **En cada cromosoma trobem diversos gens, unitats d'informació que codifiquen per a la creació d'una proteïna.**

Existeixen organismes que sols tenen una còpia d'aquests cromosomes, els anomenem haploides i d'altres els quals en

tenen dos, els diploides. El fet que trobem dues còpies dels cromosomes pot ser beneficiós si es produeix una mutació en un d'ells, ja que l'altre pot funcionar normalment i que la mutació no s'expressi en l'organisme.

La resta del temps es troba en forma laxa, la **cromatina** i a través d'un procés de transcripció i de traducció es crea la proteïna que codifica el gen. Inicialment una de les cadenes d'ADN es transcriu en ARN missatger, llavors surt del nucli cel·lular i mitjançant els ribosomes i els ARN de transferència se sintetitza la proteïna corresponent.

El material genètic utilitza **el codi genètic** per codificar la informació de com crear les diferents proteïnes necessàries per al funcionament correcte de l'organisme. Aquest codi **es basa en l'alternança de les bases nitrogenades dels nucleòtids** (imatge 4), ja que cada 3 designen un aminoàcid, que són les unitats bàsiques de les proteïnes. Existeixen 20 aminoàcids diferents i segons la seqüència i número d'aminoàcids presents, la proteïna adquirirà una forma i per consegüent una funció determinada en l'organisme.

		Segona lletra				
		U	C	A	G	
Primera lletra (extrem 5')	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA } stop UAG } stop	UGU } Cys UGC } UGA } stop UGG } Trp	Tercera lletra (extrem 3')
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } Arg CGC } CGA } CGG }	
	A	AUU } AUC } Ile AUA } AUG } Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	

Imatge 4: Taula del codi genètic

Font: imatge extreta de:  
<http://biopili.weebly.com/codi-genegravetic.html>

**Totes les cèl·lules que formen un individu pluricel·lular tenen tot el material genètic** de com formar l'organisme però no l'usen tot, segons els gens que s'estiguin transcrivint i traduint la cèl·lula produirà unes proteïnes específiques i s'especialitzarà en una funció. El material que no s'està utilitzant es mantindrà condensat.

### 2.2.3.1. *Descobriments de l'ADN i l'aparició de l'enginyeria genètica*

Gràcies als descobriments de diversos científics en els anys 50 es va anar coneixent més informació sobre l'ADN i la seva funció i comportament dins la cèl·lula. Una vegada els investigadors van ser capaços d'aïllar el material genètic van estudiar-ne l'estructura. Va ser l'any **1950** quan **Erwin Chargaff** va formular un seguit de regles després d'haver estudiat la composició de l'ADN durant els deu anys anteriors. Va observar que en l'ADN trobava la mateixa proporció d'adenina i timina i també de citosina i guanina, així va poder afirmar

que **existia una relació quantitativa pel que feia a les bases nitrogenades**. Un parell d'anys més tard, **Roalind Franklin** aconseguí, mitjançant el difractòmetre de rajos X, **fotografiar l'ADN i s'adona que està format per una doble hèlix**.

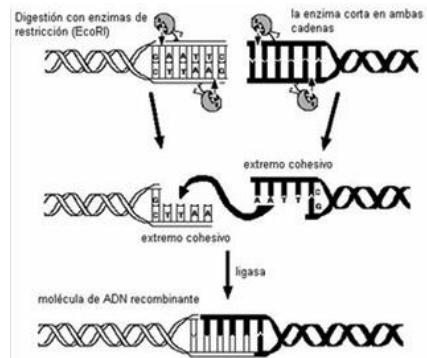


Imatge 5: Watson i Crick amb el model de l'estructura de l'ADN

Font: Imatge extreta de: <http://dataphys.org/list/watson-and-cricks-3d-model-of-dna/>

Amb aquests descobriments, **James Watson i Francis Crick** van proposar l'any **1953 el primer model de l'estructura de l'ADN** (imatge 5), que encara es té per cert, i amb el que van aconseguir el Premi Nobel de medicina el 1962. Aquest diu que **l'ADN consta de dues cadenes de nucleòtids antiparal·leles** (les dues segueixen una direcció 5→3 però en sentits inversos), **complementàries** (en existir la relació entre bases) i **enrotllades formant una doble hèlix**.

A partir de la recerca realitzada per Chargaff i Franklin i el model de l'ADN de Watson i Crick el material genètic va ser subjecte d'estudi durant la segona meitat del segle XX. El **1970 Werner Arber, Daniel Nathans i Hamilton Smith** van aconseguir aïllar uns enzims de vital importància per a possibilitar la modificació genètica. Primerament **els enzims de restricció anomenats endonucleases**, que eren capaços de seccionar l'ADN en punts específics i a més l'enzim **ligasa**, que pot unir segments d'ADN.



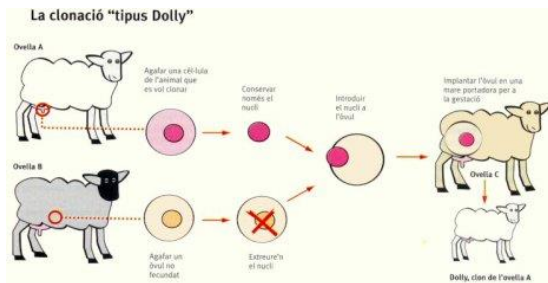
Imatge 6: Representació gràfica de la tècnica de l'ADN recombinant

Font: imatge extreta de: <http://www.manuelacasasoli.altervista.org/pagine/approfondimenti2009/biotec.html>

Aquests van ser fonamentals perquè l'any **1973 Stanley Cohen i Herbert Boyer** gràcies als resultats dels seus estudis confirmessin **el naixement de la tècnica de l'ADN recombinant** que marca l'inici de l'enginyeria genètica.

Aquest es basava en la creació d'una molècula d'ADN formada a partir de la unió de dos fragments diferents.

Un any més tard el biòleg alemany **Rudolf Jaenisch** va utilitzar una tècnica anomenada traducció nick per **estudiar el càncer utilitzant ratolins**. En aquesta inseria el virus *Simian 40 (SV40)* marcat radioactivament als embrions de ratolí i que era incorporat a totes les seves cèl·lules i evitava el desenvolupament de càncer. **Aquest va ser el primer mamífer transgènic** tot i que en aquell moment no se'l va anomenar així, ja que el terme va aparèixer a principis dels vuitanta.



Imatge 7: Representació esquemàtica de la clonació de l'ovella Dolly

Font: imatge extreta de: <https://biolulia.wordpress.com/biolulia/4-eso/1-la-cel%C2%B7lula/2-10-la-clonacio/>

Un altre fet que va enriquir l'enginyeria genètica va ser **la clonació de l'ovella Dolly el 1977**. Va ser clonada per l'institut Rosalin, d'Escòcia utilitzant la transferència nuclear. En aquesta es va inserta el nucli d'una cèl·lula adulta d'un individu ja existent a un oòcit sense nucli que va originar un altre individu genèticament idèntic a l'anterior (imatge 7).

El primer organisme transgènic originat a partir d'un gen humà va ser creat l'any **1978** per un equip de científics del centre mèdic City of Hope, de Califòrnia i biòlegs de l'empresa estatunidenca Genentech Inc. **Consistia en els bacteris *Escherichia coli* als quals se'ls va afegir els gens d'origen humà que produeixen insulina**. D'aquesta forma es va aconseguir que els bacteris actuessin com a productors d'aquesta hormona que un cop purificada podia ser utilitzada pel tractament de la diabetis.

A partir d'aquest moment les tècniques utilitzades per a la modificació genètica van ser millorades i van permetre que fossin utilitzades en una gran varietat d'espècies per a la creació de noves i per la recerca científica.

### 3. Què són els transgènics?

Gràcies a la millora en la ciència dels últims anys i a l'aparició de noves branques científiques, arran dels descobriments que s'han dut a terme, s'han ampliat profundament els coneixements que es tenien de biologia. Aquest fet ha permès **l'aparició de la modificació biològica** i conseqüentment la creació de nous organismes. Un mecanisme per fer-ho són els transgènics.

12

Si busquem la paraula transgènic al diccionari de la Real Academia Española (RAE) ens trobarem amb la definició següent:

#### **Transgénico, ca**

1. *adj. Biol. Dicho de un organismo vivo: Que ha sido modificado mediante la adición de genes exógenos para lograr nuevas propiedades.*  
(Dle.rae.es, 2018)

D'aquesta definició entenem que **un organisme transgènic és aquell al qual mitjançant tècniques de bioenginyeria se li ha introduït un o diversos gens d'una altra espècie al seu genoma**. Els gens seleccionats per a la inserció són molt ben estudiats amb antelació, ja que el que es pretén és donar una qualitat addicional a l'organisme que naturalment no posseeix.

Com que el material genètic de totes les espècies vives està codificat pel mateix codi genètic, en el moment en què aquest gen és introduït a les cèl·lules de l'organisme aquest l'incorporarà com a propi. Serà llavors quan s'iniciarà el procés de transcripció i traducció provocant la síntesi de la o les proteïnes codificades pel gen inserit. Aquesta nova proteïna serà la que atribuirà la nova característica a l'organisme o en modificarà una de pròpia.

Aquesta tècnica ens permet sobrepasar la reproducció natural al **fer possible els intercanvis de material genètic entre espècies** que naturalment no es pot dur a terme. Creant així un organisme que mantindrà majoritàriament les característiques de l'espècie original però amb algunes variacions que el diferenciaran d'ella.

**Relacionant-ho amb l'àmbit alimentari**, un aliment transgènic és aquell originat a partir d'un organisme transgènic. L'objectiu principal que es

perseguix al crear un aliment transgènic és millorar-ne les qualitats o aportar-li'n de noves per així millora d'aquests. Les empreses productores pretenen que els seus aliments siguin més voluminosos i amb millors propietats pels consumidors a la vegada que la seva producció sigui més ràpida i en qualsevol ambient.

**Un exemple d'aliment transgènic** podria ser el **blat de moro Bt, MON810** (imatge 8) al qual se li ha introduït el gen cry1A(b) del bacteri *Bacillus thuringiensis* al seu genoma. Tot i que manté l'aparença d'un exemplar no modificat, aquest produeix una proteïna, la delta endotoxina que actua com a toxina. Aquesta és molt selectiva pel que impedeix el desenvolupament de les larves d'insectes lepidòpters que perforen el blat de moro i fa que es trenqui però es considera segura per les altres espècies com la humana.



Imatge 8: Blat de moro Bt

Font: imatge extreta de:  
<http://castellar.ppe.entitats.diba.cat/>

### 3.1. Diferència entre un transgènic i un organisme modificat genèticament

**És important diferenciar aquests dos termes**, ja que sovint són utilitzats com a sinònims i tenen uns matisos que fa que tinguin significats diferents.

Un **organisme modificat genèticament o OMG** és tot aquell al qual se li ha modificat el seu genoma d'una manera artificial. Això pot ser degut per l'alteració d'un gen propi de l'organisme, per l'eliminació d'un d'ells o per afegir-ne un altre d'aliè.

Així doncs segons el centre de terminologia de Catalunya: *Pel que fa a la qüestió conceptual, la recerca duta a terme i la consulta a nombrosos especialistes han permès concloure que **aliment modificat genèticament és un hiperònim d'aliment transgènic**, és a dir, una designació més àmplia.* (Termcat.cat, 2018)

Podem concloure, doncs, que un organisme transgènic és un dels diversos mecanismes per la creació d'organismes modificats genèticament, ja que el seu genoma es veu alterat amb l'addició d'un gen extern a l'organisme.

En el mateix cas trobem les poliploïdies i les hibridacions. En ambdós casos el genoma dels organismes ha estat modificat tot i que no d'igual manera però sempre buscant una millora en aquest. Per tant els organismes obtinguts utilitzant aquestes tècniques també són considerats organismes modificats genèticament de la mateixa forma que els transgènics.

Les **poliploïdies** són organismes els quals tenen més de dos jocs cromosòmics. Aquest fenomen es pot donar naturalment per un mal funcionament de la meiosi, un tipus de reproducció cel·lular, però també és molt buscat en l'àmbit agrícola perquè causa la producció de fruits més voluminosos. Un exemple d'aliment vegetal poliploïdia és la **síndria sense llavors**, la qual és un triploide al tenir tres còpies de cada cromosoma.



Imatge 9: Bimi o broccolini

Font: imatge extreta de:  
<https://www.laverdad.es/sociedad/bimi-verdura-modada-20170720170343-nt.html>

Les **hibridacions** són organismes els quals posseeixen la meitat del material genètic d'una espècie i la resta d'una altra de diferent, això fa que tingui qualitats de les dues. Un exemple d'un aliment vegetal híbrid és el **bimi o broccolini** (imatge 9) creat a partir de la unió del bròquil i la col xina.

Cal també comentar que **és difícil traçar la línia entre un aliment que ha estat modificat genèticament i un que no.**

La causa és que els genomes dels organismes han anat evolucionant naturalment i modificant-se per adaptar-se a les diferents condicions ambientals que els envoltaven. En aquest cas existeix una modificació genètica però aquesta és a causa de la selecció natural i no a través d'una acció humana. Els individus que posseïen una diferència favorable per a la supervivència eren els que aconseguïen reproduir-se i així passar-la a la descendència. Al llarg de

vàries generacions, les característiques beneficioses s'anaven desenvolupant i al mateix temps les que no ho eren desapareixien.

Però pel que fa a **la selecció artificial** sí que podríem considerar-la com a un mecanisme de modificació genètica perquè som nosaltres els que seleccionem conscientment les característiques que més ens beneficien. Mitjançant l'encreuament continuat dels que posseeixen les millors qualitats podem modificar el seu genoma i crear espècies totalment noves. Un exemple d'aquest fet podrien ser totes **les diferents varietats de tomàquets** (imatge 10): els tomàquets pera, els de Monserrat, els cherry... Totes elles provenen d'una mateixa espècie, la qual ja no existeix, però han adquirit diferents aspectes a causa de la selecció humana.



Imatge 10: Diferents varietats de tomàquets

Font: imatge extreta de:  
<https://twitter.com/delpagesacasa>



#### 4. Història de l'agricultura transgènica

L'aparició de l'espècie humana es va produir durant el **paleolític**, fa uns 3 milions d'anys. **Inicialment aquests humans eren nòmades i vivien de la caça i la recol·lecció**, per aquest motiu canviaven de localització buscant aquests recursos per a sobreviure.

16

No va ser fins al **neolític**, fa uns 10 mil anys quan van aparèixer les primeres civilitzacions sedentàries, establint les bases del que serien futures ciutats. **En aquest període va aparèixer**

**l'agricultura**, els humans van aprendre que plantant les llavors dels fruits amb els quals s'alimentaven podien obtenir més aliment. Aquest fet també es va produir gràcies a la innovació de les eines, fins llavors rudimentàries, i



Imatge 11: Representació gràfica de l'agricultura en el neolític

l'aparició de l'aixada i la falç. En aquell moment l'agricultura es feia pel que coneixem com **selecció natural o automàtica** en el que les plantes

Font: imatge extreta de:

<http://todosobrelarevolucionneolitica.blogspot.com/p/blog-page.html>

sofrien una millora sense que els humans sabessin el perquè únicament guiats per la intuïció i sense coneixement del tema. **Així sembrant les llavors generació darrera generació van sofrir la transformació d'una espècie silvestre a una cultivada nova fins al moment.** Aquestes noves plantes tenien un genoma diferent de les silvestres per tant podríem considerar-les genèticament modificades però per causes naturals. D'aquesta manera van aparèixer noves varietats seguint l'instint dels grangers i els resultats que obtenien.

No va ser fins al segle XVIII, **durant la revolució industrial** quan es van produir la gran millora en l'àmbit agrícola. Es va començar a **estudiar científicament l'agricultura** analitzant els resultats obtinguts al llarg dels anys per així descobrir el comportament de cada espècie. També es van fer millores en les tècniques de reg, fertilització i gràcies a la millora en la maquinària va fer el procés molt més mecànic. Llavors va aparèixer la **selecció artificial** on els

agricultors feien **encreuaments entre espècies buscant desenvolupar una de les qualitats que posseïa**. Aquest fet va provocar una altra modificació genètica, en aquest cas causada voluntàriament per l'home i creant molta més diversitat d'espècies.

A finals d'aquest segle es va produir un descobriment molt important en l'agricultura i era que **les plantes posseïen sexe**. Aquest fet va fer que es poguessin realitzar estudis dirigits sobre l'encreuament de les espècies.

Aquest descobriment va ser utilitzat per **Gregor Mendel** (imatge 12), l'any 1860, quan va realitzar un seguit d'encreuaments utilitzant la planta del pèsol. Estudiant diferents característiques com el color o la rugositat de la superfície va poder explicar **la transmissió del material genètic d'una generació a una altra i consegüentment les característiques**.



Imatge 12: Gregor Mendel

El 1983 es va produir **la primera planta transgènica**, una planta tabaquera a la qual se li havia introduït un gen que la feia resistent a l'antibiòtic Kanamicina.

Font: imatge extreta de: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gregor\\_Mendel](https://en.wikipedia.org/wiki/Gregor_Mendel)



Imatge 13: Tomàquet Flavr Svr

Font: imatge extreta de: <https://steemit.com/genetica/@camila97/tomate-flavr-savr-fallo-de-la-genetica4>

**El primer aliment transgènic** va ser el **tomàquet Flavr Svr** (imatge 13) produït per l'empresa Calgene. A aquest se li va introduir un gen poligalacturonasa que induïa la maduració del tomàquet i així mantenia una bona consistència durant més temps i en retardava la putrefacció. El tomàquet Flavr Svr va ser aprovat per a la seva comercialització l'any 1994 i tot i que els consumidors mostraven inicialment un gran interès es va aturar la seva producció el 1997. La causa principal va ser que la pela era tova, un gust estrany i no ser rendible per a l'empresa.

A partir d'aquest moment es va aplicar aquesta tècnica a altres aliments, els següents van ser **la soja**, la qual es va modificar per fer-la resistent a herbicides i **el blat de moro** que el van fer resistent a alguns insectes i més voluminosos.

Actualment trobem una gran varietat d'espècies transgèniques i la producció d'aquestes ha passat de fer-se de forma experimental a produir-se i comercialitzar-se en quantitats enormes, tal com veurem en un pròxim apartat del treball.

## 5. Aplicacions i finalitat dels transgènics

La creació d'organismes transgènics té com a **objectiu el benefici dels humans**, com la majoria d'accions que realitzem. També es pretén que aquesta característica nova que incorporen sigui beneficiosa no solament per a nosaltres, sinó també pel mateix organisme o, que si més no, que no els sigui perjudicial.

Els transgènics es poden aplicar en diferents àmbits i en cada un d'ells tenen diferents objectius.

### 5.1. En l'àmbit de la investigació

Els transgènics són àmpliament utilitzats en la recerca científica principalment per posteriors aplicacions a l'àmbit mèdic i a l'alimentari. En aquest cas **el que es pretén és provar d'una manera totalment controlada les conseqüències que pot tenir la inserció d'un gen a un organisme**. Així tenim la possibilitat d'analitzar els resultats i llavors decidir la millor forma de procedir perquè sigui segur i beneficiós.

Un exemple d'aquest ús dels transgènics en la investigació són **els ratolins knockout o KO** (imatge 14). Aquests s'utilitzen com a model per estudiar el comportament de certes malalties genètiques. Són la millor elecció, ja que són animals molt coneguts genèticament i propers a nosaltres pel que els seus resultats poden ser utilitzats per a futurs experiments en humans. El que es fa és inserir una seqüència d'ADN en l'òvul



Imatge 14: A dalt un ratolí knockout i a baix un ratolí normal

Font: imatge extreta de: <https://geneticabioterio.wordpress.com/animales-geneticamente-modificados/>

fecundat perquè, després d'uns encreuaments dirigits, el ratolí la incorpori totalment en el seu organisme. Aquesta inhibeix l'expressió d'un gen provocant que contragui una malaltia i els investigadors puguin provar els efectes de nous fàrmac o teràpies.

També trobem **els ratolins knockins** els quals se'ls introdueix una mutació en un gen o se'l substitueix per un altre causant també una anomalia en l'individu i que els científics investigaran per trobar-li una cura.

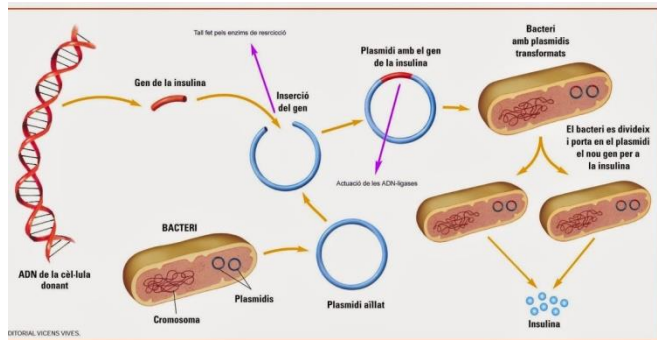
La utilització de ratolins per a estudiar els efectes de la teràpia gènica, la inserció de gens per a tractar una malaltia, és un exemple de l'ús de transgènics en la **investigació mèdica**. Aquesta no es realitza directament en els humans, ja que pot ser un perill per a la vida humana i en la investigació no existeix una seguretat en els resultats. En canvi, en la **investigació enfocada a l'àmbit alimentari** sí que es realitza directament sobre els organismes, sigui en plantes o en animals, per observar els efectes en crear un transgènic. Tot i que en aquest cas tampoc es tenen resultats assegurats del que succeirà i per tant tampoc és segura per als animals i plantes es realitza igualment. Aquí intervé la **bioètica** i el que és acceptable en relació a la vida indistintament de l'organisme que sigui.

### 5.2. En l'àmbit de la medicina

Una altra aplicació que tenen els transgènics és en **el tractament de les malalties genètiques**. Se'n coneixen unes 3.000 i en la majoria de casos no s'ha pogut detectar el gen responsable. Existeixen diversos procediments per a tractar les malalties genètiques depenent de les causes d'aquesta i els seus efectes.

### 5.2.1. Producció de substàncies humanes utilitzant transgènics

Aquesta tècnica es porta a terme quan la malaltia provoca que l'individu sigui incapaç de sintetitzar una proteïna essencial pel seu correcte funcionament. El que es fa és introduir el gen humà de la proteïna en qüestió en un plasmidi bacterià i seguidament al bacteri.



Imatge 15: Esquema de la producció d'insulina utilitzant un bacteri transgènic

Font: imatge extreta de: <https://www.flickr.com/photos/130022460@N05/22176492580/lightbox/>

Aquests incorporaran el gen com a part del seu propi material genètic i començaran a produir la proteïna recombinant en grans quantitats. Llavors únicament queda recollir-la i purificar-la perquè sigui apte pel tractament de la malaltia en els humans. Algunes substàncies produïdes utilitzant aquesta tècnica són la insulina, l'hormona del creixement, l'interferó, entre d'altres.

Animal	Fàrmac produït	Tratament
Conejo	Interleukina-2	Deficiències immunològiques
	$\alpha$ -Glucosidasa	Enfermedad de Pompe
Cabra	Activador del plasminògeno tisular	Coágulos coronarios
	Anti-trombina III	Resistencia a la heparina
Cerdo	Factor VIII humano	Hemofilia
	Proteïna C	Prevención de trombos
Oveja	$\alpha_1$ -antitripsina	Fibrosis quística
	Factor de coagulació IX	Hemofilia
Vaca	lactoferrina	Deficiencia de hierro
	Hormona de crecimiento humano	Enanismo

Imatge 16: Taula que en indica els fàrmacs produïts pels diferents animals transgènics i el seu ús pel tractament de malalties.

Font: imatge extreta de: <https://pharming.weebly.com/scientific-principle-2---transgenic-animals.html>

Els animals transgènics també es poden utilitzar per a la producció de fàrmacs. Els animals productors de llet com vaques, cabres i ovelles se'ls pot introduir certs gens perquè secretin productes d'utilitat mèdica juntament amb la llet. Aquesta tècnica coneguda com a **pharming** té l'avantatge que es produeix en grans quantitats i sols han de passar per un procés de purificació, per separar-la de la llet, abans que pugui ser utilitzada com a fàrmac. Un exemple seria l'ovella transgènica Tracy que va viure entre 1991 i 1998 i la qual produïa  $\alpha_1$ -antitripsina, un medicament utilitzat per tractar la **fibrosi quística**.

### 5.2.2. Introducció de gens en cèl·lules humanes

**Aquest mètode s'utilitza pe al tractament de malalties hereditàries determinades per un sol gen.** Es basa en la inserció del gen específic a les cèl·lules del pacient per a suplir la mancança d'aquest. Es pot realitzar de manera in vivo, utilitzant un virus, o ex vivo, extreien cèl·lules al pacient i inserir-li el gen abans de retornar-les a aquest.

22

Primerament s'aïlla el gen que es vol introduir i se'l col·loca en una càpsida retroviral, llavors s'extreuen cèl·lules on és necessària la presència del gen i se les infecta amb el retrovirus. Finalment s'injecten de nou les cèl·lules a la zona de la qual provenien perquè es reproduïxin i comencin la seva nova funció.

Un exemple d'aquesta teràpia genètica realitzada in vivo l'ha realitzat l'empresa americana Spark Therapeutics. Ha fet un tractament anomenat Luxtuma en el que **tractaven a persones que s'han quedat cegues pel mal funcionament dels fotoreceptors perquè recuperessin la visió.** Utilitzant un virus amb la còpia del **gen RPE65**, el que els malalts no els funciona, se'ls ha injectat directament a l'ull perquè arribi a la retina. Les primeres proves demostren millores en la visió dels pacients tot i que els efectes no són permanents i es mantenen un any aproximadament.

Pel que fa a **la tècnica ex vivo està reservada a les cèl·lules mare hematopoètiques.** Aquestes són cèl·lules immadures que es troben a la medul·la òssia que es poden transformar en tota mena de cèl·lules sanguínies (glòbuls blancs, glòbuls vermells i plaquetes). D'aquesta manera s'extreuen aquestes cèl·lules del pacient per a llavors modificar-les inserint el gen defectuós abans de tornar-les a introduir a aquest. Un exemple de malaltia tractada amb cèl·lules hematopoètiques és la **leucèmia limfoblàstica aguda**, un tipus de càncer que afecta els glòbuls blancs de la sang.

### 5.2.3. Producció de vacunes a partir de transgènics

Un altre ús mèdic que trobem és **la producció de vacunes sense risc de poder contraure la malaltia**, ja que no s'introdueix el virus o bacteri sinó les proteïnes que aquests produeixen i que actuaran com a antigen. En aquest cas

s'aïlla el gen víric i se l'introdueix junt amb un plasmidi bacterià en una cèl·lula procariota que amb el procés de traducció començarà la producció de la proteïna vírica. Llavors aquesta s'introdueix al pacient, el seu sistema immunitari del qual, en detectar la presència de la proteïna començarà la producció dels anticossos específics que el defensarien si adquirís la malaltia en un futur, fent-lo immune a ella.

Un exemple d'aquest tipus de vacunes són **l'antitetànica i l'antidiftèrica** les quals estan compostes per **anatoxines**. Són toxines microbianes que han perdut la seva toxicitat però que encara conserven les seves propietats antigèniques. D'aquesta manera en ser introduïdes a l'organisme aquest queda immunitzat de la malaltia i sense opció que la contragui a partir de la vacuna.

### 5.3. En l'àmbit alimentari



Imatge 17: Al darrera un salmó transgènic i al davant un salmó sense alteracions genètiques

Font: imatge extreta de:  
<http://ciencia.ara.cat/centpeus/2015/11/26/salmo-transgenic/>

Com ja hem començat a veure també s'aplica l'enginyeria genètica en l'àmbit alimentari per a crear millors productes pensant a treure'n beneficis econòmics. **No només es produeixen aliments transgènics d'origen vegetal sinó també de l'animal**, com per exemple

les carpes o els salmons (imatge 17). Aquests organismes transgènics són més difícils d'elaborar que els bacteris a causa de la seva estructura cel·lular i el fet d'aconseguir la inserció del gen en totes les cèl·lules dels organismes pluricel·lulars. Precisament per aquest últim motiu el que es fa és fer la inserció del gen amb unes tècniques específiques a les llavors o oòcits de tal forma que en replicar-se les cèl·lules per formar l'individu ja l'incorporin.



Tot i que depenent de l'espècie s'introdueixen diferents gens buscant millorar diferents aspectes **els seus principals objectius són:**

- Aportar altres qualitats nutricionals addicionals i millorar-ne el sabor.
- Que tinguin un creixement ràpid i més voluminós.
- Que siguin capaços de resistir les condicions externes com: plagues, falta d'aigua, temperatures extremes...

## 6. Mecanismes per a la creació dels transgènics

Abans de començar amb els processos per la formació d'un organisme transgènic és necessari diferenciar els noms que reben les tècniques depenent de l'origen del gen introduït.

- **Cisgènesi:** Modificació genètica que es produeix en introduir, en el genoma d'un organisme, un o més gens de la mateixa espècie o d'una pròxima i compatible sexualment.
- **Intragènesi:** Modificació genètica que es produeix en introduir, en el genoma d'un organisme, un o més gens creats a partir d'elements genètics aïllats i reordenats in vitro procedents del mateix organisme o d'una espècie compatible sexualment.
- **Transgènesi:** Modificació genètica consistent a introduir en el genoma d'un organisme un o més gens d'una altra espècie no compatible sexualment. Aquests segments d'ADN que conté uns gens determinats que han estat aïllats d'un individu per a posteriorment introduir-los en un altre els anomenem **transgens**.

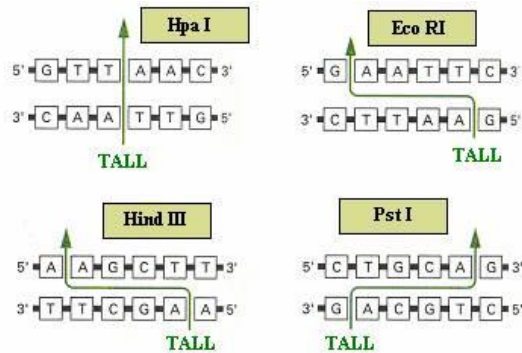
(Termcat.cat, 2018)

Els dos primers processos són més ben vistos perquè **es donen entre espècies que són sexualment compatibles** i no produeixen grans canvis en els organismes. Per això es pensa que no s'està actuant contra la natura, ja que per si sols es podrien reproduir. En aquests dos casos s'evita el que anomenem "**linkage drag**" i que entenem com a la **transferència de caràcters negatius** juntament amb el desitjat. En el cas de la transgènesi on és més comú aquest fenomen el podem reduir a través de diversos encreuaments dirigits. La transgènesi no és tan ben vista perquè es creu que és un **fenomen antinatural creuar dues espècies que no ho podrien fer normalment**.

Tots aquests processos però es duen a terme de la mateixa forma: inicialment s'aïlla el gen d'interès, se l'introdueix dins la cèl·lula, posteriorment se l'insereix a dins del material genètic de l'organisme, se selecciona l'organisme que ha incorporat el gen i es clona.

### 6.1. Aïllament del gen d'interès

Per a aconseguir aïllar un gen concret primerament s'ha d'identificar les seqüències que es troben als seus extrems, per així poder seleccionar l'enzim de restricció indicat. Aquests són capaços de reconèixer seqüències de nucleòtids concrets, les anomenades dianes de restricció i seccionar-les trencant els enllaços fosfodièsters que hi ha entre ells. Per aquest motiu és necessari seleccionar l'enzim de restricció el qual la seva diana de restricció coincideix amb els extrems del gen.



Imatge 18: Exemples d'enzims de restricció amb les seves dianes de restricció

Font: imatge extreta de: <http://www.xtec.cat/~rsebasti/adn/Tall.htm>

A l'utilitzar els enzims de restricció es poden obtenir diversos fragments d'ADN entre ells el que conté el gen d'interès, ja que pot haver-hi altres dianes de restricció a part de les de l'extrem del gen. Les seqüències d'ADN que volem introduït també els podem anomenar **ADN passatger** que un cop unit amb el material genètic d'un altre individu obtindrem el que anomenarem **ADN recombinat**. S'inserirà cada un d'aquests fragments en un individu i posteriorment se seleccionarà el que tingui el gen d'interès per a reproduir-lo i crear un organisme transgènic.

**Existeixen dos tipus de mecanismes de secció de l'ADN.** El primer, que talla perpendicularment la cadena, es produeix quan el lloc de partició es troba a la mateixa altura en les dues cadenes de l'ADN. En aquest no es trenquen els parells de bases, deixant els extrems roms. L'altre es produeix quan els punts de tall no coincideixen en les dues cadenes i en fer la secció els extrems queden escalonats. Això fa que se separin un cert nombre de parelles de bases, el que anomenarem segments cohesius i que són molt útils en voler unir un altre cop l'ADN.

### 6.1.1. Tractament previ a la introducció del gen a l'organisme

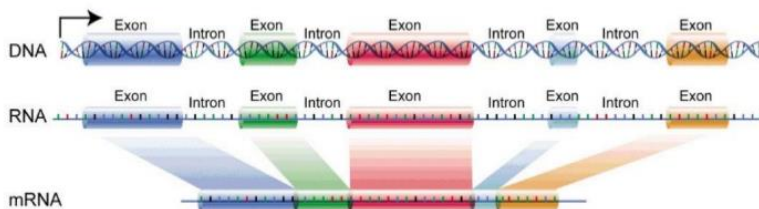
L'ADN procariota està constituït únicament per **exons** que són seqüències d'ADN que codifiquen informació. En canvi l'ADN eucariota conté a més **introns** que són segments d'ADN que no codifiquen informació. Per aquest motiu abans d'introduir el fragment d'ADN passatger a la cèl·lula receptora és important determinar l'origen d'aquest i si és necessari realitzar un tractament previ perquè sigui compatible.

En la creació d'un **transgènic eucariota** no s'haurà de realitzar cap procés previ independentment de l'origen del gen, ja que és capaç de traduir i transcriure tant ADN que sols tingui exons com si té exons i introns.

En la creació de **transgènics procarïotes**:

- **Si el gen introduït és d'origen procariòtic**, es pot realitzar el procés de creació del transgènic directament. No ha de passar per un procés previ, ja que tant l'ADN passatger com el mateix organisme només està constituït per exons.
- **Si el seu origen és eucariòtic**, que està format per exons i també introns, s'hauran d'eliminar aquests, ja que els procarïotes no són capaços de fer-ho per ells sols.

Per a realitzar aquest procés primer el gen eucariota passarà pel **procés de maduració** (imatge 19). S'inicia quan el gen és transcrit en ARN missatger, aquest és monocatenari i encara està format per exons i introns. Per tant, a partir de l'ADN eucariota s'obté un ARN missatges immadur.



Imatge 19: Esquema del procés de maduració de l'ADN

Font: imatge extreta de:

<https://es.slideshare.net/biolariel/transcripcin-y-maduracin-del-arn>

s'eliminaran els introns utilitzant l'enzim anomenat **ribonucleoproteïna petita nuclear (RNPpn)**. Diversos enzims d'aquests s'associen formant una

estructura anomenada **espliceosoma** que té les seqüències complementàries

als extrems dels introns i en associar-se, l'intró es doblega i es desprèn. **L'ADN-ligasa** serà l'enzim que unirà els fragments formant una cadena d'ARN ja sense introns. Aquest és el final del procés de maduració i únicament queda fer el procés invers de la transcripció i crear la molècula d'ADN a partir de la d'ARN.

Per a fer-ho la **transcriptasa inversa o retrotranscriptasa** unirà les bases complementàries d'ADN a l'ARN. Seguidament se separa l'ARN de la cadena d'ADN i aquesta es duplica unint les bases complementàries utilitzant **l'ADN-polimerasa**. Formant finalment una seqüència d'ADN com la inicial però sense la presència d'introns.

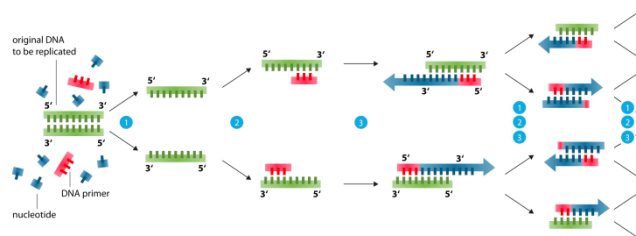
## 6.2. Clonació dels fragments d'ADN

En fer la creació dels transgènics, a partir dels fragments obtinguts, no es té la seguretat que aquests es recombinin adequadament i llavors s'insereixin dins un organisme. Per això **es fan còpies dels fragments d'ADN per així tenir moltes rèpliques i augmentar les possibilitats d'èxit.**

Per fer clonació d'un segment determinat ADN i aconseguir-ne moltes còpies s'utilitza la tècnica de **la reacció en cadena de la polimerasa o PCR** (imatge 20). Per a realitzar-la s'han de col·locar en el mateix medi: la seqüència d'ADN, l'ADN-polimerasa provinent del bacteri *Thermus aquaticus* i que és resistent a la calor i dos segments d'ADN monocatenari complementaris als extrems de la seqüència d'ADN.

Inicialment s'escalfa tot als 80°C per forçar la separació de les dues cadenes de l'ADN. Seguidament les seqüències

complementàries **o** encebadors, que estan formats per uns 10-20



Imatge 20: Esquema de la clonació de l'ADN utilitzant la tècnica de la PCR i dels seus passos

Font: imatge extreta de: [https://copro.com.ar/Reaccion en cadena de polimerasa.html](https://copro.com.ar/Reaccion%20en%20cadena%20de%20polimerasa.html)

nucleòtids, s'associaran a l'inici de cada una de les cadenes. Aquests, que es poden obtenir sintetitzant-los al laboratori, són indispensables, ja que l'ADN-polimerasa no podria actuar sense la seva presència. Finalment **l'ADN-polimerasa** uneix les bases complementàries restants en sentit 5→3. Així s'acaba aquesta primera etapa anomenada primer cicle i on hem obtingut dues còpies idèntiques a partir d'un fragment d'ADN.

A continuació es repeteix el procés moltes vegades més duplicant la quantitat de còpies en cada cicle, al cap de 20 cicles s'obtenen un milió de còpies. Aquesta tècnica és molt utilitzada al poder-se realitzar automàticament utilitzant un aparell anomenat **termociclador**.

### 6.3. Preparació dels fragments d'ADN per a la introducció

**No totes les cèl·lules en contacte amb el gen d'interès l'introduiran**, a més en utilitzar els enzims de restricció es formen diversos fragments on un d'ells és el gen d'interès. Per això s'utilitza una tècnica per a detectar els organismes que contenen ADN recombinat i quin d'ells té el gen que ens interessa.

Per aquest motiu abans d'introduir l'ADN a la cèl·lula receptora se'ls afegixen alguns gens que ens ajudaran a la identificació. Un d'ells és **el gen amp<sup>r</sup>** que proporciona **resistència antibiòtica a l'ampicil·lina** i l'altre és **el gen lacZ**, que **hidrolitza la lactosa**. A aquest últim però se l'introduirà, al mig, el fragment d'ADN que hem obtingut utilitzant un enzim de restricció. Aquest procés el realitzarem amb tots els fragments obtinguts per a llavors introduir cada un d'ells en un organisme.

### 6.4. Formes d'introducció de l'ADN recombinat a la cèl·lula

La introducció d'un gen en un organisme eucariota resulta ser més difícil que en un procariota, ja que la seva composició i estructura són més complexes. Per aquest motiu existeixen diverses tècniques de diferent complexitat que s'utilitzen depenent del transgènic que es vol realitzar. Les podem diferenciar segons si són biològiques o no biològiques.

### 6.4.1. Mecanismes biològics (vectors)

#### 6.4.1.1. Els plasmidis i el bacteri *Agrobacterium tumefaciens*

Els plasmidis són cadenes d'ADN circular que posseeixen únicament els bacteris. Poden tenir-ne entre 20 i 50 i els podem considerar com a material genètic autònom, ja que no es dupliquen al mateix ritme que la resta d'ADN.

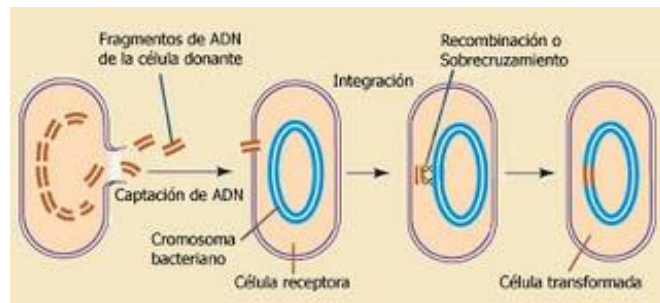
Si aquests queden lliures al medi després de la lisi, el trencament cel·lular, poden penetrar en un altre organisme, aquest procés l'anomenem **transformació** (imatge 21).

Aquest però ha de tenir les membranes permeables, fet que es pot provocar amb l'addició de clorur calci.

D'aquesta forma la creació d'organismes transgènics, en aquest cas bacteris, es realitza de la següent forma:

Primerament, després de l'aïllament del gen d'interès es necessita un plasmidi bacterià. Aquest pot ser aconseguit a partir de l'extracció d'aquests d'altres organismes de la mateixa espècie. Llavors, utilitzant el mateix enzim de restricció utilitzat per aïllar el gen, se **seccionarà el plasmidi perquè el gen es pugui inserir**, buscant completar la complementarietat de les bases dels segments cohesius. Seguidament es col·loca una quantitat d'aquest **ADN recombinat en el mateix medi que els bacteris** el qual se'ls vol implantar. Finalment **se li afegeix clorur càlcic ( $\text{CaCl}_2$ )** i així la membrana es farà permeable al plasmidi que entrarà a dins. Tots els bacteris que obtinguem a partir d'aquest, mitjançant la seva replicació incorporaran el gen introduït en el plasmidi.

Aquest mètode inicialment **no es pot dur a terme en les cèl·lules eucariotes**, però s'ha descobert que amb l'ajuda del bacteri *Agrobacterium tumefaciens* sí que és possible (imatge 22). Aquest bacteri, que pot provocar tumors a les

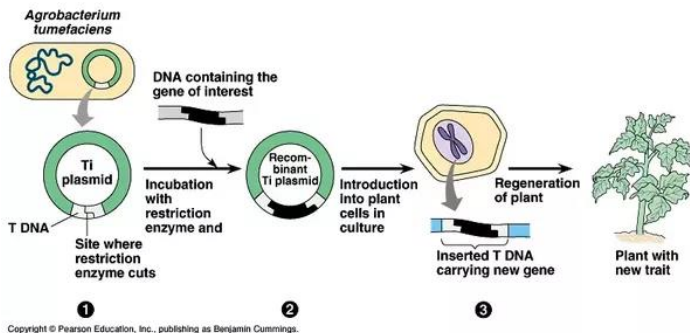


Imatge 21: Esquema del procés de transformació

Font: imatge de:

<http://cwcsociedadcreativa.blogspot.com/2015/11/plasmidos-en-biotecnologia.html>

plantes, té l'anomenat **plasmidi Ti** i en aquest hi trobem el sector **T-ADN**, que és el causant dels tumors.



Imatge 22: Esquema de l'insertió de gens en cèl·lules vegetals utilitzant el bacteri *Agrobacterium tumefaciens*

Font: imatge extreta de: <https://www.quora.com/How-are-transgenic-plasmids-produced-using-Agrobacterium-tumefaciens>

el T-ADN permetrà que el plasmidi s'introdueixi a l'interior de les cèl·lules vegetals que després de les posteriors replicacions originaran una planta transgènica.

També s'ha descobert que els **llevats** presenten uns plasmidis capaços d'integrar-se als cromosomes i fent així possible **introducció de gens molt grans** com poden ser els dels mamífers.

#### 6.4.1.2. Els virus

Igual que els bacteris, els virus també poden actuar com a vectors i ser un mitjà per aconseguir crear un transgènic. Un virus està format per una càpsida que envolta el material genètic, **no el podem considerar un ésser viu**, ja que no pot fer les tres funcions vitals que són la nutrició, la relació i la reproducció. Per aquest motiu el que es fa és infectar una altra cèl·lula, injectant-li el material genètic i que aquesta sigui la que faci la producció de les proteïnes víriques.

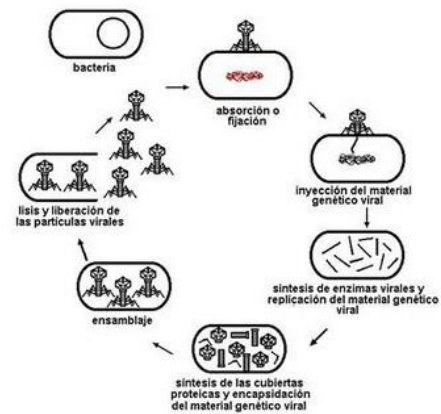
Quan el virus distingeix la cèl·lula que infectarà, gràcies als marcadors cel·lulars que hi ha a la membrana, **injecta el seu material genètic** utilitzant una perforació. En aquest moment s'inicia el que anomenem **cicle lític** (imatge

Per això el que es fa és inserir el gen d'interès a dins el plasmidi Ti que actuarà com a vector, un mitjà per la introducció del gen. Llavors s'extreuen cèl·lules

vegetals, se'ls elimina la paret i es posa els dos elements en el mateix medi. Com que el plasmidi conté



23), que s'encarrega de la reproducció dels virus. Inicialment l'ADN víric es duplica i llavors es transcriu en ARN missatger víric. Llavors amb el procés de traducció es produiran les proteïnes víriques, **els capsòmers, subunitats de la càpsida**. Al llarg d'aquest procés es formaran noves càpsides dins la cèl·lula i el material genètic víric s'introduirà dins d'elles abans que els nous virus s'alliberin a l'exterior, produint la mort cel·lular. **Aquests nous virus llavors seran lliures per infectar altres cèl·lules.**



Imatge 23: Esquema del cicle lític d'un virus que ha infectat un bacteri

Font: imatge extreta de: <https://www.scoop.it/t/biologia-by-monica-mussons-camanes/?tag=cicle+l%C3%ADtic>

A vegades però alguns fragments d'ADN que havien quedat després de la seva destrucció, s'introdueixen dins d'aquestes càpsides que es formen amb la traducció de l'ADN víric. **Llavors quan aquest virus que porta ADN de la cèl·lula anterior s'injecta en una altra, aquesta esdevé transgènica** en incorporar l'ADN extern com a part del seu material genètic. El procés en què l'ADN és inserit en el material genètic s'anomena **transducció**.

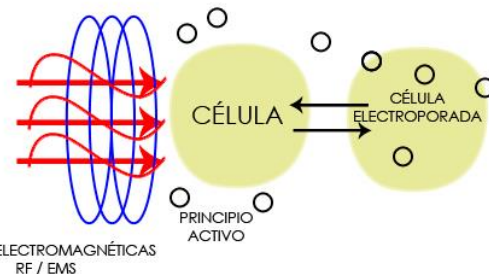
Per a crear organismes transgènics de forma artificial, únicament s'ha **d'inserir l'ADN passatger a dins la càpsida vírica**. A més s'ha d'inhibir el gen que fa que es produeixi el trencament cel·lular un cop feta la replicació de l'ADN víric dins el bacteri. D'aquesta forma se segueixen produint virus amb aquest ADN recombinat que infectaran altres organismes dotant-los de la nova característica.

## 6.4.2. Mecanismes no biològics

### 6.4.2.1. L'electroporació

Consisteix a **aplicar una càrrega elèctrica a la cèl·lula per així convertir la membrana en permeable** i que l'ADN passatger sigui capaç d'introduir-se en ella. Amb el voltatge correcte la membrana perd la seva rigidesa dielèctrica, la propietat de ser aïllant i es formen porus temporals. És en aquest moment que l'ADN

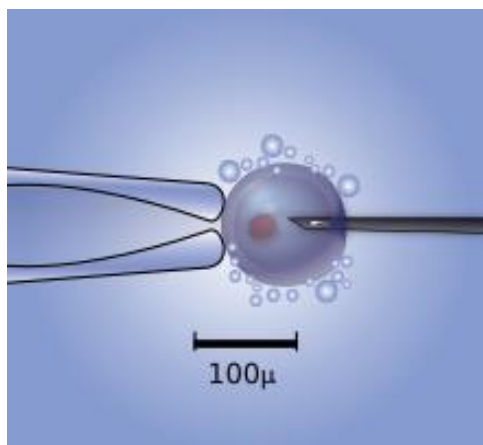
que es troba inicialment en el medi extracel·lular pot introduir-se dins la cèl·lula formant un organisme transgènic. És molt important calcular amb precisió el voltatge necessari, ja que així un cop realitzada la tècnica els porus se segellaran novament. Si no és així, podem provocar la mort cel·lular.



Imatge 24: Esquema del procés d'inserció de gens per electroporació

Font: imatge extreta de: <http://imabell.com/probado-la-electroporacion/>

### 6.4.2.2. La microinjecció



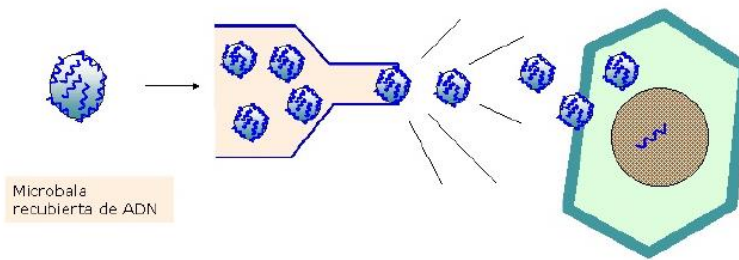
Imatge 25: Representació gràfica del procés de microinjecció

Font: imatge extreta de: <https://ddd.uab.cat/pub/ciencias/16996712n17/16996712n17p35.pdf>

Consisteix a **utilitzar una microagulla per inserir l'ADN passatger a l'interior de la cèl·lula**. Aquesta agulla que mesura uns 1,5µm, penetra la membrana cel·lular i també la nuclear per un cop en aquesta posició alliberar l'ADN en l'interior. La microinjecció es fa utilitzant un microscopi òptic anomenat micromanipulador que té uns controls per a dirigir l'agulla i les pinces que subjecten la cèl·lula per aconseguir una màxima precisió.

### 6.4.2.3. Tret de microbales

En aquesta tècnica s'utilitza una pistola per a **disparar partícules microscòpiques d'or recobertes de l'ADN passatger contra les cèl·lules de l'organisme receptor**. Aquestes microbales són disparades des de la pistola amb la força justa perquè siguin capaces de travessar la membrana però no causar una ruptura en ella.



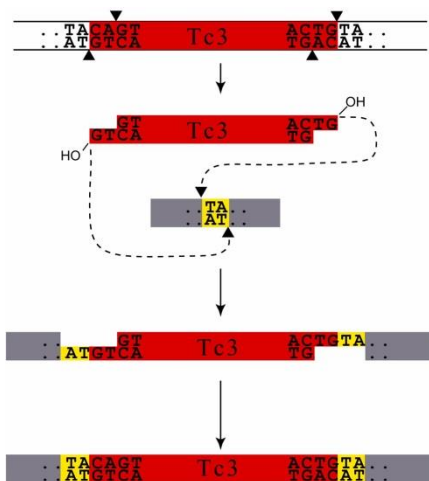
Imatge 26: Esquema del procés d'inserció de gens utilitzant el tret de microbales

Font: imatge extreta de: <https://es.slideshare.net/Bfalco/ud11-les-mutacions-els-gens-i-lenginyeria-gentica>

## 6.5. La inserció de gens

Un cop introduït el gen dins la cèl·lula el següent pas és **inserir-lo dins del material genètic d'aquesta perquè no el pugui destruir.**

Un exemple d'aquest cas el trobem amb els bacteris els quals tenen **les endonucleases de restricció** que els defensen davant de la invasió d'un virus. Ho fan tallant l'ADN víric quan reconeixen les dianes de restricció i degradant-lo perquè no pugui ser traduït i es reproduïxi. Aquestes endonucleases no tallen l'ADN del bacteri, ja que aquest té grups metil (-CH<sub>3</sub>) en les seqüències perquè puguin reconèixer el seu material genètic.



Imatge 27: Esquema de l'inserció d'una seqüència d'ADN en una altra

Font: imatge extreta de: <https://es.slideshare.net/Bfalco/ud11-les-mutacions-els-gens-i-lenginyeria-gentica>

falten i uniran els fragments restablint els ponts d'hidrogen entre les bases nitrogenades (imatge 27)

Inserint l'ADN s'evita aquest fenomen. Per això utilitzant el mateix enzim de restricció utilitzat per aïllar el gen es talla l'ADN per un punt específic. S'anomena **seqüència palindròmica** i presenta una simetria segons la complementarietat de bases tant com si es llegeix en sentit 5→3 com 3→5. Com ja hem explicat abans, els enzims de restricció no solen tallar l'ADN per la meitat sinó que deixen una seqüència, els segments cohesius en els extrems. Aquests seran els mateixos que els del gen introduït a l'haver utilitzat el mateix enzim. Gràcies a l'ADN-polimerasa i l'ADN-ligasa acabaran d'afegir els nucleòtids que

## 6.6. Selecció del clon

Un cop hem introduït tots els fragments d'ADN junt amb els gens amp<sup>r</sup> i lacZ a l'interior dels organismes receptors, utilitzant un dels mecanismes anteriors, serà moment per **identificar quin d'ells l'ha incorporat correctament i quin té el gen d'interès.**

Seguidament **se'ls introdueix en un medi amb ampicil·lina i X-gal**, similar a la lactosa. D'aquesta manera els que sobrevisquin antibiòtic seran els que hauran incorporat l'ADN recombinat, ja que el gen  $amp^r$  s'haurà expressat correctament.

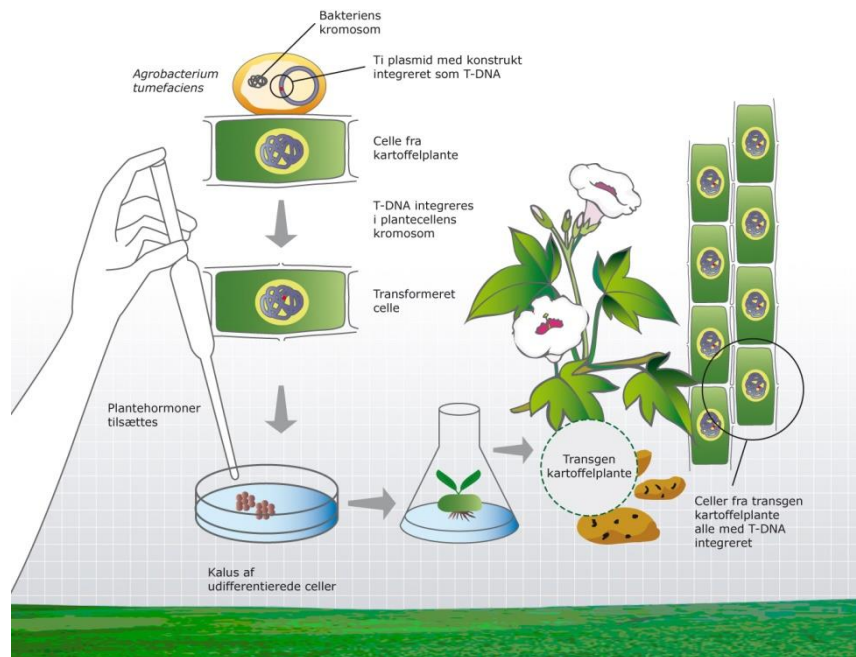
Al cap d'un temps els organismes que han sobreviscut es reproduïxen i després d'unes divisions formen una colònia visible. Segons el color d'aquestes podem saber **quines tenen un ADN recombinat en el qual hi ha un fragment de l'ADN inicial**. Les colònies les quals no han incorporat cap fragment d'ADN tindran el gen  $lacZ$  intacte i seran de color blau, ja que hauran hidrolitzat la X-gal. Les que sí que tinguin un fragment d'ADN inicial en l'ADN recombinat seran de color blanc perquè el fragment d'ADN es troba enmig del gen  $lacZ$  el qual no es pot expressar correctament i l'organisme no pot hidrolitzar la X-gal.

Finalment per identificar la colònia que conté el gen d'interès s'utilitza **una sonda d'àcids nucleics**. Si es coneix la seqüència del gen es pot sintetitzar una sonda complementaria, un fragment idèntic al del gen. Aquest es marca amb un **isòtop radioactiu o una substància fluorescent** i es posa en contacte amb les colònies. Les que tinguin el gen d'interès s'associaran amb ella a causa de la complementarietat i es podran identificar, ja que desprenen fluorescència.

### 6.7. Creació d'una planta transgènica

En crear una planta transgènica, que llavors pugui produir un aliment transgènic, no podem utilitzar tots els mecanismes anteriors. El motiu principal és que es tracta d'un organisme pluricel·lular i les seves cèl·lules contenen una paret rígida que impedeix la utilització d'alguns d'ells.

Les primeres plantes transgèniques van ser creades a principis dels anys 80 utilitzant el plasmidi bacterià de l'**Agrobacterium tumefaciens** que ja hem explicat anteriorment. Al llarg dels anys el procés de creació de plantes transgèniques es va tecnificar més i van sorgir la microinjecció o el tret de microbals. Tot i això el mètode més utilitzat continua sent l'inicial seguint el procediment ja explicat seguit de la microinjecció tot i que la taxa d'èxit de tots ells ronda l'1:10.000 per cèl·lula.



Imatge 28: Esquema complet de la creació d'una planta transgènica utilitzant el bacteri *Agrobacterium tumefaciens*

Font: imatge extraïda de:

<http://transgenicos4010.blogspot.com/2011/03/como-se-hace-una-planta-transgenica.html>

## 7. Avantatges dels aliments transgènics

Existeixen determinats punts a favor dels transgènics que poden fer que es converteixin en un gran benefici per a l'espècie humana a llarg termini. Depenent de la modificació que s'ha realitzat en la planta, la nova característica que adquireix l'aliment pot afavorir als interessos dels consumidors o als del productor. A més en crear aliments transgènics també es produeixen beneficis pel medi ambient indirectament.

### 7.1. Enfocats al benefici humà

#### 7.1.1. Increment nutricional

Una bona dieta és essencial pel bon funcionament de l'organisme i aquesta ha de ser rica i variada per tal que ens aporti tots els nutrients necessaris. Per aquest motiu, alguns aliments transgènics se'ls modifica **enfocant-los a millorar les seves qualitats nutricionals**. Cal destacar però que la majoria d'aquests aliments ja posseeixen aquestes característiques i el que ha aconseguit l'enginyeria genètica ha estat **augmentar la quantitat d'aquestes**. Per tant en ingerir aquests productes rebem majors quantitats dels nutrients que si mengéssim una varietat no transgènica.

En aquest quadre podem veure alguns exemples d'aliments transgènics que ens aporten uns beneficis nutricionals:

<b>Aliment transgènic</b>	<b>Empresa productora</b>	<b>Codificació</b>	<b>Gens introduïts i origen</b>	<b>Nova característica</b>	<b>Beneficis per a la salut</b>
<b>Alfals</b>	Monsanto Company (Estats Units)	MON-ØØ179-5 x MON-ØØ1Ø1-8	ccomt (vegetal), Esposició Escherichia coli Tn5 (bacterià), cp4 epsps (bacterià)	Nivells més baixos de lignina	Millora de la salut gastrointestinal
<b>Arròs daurat</b>	Institut Internacional d'Investigació sobre Arròs (Filipines)	IR-00GR2E-5	Crt1(vegetal), psy1(vegetal), pmi (bacterià)	Nivells superiors de $\beta$ -carotè, precursor de la Vitamina A	Prevenició de la ceguesa en països amb dietes baixes en vitamina A
<b>Blat de moro</b>	Renessen LLC (Països Baixos)	REN-ØØØ38-3	cordapA (bacterià)	Augmenta la producció de l'aminoàcid lisina	Reforça l'estructura del teixit connectiu, Redueix el risc de malalties cardiovasculars
<b>Patates</b>	BASF (Alemanya)	BPS-A1Ø2Ø-5	gbss (vegetal)	Nivells més alts d'amilopectina i més baixos d'amilosa	Augment del midó i reducció de la concentració de sucres
<b>Soja</b>	Monsanto Company (Estats Units)	MON-877Ø5-6	fatb1-A (vegetal), fad2-1A (vegetal), cp4 epsps (bacterià)	Nivells més baixos d'àcids grassos saturats i més alts d'àcid oleic	Redueix el risc de malalties cardiovasculars

Font: creació pròpia



### 7.1.2. Tractament i prevenció de malalties

A part d'aportar millores nutricionals els aliments transgènics també **s'estan utilitzant per a tractar malalties o evitar contraure-les.**

Un exemple recent d'aquest ús el trobem en la creació d'un **arròs transgènic capaç de neutralitzar els efectes del VIH.** L'estudi, realitzat aquest últim any,

ha estat dirigit per investigadors de la Universitat de Lleida juntament amb l'Institut de Recerca de la Sida IrsiCaixa. En ell, han aconseguit que una mateixa planta d'arròs, inserint-li els gens corresponents,

**produís tres proteïnes que evitarien l'entrada del VIH en les cèl·lules humanes.**

La producció d'aquestes

proteïnes mitjançant l'arròs transgènic n'augmenta la quantitat a la vegada que n'abarateix el cost en comparació a la utilització de bacteris per a la mateixa tasca. Aquest fet, aconseguit in vitro en el laboratori, podria ser el primer pas per a la creació de **microbicides tòpic**: fàrmacs en forma de gel o crema que en aplicar-se a la zona genital són capaços de destruir els microorganismes causants de malalties de transmissió sexual. Aquests podrien ser molt efectiu en països de l'Àfrica on es produeixen la majoria de les 1,8 milions d'infeccions anuals que es donen a tot el món, ja que no es té tanta accessibilitat als preservatius. D'aquesta manera s'espera que d'aquí a uns 6 o 7 anys i després d'un estudi més profund del tema es pugui comercialitzar.



Imatge 29: Equip d'investigadors de l'Universitat de Lleida encarregat de l'estudi de l'arròs transgènic

Font: imatge extreta de: [https://twitter.com/UdL\\_info/status/1024196026582884352](https://twitter.com/UdL_info/status/1024196026582884352)

## 7.2. Enfocats a la millora en la producció de l'aliment transgènic

### 7.2.1. Resistència a les plagues

Aquests tipus de transgènics estan modificats amb la inserció d'un gen el qual provoca que la **planta produeixi unes determinades toxines**. D'aquesta manera **evita que els seus depredadors, tant insectes com bacteris la puguin malmetre**.

41



Imatge 30: Insecte barrinador alimentant-se de blat de moro

Font: imatge extreta de:  
<https://allyouneedisbiology.wordpress.com/tag/blat-de->

Un exemple són els aliments transgènics de la **varietat BT que produeixen la proteïna Cry tòxica per als insectes barrinadors**. Aquests aliments són creats amb la inserció del gen *cry1Ac* del *Bacillus thuringiensis* que produeix aquesta proteïna naturalment. Així en desenvolupar-se la planta, incorpora la proteïna Cry i els insectes barrinadors que s'alimenten de les seves fulles i fruits moren. Aquesta toxina afecte únicament als insectes barrinadors però no danya els humans o altres animals que mengin l'aliment.

A més, gràcies a aquesta varietat transgènica, **no és necessària la utilització de pesticides químics per a eliminar les plagues**. Aquest fet afavoreix al medi ambient, ja que aquests productes no s'evocaran el medi i no contaminaran l'aire ni el sòl.

### 7.2.2. Resistència a determinats herbicides

Els cultius **Roundup Ready** són un exemple de transgènics modificats per a tenir **resistència a herbicides**. En concret, són resistents a l'herbicida **Roundup** (imatge 31) creat per la companyia Monsanto. Aquest conté com a principal actiu **el glifosfat** que elimina totes les espècies vegetals amb les quals entra en contacte. Per dotar de resistència a les plantes d'aquest producte se les modifica introduint-los-hi el gen *gat4601* del *Bacillus licheniformis*. D'aquesta forma, els **transgènics amb aquesta modificació no els afecta l'ús**

**d'aquest herbicida**. Així, els agricultors poden utilitzar-lo amb la certesa d'eliminar les males herbes dels camps però sense afectar a la seva collita.

De fet aquest herbicida ha causat molta controvèrsia entre els països de la UE per a renovar-ne l'ús. França, la principal opositora, juntament amb 8 països més van aconseguir paraitzar la seva llicència, tot i que l'any passat es va acabar acceptant i renovant pels pròxims 5 anys. El seu principal argument en contra és l'aparició d'aquest producte en una llista de probables cancerígens elaborada pel Centre Internacional d'Investigacions sobre el Càncer. El passat agost, de fet, **Monsanto va ser sentenciada a pagar una indemnització de 289 milions de dòlars a Dewayne Johnson, un malalt terminal de càncer** que va contraure la malaltia per culpa de l'herbicida Roundup. L'home assegura que utilitzava freqüentment el producte mentre treballava de jardiner i aquest li havia causat la neoplàsia hematològica (un càncer en els limfòcits de la sang) que patia. El Tribunal Superior de San Francisco va dictaminar la indemnització de part de l'empresa a l'afectat al considerar que en el producte no estava correctament indicat el risc per a la salut que suposava

Així podem considerar que el fet que els cultius siguin resistents a aquest producte pot ser beneficiós, ja que teòricament s'utilitzen en menys quantitat. A



Imatge 31: Herbicida Roundup de Monsanto

Font: imatge extreta de: <https://www.sumibarra.es/roundup-ultra-plus-5l-herbicida->

la vegada però poden ser perillosos per a la salut humana al ser promotors del càncer.

### 7.2.3. Resistència a factors climàtics extrems

Altres aliments transgènics estan alterats amb gens que els **permeten sobreviure en condicions mediambientals aparentment adverses**. Aquests tenen gens que provenen d'espècies capaces de viure en indrets amb la temperatura extrema, tant molt alta com molt baixa, o amb molta o poca abundància d'aigua. Així, les plantes adquireixen la capacitat de germinar i produir l'aliment en aquestes condicions. De tal manera que **poden ser conreades en moltes més zones que les espècies normals** i aquest fet possibilita que s'augmenti la seva producció a arreu del món.

### 7.2.4. Increment de producció i augment de la vida útil de l'aliment

Les característiques que posseeixen els transgènics anteriors els dota de la capacitat de tenir una major producció gràcies al fet que no són perjudicats per factors externs. A més, hi ha alteracions que poden provocar que els aliments produïts siguin més voluminosos. D'altres retarden el procés de maduració amb la incorporació del gen *sam-k* del *Bacteriòfag d'Escherichia coli T3* **dotant l'aliment d'una major vida útil abans de fer-se mal bé.**

## 8. Inconvenients dels aliments transgènics

Tot i els avantatges que poden presentar els aliments transgènics també existeixen inconvenients relacionats amb ells. Això fa que hàgim de ser cautelosos a l'hora de produir-los, consumir-los i a la vegada hem de valorar si el seu ús és apropiat per a les persones i el medi ambient.

### 8.1. Enfocats a la salut humana

La consumició d'aliments transgènics no provoca el fet de contraure cap malaltia directament però sí que ens pot afectar la salut d'altres maneres com:

#### 8.1.1. Aparició d'al·lèrgies

Les al·lèrgies són una resposta immunològica exagerada que produeix l'organisme en entrar en contacte amb agents externs, els al·lèrgens. Aquests no solen ser nocius i no afecten les persones que no són al·lèrgiques.

En el cas dels aliments transgènics, **a l'incorporar noves proteïnes sintetitzades per l'ADN manipulats, l'organisme en ingerir-los no les reconeixerà i pot provocar una reacció al·lèrgica.** Aquesta possible reacció dependrà com amb qualsevol altra al·lèrgia del sistema immunitari de la persona i si considera que pot ser un perill per a ella. Les proteïnes són les principals causants de les al·lèrgies per tant son la incorporació d'aquestes les que poden originar la reacció i no la introducció de l'ADN modificat, ja que aquest és digerit sense cap problema per l'organisme.

Un exemple és el conegut cas del '**Blat de moro Starlink**'. Als Estats Units en l'any 2000, es van trobar traces d'aquest blat de moro transgènic no autoritzat que van provocar nombroses reaccions al·lèrgiques.

### 8.1.2. Resistència als antibiòtics

En la creació dels transgènics, tal com hem explicat abans, s'introdueixen també gens amb resistència a antibiòtics per a posteriorment poder reconèixer els que si han introduït l'ADN modificat. D'aquesta manera doten als transgènics de resistència en produir les proteïnes que els defensen d'aquestes determinades malalties. En ingerir l'aliment transgènic l'organisme les incorporarà també i aquest fet pot provocar un problema en la nostra salut. Així **ens pot dotar d'una resistència a aquests determinats antibiòtics** que a vegades també s'utilitzen contra malalties humanes i animals. Això produeix **alteracions en la resposta immunològica de l'organisme humà** i fa impossible que tinguin un efecte sanador i podem emmalaltir.

### 8.1.3. Augment de toxines a l'organisme

Al produir aliments transgènics resistents a plagues i herbicides **aquests produeixen proteïnes que poden acabar sent perjudicials per a la població**. Tot i que no tenen un efecte mortal, les proteïnes que produeixen per aconseguir aquesta qualitat són toxines per l'organisme que l'ingereix. Aquestes s'acumulen i poden produir danys a diversos òrgans.

Per a comprovar la toxicitat dels aliments transgènics es van realitzar estudis utilitzant ratolins als quals se'ls alimentava amb aquest per observar si patien canvis o emmalaltien.

Per exemple, en analitzar el **blat de moro NK603**, resistent a l'herbicida glifosfat, es van realitzar tres estudis diferents. En tots ells se'ls va alimentar amb aquest producte i amb la mateixa quantitat, d'un 11% a un 13% de la seva dieta.

- El primer estudi va ser realitzat per a la mateixa companyia productora del blat de moro, Monsanto, durant 13 setmanes. En ell van utilitzar unes 20 rates d'ambdós sexes i un grup control, rates que no s'alimentaven de blat de moro i amb les que compararien si la diferent alimentació produïa canvis en els organismes de les primeres. Després d'aquest període no es van observar diferències significatives en els diferents

paràmetres que van observar: anàlisis sanguinis, anàlisis d'orina, anàlisis histològics d'òrgans i pes d'aquests.

- Un altre estudi realitzat durant el mateix temps i en les mateixes condicions que l'anterior però extern a l'empresa va indicar que si s'observaven efectes tòxics en els organismes. Aquests efectes eren dosidependents, variaven segons el sexe i estaven associats a la síndrome hepatorenal en el que els ronyons no els funcionaven correctament.
- Finalment un estudi realitzat també externament a l'empresa i en les mateixes condicions però d'una durada de dos anys van mostrar greus efectes tòxics en els organismes. Aquests eren principalment hepàtics, renals i el desenvolupament de tumors més freqüent.

És important també fer estudis a llarg termini per a observar la toxicitat abans que els productes siguin comercialitzats. També és destacable el fet que en l'estudi realitzat per la companyia productora no s'apreciï la toxicitat que és present en l'aliment. Segurament amb la intenció de no mostrar-ho al consumidor i que aquest adquireixi el producte.

### 8.1.4. Reducció de la fertilitat

**Un estudi realitzat a Àustria amb ratolins va concloure que els aliments transgènics redueixen la fertilitat dels organismes que s'alimenten d'ells.**

Aquest estudi va formar part d'una investigació per estudiar els aliments transgènics en ratolins durant 20 setmanes. En ell es va estudiar l'Avaluació de la Reproducció mitjançant Cria Continuada o RACB en anglès. Aquest estudi estava format per dos grups de ratolins d'ambdós sexes. Al primer se l'alimentava amb una dieta que estava formada pel 33% de la varietat de **blat de moro transgènic (NK 603 x MON 810)**, resistent a l'herbicida glifosfat. A l'altre amb un blat de moro semblant però no transgènic. En la tercera i quarta generació de ratolins es va apreciar una reducció del nombre de ratolins en les camades i a la vegada del pes de les cries en els ratolins alimentats amb el blat de moro transgènic.

Com en l'apartat anterior podem comprovar que sí que existeix una reducció de la fertilitat en els organismes en ingerir els aliments transgènics. Els resultats obtinguts són deguts a la gran quantitat d'aquest aliment en la dieta dels subjectes el que no significa que una persona tingui aquests afectes si combina l'aliment transgènic amb una dieta equilibrada.

## 8.2. Enfocats al medi ambient

### 8.2.1. Augment de productes químics a la natura

Un altre efecte nociu que té la producció dels aliments transgènics, principalment els que es troben alterats per a ser resistents a herbicides, és que aquests siguin utilitzats en major mesura. **Com que les plantes són resistents a ells els agricultors no necessiten calcular la quantitat necessària per a eliminar les males herbes dels camps i abusen d'aquests productes.** A més amb l'aparició de vegetació resistent als herbicides se'n necessiten cada vegada de més forts. El glifosfat, el component majoritari dels herbicides acaba contaminant el sol, les aigües i l'aire tornant el terreny àrid i difícil de cultivar.

A més, amb l'aparició de la varietat de transgènics Bt tampoc s'ha verificat la reducció de l'ús de pesticides. És més, **han aparegut plagues resistents al Bt obligant als agricultors a utilitzar-ne de més forts** que contaminen l'ecosistema d'igual manera.

### 8.2.2. Pèrdua de biodiversitat

**L'aparició d'aliments transgènics vegetals posa el perill a les varietats no transgèniques al posseir avantatges per la supervivència.** Els transgènics a l'estar més ben adaptats davant les condicions externes tenen més possibilitats de produir descendència. Existeixen diversos factors que poden causar aquesta pèrdua de biodiversitat i la desaparició de les varietats no transgèniques:



- El possible **encreuament natural entre cultius** en el qual els cultius transgènics poden transferir la seva modificació genètica als cultius convencionals o ecològics. D'aquesta manera aquesta última plantació incorporarà d'igual manera el transgèn produint una plantació transgènica.

A Catalunya, s'han donat gran quantitat de casos de contaminació de conreus. Després de detectar presència transgènica en les seves collites, l'organisme de control de l'agricultura ecològica retira als agricultors ecològics contaminats la certificació d'ecològic. Això, a més, suposa pèrdues econòmiques elevadíssimes a les víctimes de la contaminació; perquè la collita es ven al mercat convencional i no a l'ecològic que és especialitzat. Sense oblidar el desprestigi social que suposa.

- El **baix cos de producció dels aliments transgènics** també fa que les varietats que no ho són siguin produïdes en molta menys mesura i fent perillar la supervivència d'aquesta.
- A més **l'ús d'herbicides** els quals les varietats transgèniques en són resistents pot arribar a les plantacions no transgèniques i causar alteracions en ella o fins i tot la mort de les plantes.

### 8.3. Enfocats en l'impacte social i comercial

#### 8.3.1. Monopolització del mercat

**La creació dels aliments vegetals transgènics està en mans d'unes poques multinacionals que segueixen expandint-se acaparant el mercat agrícola.** Les modificacions genètiques que donen característiques que atrauen el consumidor i el baix cost de producció fan que la plantació d'aquest tipus d'aliments s'estengui ràpidament. A part de la venda de les llavors transgèniques, de les quals en tenen la patent i per tant poden cobrar drets per la comercialització, aquestes empreses també comercialitzen els pesticides i herbicides per tractar els camps. Aquest fet provoca una dependència dels agricultors cap a les grans empreses. D'aquesta manera **s'està reduint el**

**nombre d'agricultors els quals cultiven productes ecològics**, ja que són més cars de produir i no poden oferir competència en el mercat a gran escala. Tot i això mantenen un públic reduït però que si dona importància a la qualitat i origen del producte.

## 9. Reglamentació de la producció i comercialització dels organismes modificats genèticament

A arran dels avenços en la modificació genètica dels aliments ha aparegut la necessitat de la regulació i la normativització d'aquesta perquè se'n faci un ús lícit i segur. Existeixen diverses legislacions que ens afecten sobre aquest tema i per tant les veurem de més amplia a més concreta sobre el nostre territori. Totes elles fan referència als organismes modificats genèticament (OMG) en el que s'inclouen els organismes transgènics.

### 9.1. Legislació internacional

#### 9.1.1. Protocol de Cartagena

**El Protocol de Cartagena sobre Bioseguretat** és un tractat internacional inclòs en el Conveni sobre la Diversitat Biològica (CDB). **Aquest regula els moviments transfronterers d'organismes modificats vius (OMV) derivats de la biotecnologia, així com el seu etiquetatge i ús.**

Va ser anomenat d'aquesta manera per la ciutat de Cartagena, Colòmbia, que va ser la seu fixada per a la seva concentració i creació. La versió final va ser firmada al 29 de gener del 2000 a Montreal, Canadà, com un acord complementari al Conveni sobre la Diversitat Biològica. No va entrar en vigor però fins a l'11 de setembre del 2003.

**L'acord va ser firmat per 170 països d'arreu del món** entre els quals es troba Espanya. Consta de 40 articles i 3 annexes que tenen com a objectiu garantir un nivell adequat de protecció en la transferència, manipulació i ús dels organismes modificats.

### 9.2. Legislació europea

La legislació europea respecte als aliments transgènics actualment regula tots els aspectes que hi estan relacionats: l'aprovació de la introducció de nous

productes al mercat, l'etiquetatge, la traçabilitat, l'autorització d'alliberament i confinament de productes.

Pel que fa al marc legal el Parlament Europeu i el Consell Europeu han anat creant directives i reglaments al llarg dels de les últimes dues dècades a mesura que s'ampliava el coneixement i la producció d'aquests aliments.

La primera va ser **el Reglament (CE) nº258/97 creat l'any 1997 sobre nous aliments i nous ingredients alimentaris**. En aquest es feia al·lusió a l'aparició d'aliments modificats genèticament i que aquests no havien de suposar cap perill per a la salut del consumidor. Per aquest motiu, aquests aliments havien de passar per un procés d'avaluació abans de ser aptes per a la seva comercialització a més de diferents controls periòdics de seguretat.

Seguidament es va formular **la Directiva 2001/18/CE creada el març del 2001 i que normativitzava l'alliberament intencional al medi ambient d'OMG**. D'aquesta manera es controlava que les espècies modificades genèticament no fossin un perill per a la resta i que no alteressin la biodiversitat.

En el **2003 es va aprovar el Reglament (CE) núm. 1830/2003 referent a la traçabilitat i l'etiquetatge d'OMG i d'aliments i pinsos produïts a partir d'aquests**. Aquest normativitza l'etiquetatge i la informació pel consumidor dels organismes modificats genèticament destinats a l'alimentació humana, tant els aliments i pinsos que en continguin com els que s'haguessin obtingut a partir d'ells.

**El 2004 es van fer el Reglament (CE) núm. 65/2004**. Establia un **sistema d'assignació d'identificadors únics als OMG** en el que dotava a cada espècie d'un codi per així fer més fàcil la seva identificació.

És destacable **la recomanació (2010/C 200/01) sobre les mesures de coexistència d'espècies transgèniques** amb les que no ho són per evitar la contaminació dels cultius convencionals i ecològics.

L'11 de març de 2015 es va aprovar **la Directiva (UE) 2015/412** modificant la Directiva 2001/18/CE. En aquesta es **respectava la possibilitat que els**

**estats membres de la unió europea poguessin restringir o prohibir el cultiu dels organismes transgènics en el seu territori.**

Els aliments transgènics tenen mala fama per a la societat en tractar-se d'aliments nous i al no estar completament segurs que són inofensius per a la salut humana. Per això les empreses europees no estan interessades a conrear aquesta varietat però si en importar-la un cop produït d'altres països. A la **Unió Europea només està autoritzat el cultiu d'una varietat transgènica, el blat de moro MON 810** prèviament explicat en aquest treball. Aquesta es cultiva des de 1998 a Espanya, Portugal, Alemanya, República Txeca, Eslovàquia, Polònia i Romania mentre que en 21 països es troba prohibit. En canvi **estan aprovades 69 varietats per a la importació i comercialització**, principalment per a la creació de pinso per a l'alimentació animal o l'elaboració d'un altre aliment per als humans.

### 9.3. Legislació espanyola

Pel que fa a la legislació espanyola es va aprovar **la llei 9/2003 el 25 d'abril del 2003** per la que s'estableix el règim jurídic de la utilització confinada, alliberació voluntària i comercialització dels organismes modificats genèticament. A més els articles 3 i 4 d'aquesta llei **atorguen certes competències a les comunitats autònomes de dins el territori** per a poder decidir sobre l'ús dels organismes modificats genèticament.

### 9.4. Legislació catalana

Respecte a la normativa catalana sobre els organismes modificats genèticament el 28 d'abril de 2015 es va elaborar **el decret 62/2015** en el qual s'estableixen les mesures per a l'exercici de les competències de la Generalitat de Catalunya. Així **aquesta té la capacitat d'atorgar les autoritzacions d'utilització confinada i d'alliberament d'OMG així com la vigilància i el control de les activitats d'aquests productes ja comercialitzats.**

## 9.5. Autorització i control de l'ús dels organismes modificats genèticament

Abans de la comercialització d'un organisme modificat genèticament s'ha de provar la seva seguretat envers la salut humana i animal. Per això trobem diversos organismes encarregats d'aquesta tasca: **l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentaria** (en l'àmbit europeu), **la Comissió Nacional de Bioseguretat** (en l'àmbit espanyol) i **la Comissió Catalana de Bioseguretat** (en l'àmbit català).



European Food Safety Authority

Imatge 32: Logotip de l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentaria

Font: imatge extreta de: <https://www.globalcareersfair.com/job-recruiter/european-food-safety-authority-efsa/>

53

Aquests organismes doncs s'encarreguen d'analitzar i detectar tots els possibles riscos que puguin afectar a la seguretat alimentària incloent els organismes modificats genèticament. A més d'informar sobre les autoritzacions necessàries per a la plantació i comercialització dels organismes modificats genèticament.



Imatge 33: Logotip de la Comissió Europea

Font: imatge extreta de: [https://ec.europa.eu/commission/index\\_es](https://ec.europa.eu/commission/index_es)

Els òrgans governamentals encarregats d'atorgar les autoritzacions són: **la Comissió Europea** (en l'àmbit europeu) i **el Consell Interministerial d'Organismes Modificats Genèticament** (en nivell espanyol). Aquest últim concedeix les

autoritzacions per comercialitzar i cultivar els organismes modificats o productes produïts per aquest així com els assajos o aplicacions mèdiques. A més, és responsable de coordinar i informar tant a les diferents comunitats autònomes com a la Comissió Europea.

Per a fer un cultiu amb caràcter comercial d'organismes modificats genèticament a Catalunya s'han de complir a més unes obligacions imposades per la Generalitat catalana.

Primerament s'ha de **declarar el cultiu en la DUN** (Declaració única agrària) a l'Oficina Comarcal d'Agricultura de la comarca pròpia i que presentarà la petició d'autorització a la institució estatal. En ella ha de constar la totalitat de recintes dedicats a aquest cultiu, l'espècie i varietat de l'organisme modificat genèticament utilitzat. A més s'han de conservar la documentació de la compra de la llavor modificada i de venda del producte tant la llavor, el gra o el material vegetal produït durant 5 anys.

**El departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació** català a més s'encarrega de realitzar controls a aquests cultius per a comprovar el compliment de les obligacions dels agricultors. Alguns d'aquests controls són la inspecció de camp, inspecció documental i mostreig i anàlisis de camp.

Si existeix un incompliment d'aquestes obligacions establertes per la normativa d'organismes modificats genèticament, **pot comportar penalitzacions i sancions econòmiques per a l'agricultor.**

### 9.6. Reglamentació de l'etiquetatge dels aliments modificats genèticament

En el **Reglament (CE) núm. 1829/2003** aprovat per Parlament Europeu i el Consell l'any 2003 **es van establir les bases de l'etiquetatge dels productes que contenen organismes modificats genèticament.** D'aquesta forma els consumidors podien ser conscients de la naturalesa dels productes alimentaris que adquirien. Per això els aliments i pinsos modificats genèticament es troben ara obligats a complir uns requisits d'etiquetatges i traçabilitat.

Estan sotmesos a aquestes normes els aliments, pinsos o productes alimentaris que es venguin a consumidors i que:

- Siguin organismes modificats genèticament
- Continguin organismes modificats genèticament
- S'hagin produït a partir d'organismes modificats genèticament
- Continguin ingredients produïts a partir d'organismes modificats genèticament

Així i tot, aquesta normativa no s'aplica als productes en què la proporció dels ingredients modificats genèticament, considerats individualment, no superi el 0.9% del total. Els que sí superen aquest percentatge hauran d'indicar en el seu etiquetatge els ingredients que estan modificats genèticament però no és obligat indicar quin tipus de modificació tenen ni el percentatge (imatge 34).



Imatge 34: Etiqueta d'un producte indicant que conté ingredients modificats genèticament

Font: imatge extreta de:

<https://elcomercio.pe/blog/expresiongenetica/2016/08/etiquetado-de-alimentos-con-componentes-transgenicos>

El reglament també especifica que la normativa envers els aliments modificats genèticament va dirigida als que han estat produïts a partir d'un organisme modificat genèticament. D'aquesta manera no s'han d'indicar si s'ha utilitzat un auxiliar modificat genèticament per a la producció de l'aliment. Tampoc és necessari en els productes com llet o ous obtinguts a partir d'animals alimentats amb pinso modificat genèticament o tractats amb productes veterinaris modificats genèticament.



## 10. Producció global dels aliments transgènics vegetals

Des de l'aparició de les varietats transgèniques la producció d'aquestes ha anat augmentant durant els últims 15 anys però no ha estat d'una manera uniforme a arreu del món.

La producció global d'aliments transgènics l'encapçalen els països del nord i sud d'Amèrica: **els Estats Units, Brasil, Argentina i el Canadà**. També són molt comuns els conreus transgènics a **l'Índia i a la Xina** on la legislació sobre aquests no és tan estricta.

Segons el Servei Internacional d'Adquisició d'Aplicacions d'Agrobiotecnologia o ISAAA, **durant el 2017 es van conrear arreu del món unes 189,1 milions d'hectàrees d'aliments vegetals transgènics repartides en 26 països**. Aquest fet suposa un augment del 3% respecte a l'any anterior i augmenta així la superfície de la terra destinada al cultiu de transgènics fins a l'1,2% del total de la superfície terrestre.

De la producció global, el 77% de la soja, el 80% del cotó, el 32% del blat de moro i el 30% de la colza són de varietats transgèniques.



Imatge 35: Principals països productors d'aliments transgènics i les hectàrees que destinaven per la seva producció en el 2016

Font: imatge extreta de:

<https://www.lavanguardia.com/natural/20170506/422312083177/informe-mundial-cultivos-transgenicos-espana-lider-europa.html>

Pel que fa a la Unió Europea, on hi ha més consciència sobre els orígens dels productes alimentaris, **21 dels seus països membres han prohibit el cultiu de les varietats transgèniques**. Per aquest motiu únicament és legítim el cultiu del blat de moro MON 810, l'únic autoritzat, a: Espanya, Portugal, Alemanya, República Txeca, Eslovàquia, Polònia i Romania. Tot i que actualment són només Espanya, Portugal, República Txeca i Eslovàquia que continuen utilitzant-los. **El cultiu d'aliments transgènics espanyol actualment representa el 95% del total europeu.**

	Country	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Spain	53,667	75,148	79,269	76,057	76,575	97,326	116,307	136,962	131,538	107,749	129,081
2	Portugal	1,250	4,263	4,851	5,094	4,868	7,724	9,278	8,171	8,542	8,017	7,069
3	Czechia	1,290	5,000	8,380	6,480	4,680	5,091	3,080	2,560	1,754	997	75
4	Romania*	--	350	7,146	3,244	822	588	217	220	771	3	--
5	Slovakia	30	900	1,900	875	1,248	761	189	100	411	104	138
6	Germany	950	2,685	3,173	--	--	--	--	--	--	--	--
7	Poland	100	327	3,000	3,000	3,000	3,000	N/A	--	--	--	--
	<b>Total</b>	<b>57,287</b>	<b>88,673</b>	<b>107,719</b>	<b>94,750</b>	<b>91,193</b>	<b>114,490</b>	<b>129,071</b>	<b>148,013</b>	<b>143,016</b>	<b>116,870</b>	<b>136,363</b>

Imatge 36: Evolució de les hectàrees destinades al cultiu del blat de moro MON 810 dels diferents països de la UE

Font: imatge extreta de:

<https://www.lavanguardia.com/natural/20170506/422312083177/informe-mundial-cultivos-transgenicos-espana-lider-europa.html>

A la UE els **productes transgènics autoritzats per a la comercialització** pertanyen a les següents espècies: blat de moro, colza, soja, cotó i remolatxa sucrera. No és possible comprar a la UE aliments transgènics d'un altre tipus (ni tomàquets, ni blat, ni albergínies). **Aquests productes són importats majoritàriament dels països d'Amèrica del Sud i els Estats Units** on hi ha una gran producció i es localitzen les grans empreses del sector. Es solen utilitzar com a ingredients per elaborar altres aliments i sobretot per a fer pinso animal, el consum directe és molt poc freqüent.

Pel que fa a les quasi 130.000 hectàrees destinades a la producció d'aliments transgènics a Espanya, es troben repartides entre les diferents comunitats autònomes d'una forma bastant desigual. **L'Aragó i Catalunya encapçalen la llista amb 46 i 41 mil hectàrees** seguides d'Extremadura, Andalusia i Navarra amb 15, 10 i 8 mil hectàrees respectivament.

Country	2012	2013	2014	2015	2016
Aragon	41,669	54,451	54,041	42,612	46,546
Catalonia	33,531	33,996	36,381	30,790	41,567
Extremadura	15,952	16,979	13,815	9,827	15,039
Navarra	5,801	7,013	7,264	6,621	8,066
Castile-La Mancha	7,883	8,766	7,973	5,734	5,932
Andalusia	10,362	12,862	10,692	11,471	10,919
Others	1,109	2,895	1,371	695	1,011
<b>Total</b>	<b>116,307</b>	<b>136,962</b>	<b>131,538</b>	<b>107,749</b>	<b>129,081</b>

Imatge 37: Evolució de les hectàrees destinades al cultiu del blat de moro MON 810 a les diferents comunitats autònomes d'Espanya

Font: imatge extreta de:

<https://www.lavanguardia.com/natural/20170506/422312083177/informe-mundial-cultivos-transgenicos-espana-lider-europa.html>

## 11. Estudi de la soja transgènica

Investigant i preguntant a agricultors i cooperatives de la zona de la Garrotxa em vaig topair amb un projecte que està essent realitzat per la Cooperativa Verntallat relacionat amb la soja modificada genèticament i en la que es basarà aquest apartat el qual serà de caràcter més pràctic. Gràcies a les facilitats que m'ha ofert tant la cooperativa com en Ramon Torrent Sala, el seu vicepresident, he pogut observar el seu projecte i a la vegada ser capaç de realitzar la meua pròpia investigació i treure'n unes conclusions després del que he observat. En aquest estudi he tractat tant amb soja modificada genèticament com amb transgènica pel que també he set capaç de diferenciar millor els termes.

La meua investigació consta dels següents apartats:

Primerament vaig realitzar una **entrevista a en Ramon** per a informar-me bé sobre aquest projecte. Així he pogut aprendre d'on va sorgir la idea i quin benefici els pot aportar entre altres coses, a més de la seva opinió personal sobre el tema dels aliments transgènics.

La cooperativa em va proporcionar llavors de la soja modificada que utilitzen i de blat de moro. Amb aquestes he pogut **fer una plantació d'aquestes varietats** i veure'n el creixement i comparar-les per així veure si la soja podria ser un substitut del blat de moro.

Relacionat amb l'apartat anterior també he acabat de **veure el creixement del blat de moro i la soja en els camps de la cooperativa**. Això m'ha permès veure el final del seu creixement que no podria veure en la meua plantació per falta de temps.

També he fet **una anàlisi a diferents llets de soja**, tant transgènics com no transgènica per a comparar-les amb les de la llet de vaca. Aquest l'he realitzat mitjançant proves de laboratori.

Finalment he fet **una anàlisi semblant a unes farines fetes de soja** que venen a la cooperativa i que s'utilitzen per a fer pinso animal, una d'elles era transgènica i l'altre no.

### 11.1. Entrevista

Hola, molt bon dia.

Sóc l'Alba Simon Mata, i actualment estic estudiant el batxillerat científic a l'INS Bosc de la Coma. A més, aquest estiu estic realitzant el Treball de Recerca el qual estic fent sobre aliments transgènics i la bioenginyeria aplicada a l'alimentació. Moltes gràcies per accedir a realitzar aquesta entrevista i li demano permís per a incloure el seu contingut en el treball.

- Quin és el teu nom complet, data i lloc de naixement i residència actual?

- Ramon Torrent Sala, he nascut l'11 Setembre del 1985 a Olot i visc al Mallo de tota la vida.

- Quins estudis has cursat (tant de primària, secundària, com postobligatoris si és el cas) i en quins centres ho has fet? Quina titulació tens?



Imatge 38: Ramon Torrent Sala

Font: imatge pròpia

- Vaig fer primària, després l'ESO a l'IES Garrotxa d'Olot i quan vaig acabar vaig fer el cicle de grau mitjà de tècnic d'explotació agrària extensiva també a l'IES Garrotxa.

- Quins motius van fer que et decantessis a treballar per l'àmbit de l'agricultura?

- Bé, la meua família és d'una masia que es diu Mas Gingi i sempre hem fet de pagesos i tenim vaques de llet. Doncs com que m'agradaven els animals, vaig decidir dedicar-me a alguna feina que estigués relacionada per poder-me quedar a casa.

**- Com vas començar a treballar a la Cooperativa Verntallat i amb quin càrrec?**

- Vaig començar arran de fer el grau mitjà. Com que havia de fer 400 hores de pràctiques i som socis d'aquí la cooperativa, ja que el meu avi va ser un dels fundadors, el pare va dir:

*Home! Perquè no vas a la cooperativa i així veuràs alguna cosa nova que toquen moltes coses? Perquè per anar a alguna altra granja ja ho veus a casa i ja has anat a moltes granges durant el curs...*

I al final vaig decidir fer les pràctiques aquí a la cooperativa. Després de fer les pràctiques ells mateixos em van dir de venir a fer unes hores, substitucions, i vaig començar aquí de peó, a baix de tot. Llavors em van anar enganxant, que si ara en faltava un de magatzem i l'havia de substituir i al final vaig anar pujant fins al meu càrrec actual.

**- Quin càrrec ocupes actualment i quina és la teva funció?**

- Ara sóc el vicepresident de la cooperativa i a més formo part de la junta rectora. En ella som dotze pagesos d'aquí de la zona i està formada per: un president, un vicepresident, un secretari, un tresorer i vuit vocals. Quan hi ha una decisió important la traslladem a la junta rectora i aquesta és la que acaba decidint el que es fa.

Doncs jo al dia a dia, conjuntament amb la Marta, portem la gerència de la cooperativa, ja que de gerent no en tenim. Jo porto la part agrària en la qual hi ha diverses branques: la branca de la llet, de cereals, la fàbrica de pinso, la gasolinera, la botiga agrària, serveis externs... La Marta porta més la part de les botigues i forn de pa.

**-M'he assabentat que la Cooperativa Verntallat està duent a terme un projecte relacionat amb la plantació de soja modificada genèticament a la Vall d'en Bas. Com va sorgir la idea de realitzar-lo en els vostres camps?**

-Va sorgir a causa dels problemes que hi ha amb el porc senglar que es menja molt el blat de moro i tota aquesta problemàtica, va haver-hi un agricultor que va dir:

*Ostres! Anys enrere s'havia fet soja aquí a la Vall d'en Bas i havia anat bé. Perquè no ho tornem a provar? Busquem uns tècnics que ens assessorin bé i fem la prova un any? A més seria un cultiu més a introduir dins la rotació de cultius que ens exigeixen des d'Europa i si llavors el porc senglar s'ho menja menys també seria una alternativa al blat de moro als camps de secà.*

La idea va venir arran del suggeriment d'aquest agricultor.

**-Quin tipus de plantes modificades genèticament utilitzeu i quines propietats addicionals tenen que no posseeixin la varietat no modificada?**

-Bé, és una varietat de soja modificada genèticament més resistent a les malalties, suposo, com que són nous tampoc t'ho puc assegurar. Però s'ha de fer la prova aquest any i veurem com reacciona en aquesta zona.

**- Per a quin motiu vàreu seleccionar aquest tipus de OMG per al projecte?**

Bé, com ja he dit fa uns anys se'n va fer a la cooperativa i van entrar fins a 500 tones. També ens vam decidir per la soja perquè és una gran font de proteïna que és el que més es valora avui en dia al mercat. Fins i tot hi ha gent que ens en demana de soja sobretot per fer pinso i si funcionés, seria una alternativa doncs i per fer dintre la rotació de cultius.

**- Vàreu haver de demanar permisos especials per a cultivar-los a causa de la normativa que hi ha en relació als aliments modificats genèticament?**

- No, això no, simplement posar-ho a la DUN, la declaració que fan els pagesos de les terres. En ella has de dir a cada camp què hi vols posar i el pagès va posar que darrere l'ordi feria soja.

**- No s'havia d'especificar si és modificada genèticament?**

- Sí, això sí, llavors entre ells havia de posar si era modificada o no ho era, el de més no. No va haver-hi cap problema i no varen demanar res més.

**-Quina serà la utilitat de la producció d'aquesta soja?**

- Aquest any serà per pinso. Si no és seca, la portarem a assecar o l'assecarem nosaltres i després la portarem a una fàbrica de pinso per passar-la pel molí directament. Després més endavant doncs mirarem si es pot fer soja doncs bé, més natural o ecològica inclús ens han sortit diverses possibilitats també, però com que som nous hem d'anar investigant.

**- I podria acabar per al consum humà?**

- Podria acabar per al consum humà al ser soja no transgènica com aquesta que només és modificada genèticament, podria arribar a consum. És una possibilitat que podríem contemplar si continuéssim amb la seva producció.

**- Quina diferència de benefici us pot aportar aquesta producció de soja modificada envers una altra espècie que no ho sigui?**

-Bé, el cost de plantar-la envers el blat de moro també és menor. En el blat de moro el preu de la llavor també és més cara i es necessiten herbicides i adobs. En canvi la soja al ser modificada genèticament és més resistent i no necessita aquests productes, inclús pot afavorir la terra en la rotació de cultius, ja que la deixa esponjosa i permet que s'enriqueixi.

**- I els preus?**

- D'acord, els preus es mouen, són molt variables i depenen molt de cada campanya i l'oferta-demanda que hi ha. Normalment ronden els 300 euros per tona la soja i uns 150 el blat de moro.

**- Què consideràrieu com un èxit en aquest projecte?**

- Que les produccions fossin bones, perquè per ara ha germinat bé i s'ha adaptat adequadament a aquesta zona. Ara està fent les tavelles més primerenques i la cosa pinta bé, falta que grani i acabar de fer tot el cicle bé.



Clar que si donés mil quilos per quartera o mil dos-cents ja seria un cultiu interessant i a tenir en compte per altres anys.

**- Si tingués èxit, tindríeu pensat tornar-la a produir?**

- Sí, hi ha molts pagesos que diuen que si funciona i tingués una producció mínimament rendible doncs que ja la posarien en la seva rotació de cultius i estarien interessats a fer-ne altres anys. Així l'utilitzarien com a segon cultiu, darrere l'ordi que es recull el mes de Juny farien un cicle curt de soja o bé inclús hi ha pagesos plantejant-se fer-la com a cultiu principal i entrar-la directament dins la rotació. La gent està interessada i està a l'expectativa, a veure què passa.

**- Faríeu una producció completament modificada genèticament o alternaríeu la producció d'aquestes varietats amb altres que no ho fossin? Per a quin motiu?**

- Bé clar, no ho sé, per saber això encara és molt aviat. Aquest any és la prova i no sabem com anirà tot i això ja se'ns han obert algunes opcions, inclús fer soja ecològica. Ara de moment fem la prova, mirarem que el cicle s'adapti aquí a la zona i a veure com va tot i després, segons els números, la gent repetirà o no.

**- Sobre el tema de la rotació de cultius, com encaixaríeu la soja en ells?**

- Com ja he dit abans la rotació de cultius és indispensable en l'agricultura perquè la terra no perdi riquesa. Normalment els pagesos de la zona cultiven un any blat de moro, el següent fan blat o ordi, l'altre es pot fer colza, doncs la soja seria un cultiu més a tenir en compte de posar dins la rotació per a variar. Hi ha zones com Sant Feliu, les Planes que ho farien en lloc del blat de moro que el senglar se'l menja molt i no se'n pot fer, la soja en aquest cas substituiria el blat de moro. El que és important és no sempre el mateix al mateix lloc, ja que a la terra no li va gaire bé. En canvi, si vas canviant de cereal, la terra li agrada més, cada cultiu té les seves característiques i aporten i estiren diferents nutrients a la terra.

**- Personalment quina és la teva opinió sobre els aliments transgènics?**

- Home, jo sóc partidari dels aliments no-transgènics i de fet les llavors que es venen aquí és gairebé tota no transgènica se selecciona intentant evitar-les en la mesura del possible. A casa l'explotació que fem també és d'aliments no transgènics. Simplement en aquesta zona no ens cal, ja que la diferència amb les no transgèniques no és molta i la gent cada vegada és més conscient d'aquestes coses, si es poden evitar els aliments transgènics, millor. En altres zones sí que en fan servir molt bàsicament perquè no tenen accés a cap altre que no sigui transgènic, però aquí a la Vall d'en Bas de moment no. Jo sóc partidari de no- transgènics.

**- Creus que són beneficiosos o perjudicials per als humans?**

- Diuen que al final poden ser perjudicials per a la salut i he vist estudis que ho diuen. Jo tampoc sóc metge ni doctor però si es pot evitar doncs millor per no arriscar-nos a possibles efectes perjudicials per a la salut.

**11.1.1. Conclusions**

Ha estat una entrevista molt interessant i he pogut comprendre molt millor el projecte que està realitzant el Verntallat amb la soja modificada genèticament en comparació amb la idea inicial que en tenia.

Primerament opino que l'elecció de la soja és molt encertada en aquesta zona, ja que com ha dit en Ramon, la presència de porcs senglars salvatges que poden fer mal bé altres tipus de collita. D'aquesta manera es pot obtenir un benefici de la totalitat de la collita de soja i no de solament d'una part com passa en el cultiu del blat de moro en la que el porc senglar es menja els seus fruits.

Crec que des de la cooperativa **no es dona molta importància al fet que la soja sigui modificada genèticament o no es té molt en compte**, ja que és la varietat més fàcil d'aconseguir i econòmica que no una ecològica. Tot i això els avantatges que aquesta ofereix poden incrementar molt el benefici de la cooperativa al no necessitar tants productes químics per tractar-la que augmentin la despesa.

Un fet que m'ha sorprès però ha estat el poc coneixement que té la cooperativa sobre la modificació de la soja. Això m'ha confirmat que no li donen molta importància a aquest aspecte però a la vegada m'ha preocupat que no tinguessin aquesta informació que considero bastant important. El que sí que han set capaços ha estat de donar-me el nom de l'espècie de soja amb el qual he pogut obtenir aquesta informació.



Imatge 39: Etiquetatge de la soja modificada genèticament utilitzada per la Cooperativa Verntallat

Font: imatge pròpia

La soja que han cultivat és de l'espècie **(Glycine max (L) Merrill)** i varietat **ES Senator**, aquesta li han introduït un gen sintètic, el **MB-16**. Al ser sintètic fa que no puguem anomenar-la

transgènica, ja que no prové d'un altre organisme, però sí que sigui modificada genèticament. Tot i això ha estat creada pel mateix mètode que un aliment

transgènic i es comporta de la mateixa manera al sintetitzar noves proteïnes que li proporcionaran una altra qualitat prèviament inexistent. El gen introduït fa que es produeixi **la proteïna MB-16, rica en alguns dels aminoàcids essencials** com la metionina, la treonina, la lisina, la leucina i cisteïna. Aquest fet és molt beneficiós per a l'organisme que ingereix l'aliment, ja que incorpora aquests aminoàcids que posteriorment pot utilitzar per a la formació de proteïnes.

Finalment el baix cost de producció i el preu de venda al mercat fan de la soja modificada genèticament una gran atracció per als pagesos. Tot i això és bo saber que també estan estudiant l'opció de fer una varietat no transgènica en els pròxims anys. Encara que pugui resultar una mica més cara la compra de les llavors o el cultiu d'aquesta, pot aportar també molts beneficis econòmics i enriquir el mercat agrícola de la zona.

## 11.2. Comparació del creixement i desenvolupament de la soja modificada genèticament i del blat de moro (1<sup>a</sup> part)

### 11.2.1. Introducció

Com que els pagesos s'estan plantejant substituir el blat de moro, que es veu danyat pel porc senglar salvatge, per la soja, la qual no es veu afectada, he decidit fer un estudi del creixement d'aquestes dues espècies. **En aquesta primera part observarem el creixement de les plantes** i la segona es centrarà més en la seva producció. La Cooperativa va proporcionar-me de manera gratuïta llavors de les que ells utilitzen per a plantar en els seus camps amb la que realitzaré aquesta primera part.

### 11.2.2. Problema a investigar

Tindran el mateix ritme de creixement les dues espècies vegetals: arribaran a l'alçada màxima i produiran els fruits al mateix moment?

### 11.2.3. Fonts d'informació

Com ja he explicat prèviament la **soja** que la cooperativa utilitza i que m'han proporcionat és de la varietat **ES Senator**. A aquesta se li ha introduït un gen sintètic el qual fa que es tracti d'una varietat modificada genèticament. A conseqüència de la inserció d'aquest gen, la soja produeix una proteïna que la fa **rica en uns determinats aminoàcids essencials**. Aquesta espècie a més té un **contingut mitjà en olis i alt en proteïna**.

La soja es tracta d'una espècie de la família de les **lleguminoses**. El seu creixement és indeterminat, el que significa que creix i floreix a la vegada al tractar-se d'una varietat de cicle curt. Inicialment, després de 4-10 dies de plantar les llavors apareixen els cotilèdons, estructures semblants a fulles però més dures. Seguidament la planta va creixent i es van produint ramificacions i apareixent les fulles en els seus extrems. **La seva altura màxima sol ser d'uns 50-70 cm**. La soja té inflorescències, agrupacions de petites flors blanques o liloses que apareixen en els punts de ramificació. En aquests punts també apareix el fruit de la soja, en forma de tavelles. Aquestes són petites, de 2 a 3 grans, peludes i verdes. **El període de creixement de la planta de soja sol durar entre 30 i 45 dies**, la floració es dona després de 25-40 dies després

de la plantació i l'aparició de les tavelles de 7-15 dies després de la floració i tarden uns 30 dies en madurar.

Pel que fa al reg de la soja distingim dues etapes. En la primera, que va des de la plantació fins a la germinació de les plantes, la llavor necessita absorbir un 50% del seu pes en aigua pel que s'ha de regar diàriament però evitant els entollaments. En la segona fase, que va des de la floració fins a la formació de les tavelles el consum d'aigua augmenta. La temperatura adequada per al cultiu de la soja és d'uns 20-30 °C. No pot ser cultivada en un terra ric en nutrients, únicament necessita un alt contingut en nitrogen. Aquest però no ha de ser aportat a la terra en forma d'adob sinó que s'obté naturalment gràcies a la **simbiosi lleguminosa-*Rhizobium***. Aquest bacteri es troba en el sòl i quan es troba amb una arrel d'una lleguminosa hi penetra i prolifera cel·lularment creant un nòdul, una massa visible. El bacteri capta el nitrogen atmosfèric i el fixa a aquests nòduls perquè pugui ser utilitzat per a la planta. **Així la planta rep el nitrogen necessari per al seu desenvolupament i el bacteri rep glúcids, proteïnes i oxigen provinents de la planta per a poder realitzar les seves funcions vitals.** Un adob químic ric en nitrogen pot dificultar o impedir la nodulació i per tant la fixació de nitrogen

El blat de moro és una espècie de la família de les **gramínies**. La varietat de **blat de moro** que m'ha proporcionat la cooperativa és de la varietat **SY Gibra** de cicle curt de 400. Aquesta varietat resisteix bé els canvis de temperatura i té un ràpid assecament. La germinació del blat de moro comença als 3-5 dies de la seva plantació, seguidament la planta va creixent sense produir ramificacions però si fulles allargades i estretes. Quan la planta té unes 8-10 fulles apareix la panícula, a la part superior de la planta, és una inflorescència, una agrupació de petites flors blanques o grogues. En aquest procés en què la planta ha madurat completament, **arribarà a una alçada de 105-110 cm després d'uns 110 dies de la seva plantació.** Un cop la planta arriba a la seva etapa adulta pot ser pol·linitzada i llavors crearà la panotxa, inicialment aquesta serà petita i els grans blancs però anirà creixent fins a estar madura al cap d'uns 55 dies.

Pel que fa al consum d'aigua, inicialment la llavor necessita absorbir un 30% del seu pes en aigua per a germinar. Durant el seu creixement les necessitats

hídriques augmenten i seguidament disminuiran quan s'estigui formant la panotxa. La temperatura adequada per al cultiu del blat de moro és d'uns 25-30 °C i el terra ha de ser profund. Les característiques del sòl per a la plantació del blat de moro és que aquest sigui ric en nitrogen, fòsfor i potassi que únicament es poden incorporar a la terra a través d'adobs. El bacteri *Rhizobium* no pot penetrar en les arrels de les gramínies pel que no es pot produir la simbiosi.

### 11.2.4. Hipòtesis

Potser el blat de moro al ser una espècie vegetal bastant alta, necessita més temps abans d'arribar a la seva etapa adulta en comparació a la soja que no ho és tant.

### 11.2.5. Experimentació

- **Objectiu:**

Comparar el creixement i desenvolupament del blat de moro i la soja modificada genèticament.

- **Material:**

- 20 testos de 15 cm de diàmetre i 15 cm de profunditat
- 10 llavors de blat de moro de la varietat SY Gibra
- 10 llavors de soja modificada genèticament de la varietat ES Senator
- Terra procedent d'un camp de cultiu
- Varettes de fusta i filferro
- Etiquetes i retolador
- Cinta mètrica

- **Variables:**

- Variables controlades: Quantitat d'aigua diària, nombre d'hores d'exposició solar diària, tipus de terra, mida de test, profunditat de les llavors al ser plantades.

- Variable independent: espècie vegetal.

- Variables dependents: Mida de la planta, aparició de fruits.

- **Disseny de l'experiment**

1. Col·locar terra extreta d'un camp de cultiu en cada un dels testos fins a un centímetre abans de l'extrem d'aquest.
2. Fer un petit clot d'uns dos centímetres a la terra.
3. Posar una llavor de blat de moro en 10 d'ells i una de soja modificada en la resta. Seguidament cobrir-les amb terra.
4. Etiquetar els testos amb l'espècie vegetal que se'ls ha plantat i una codificació numèrica. Col·locar-los en dues files, una de cada espècie, perquè sigui més fàcil identificar-los. La distribució final ha de quedar així:

BM 1	BM 2	BM 3	BM 4	BM 5	BM 6	BM 7	BM 8	BM 9	BM 10
S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10

(BM = blat de moro, S = soja modificada genèticament)

5. Col·locar els testos a l'exterior evitant els llocs on els toqui el sol pel migdia i orientar-los de manera que rebin la mateixa quantitat de llum.
6. Regar els testos amb 10 ml d'aigua diàriament perquè la terra es mantingui humida. Evitar regar si ja hi està o si plou.
7. Mesurar regularment l'alçada de les plantes. Les primeres 2 setmanes mesurar cada dia, un cop passat aquest temps, mesurar dos cops a la setmana.
8. Quan les plantes ja tinguin una alçada considerable, clavar la vareta de fusta en els testos, al costat de la planta, i unir-la a ella amb un filferro per assegurar-nos que la planta creix recta i no es dobleguin.

Realitzem l'experiment en 10 testos diferents de cada espècie per així tenir rèpliques. També ho fem per poder comparar el creixement dels diferents exemplars de la mateixa espècie i així fer-nos una idea global del creixement de cada espècie.

### **11.2.6. Resultats**

Aquests són les alçades de les plantes de blat de moro i soja modificada genèticament, al llarg de les vuit setmanes que ha durat l'experiment, mesurades en centímetres:



Mengem vegetals transgènics?

	BM1	BM2	BM3	BM4	BM5	BM6	BM7	BM8	BM9	BM10	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
<b>Dia 0 (plantació)</b>																					
<b>Dia 1</b>																					
<b>Dia 2</b>																					
<b>Dia 3</b>																					
<b>Dia 4</b>	0,2							0,2	0,5	0,2											
<b>Dia 5</b>	1,5		0,5	0,7		0,5	1	3	2												
<b>Dia 6</b>	4,3	1	3,2	3,5		2,5	3,5	5	4,5	4,5			1								
<b>Dia 7</b>	6,5	2,5	6,2	7,5		6	6,7	8,3	7,5	7			3								
<b>Dia 8</b>	10	4	8,5	11,5		7,5	10,5	12	11,5	10			5,5		0,5					0.1	
<b>Dia 9</b>	12,5	5,5	11,5	14		9,5	12,5	15	14	12			6.5		1.5					1	
<b>Dia 10</b>	14	8	14,5	16,5		12,5	16	17	17	13,5			8		2,5					2.3	
<b>Dia 11</b>	18	12	18	21		15	18	20	18	15,5			11,5		4					2.7	
<b>Dia 12</b>	22	14,5	20	23		17,5	21,5	24,5	24,5	17,5			14		6					3	
<b>Dia 13</b>	23,5	17	21,5	25		19	23	26	27	19			15		7					3	
<b>Dia 14</b>	25	21	24	27,5		21	25	28,5	30,5	21			16,5		8,5					4	
<b>Dia 15</b>	26,5	24	26	29,5		23,5	26,5	31	33	23,5			17		10					4.5	
<b>Dia 19</b>	34,5	36	35	40		35	39,5	41,5	42	38			22		21,5					5.5	

## Mengem vegetals transgènics?

	BM1	BM2	BM3	BM4	BM5	BM6	BM7	BM8	BM9	BM10	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<b>Dia 22</b>	40	44	41	47		41,5	46	45,5	48,5	46			25,5		26				6	
<b>Dia 26</b>	48	51	50,5	51		49	52	51,5	55	52			30		32				7.5	
<b>Dia 29</b>	52,5	56	53	54		53	55,5	54	58	56			32,5		35,5				9	
<b>Dia 33</b>	55	60,5	56,5	58		58	59,5	59	62,5	59,5			35		37				10.5	
<b>Dia 36</b>	59,5	64	61	60,5		63,5	64	62	65	62			36,5		40,5				12	
<b>Dia 40</b>	64	68.5	65	63		67	68,5	66	67,5	64			38		43				14.5	
<b>Dia 43</b>	67	72	69,5	65		70,5	71	68,5	70	65,5			38		44,5				15	
<b>Dia 47</b>	72	75.5	73	67		73	74.5	70,5	74	67,5			38,5		46				15	
<b>Dia 50</b>	75	79	75	71		71	77	71,5	77	69			39		47				15	
<b>Dia 54</b>	70	77,5	72,5	73		68,5	80	73	79	70,5			40		48				15	
<b>Dia 57</b>	67,5	75	71	74,5		67	78,5	75,5	80	71			40		48				15	

Font: creació pròpia

Aquestes són les imatges de l'evolució de les plantes al llarg de les setmanes:



**Imatge 40: Dia de la plantació de les llavors als seus testos corresponents**

**Font: imatge pròpia**



**Imatge 41: Dia 7, una setmana després de la seva plantació**

**Font: imatge pròpia**



**Imatge 42: Dia 14, dues setmanes després de la seva plantació**

**Font: imatge pròpia**



**Imatge 43: Dia 21, tres setmanes després de la seva plantació**

**Font: imatge pròpia**



**Imatge 44: Dia 28, quatre setmanes després de la plantació**

**Font: imatge pròpia**



**Imatge 45: Dia 35, cinc setmanes després de la plantació**

**Font: imatge pròpia**



**Imatge 46: Dia 42, sis setmanes després de la plantació**

**Font: imatge pròpia**



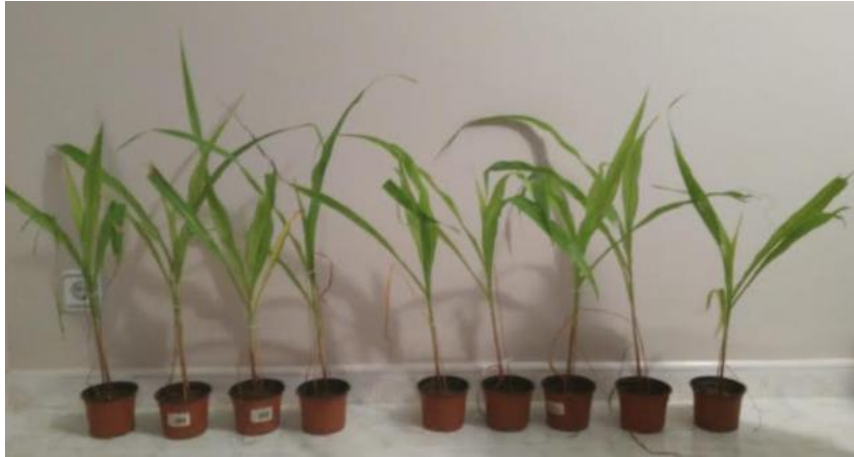
**Imatge 47: Dia 49, set setmanes després de la plantació**

**Font: imatge pròpia**



**Imatge 48: Dia 49, aparició de les primeres tavelles de soja**

**Font: imatge pròpia**



Imatge 49: Dia 56, vuit setmanes després de la plantació i mida final del blat de moro (d'esquerra a dreta: BM1, BM2, BM3, BM4, BM6, BM7, BM8, BM9 i BM 10)

Font: imatge pròpia



Imatge 50: Dia 56, vuit setmanes després de la plantació i mida final de la soja modificada genèticament (D'esquerra a dreta: S3, S5 i S9)

Font: imatge pròpia



Imatge 51: Dia 56, mida final de les taelles de la soja modificada genèticament

Font: imatge pròpia

### 11.2.7. Conclusions

Primerament, cal destacar **la diferència del nombre de germinacions entre les dues espècies**. Mentre que en el blat de moro han germinat tots els exemplars excepte un, el del cinquè test, en la soja únicament han germinat tres exemplars. Aquest fet pot ser causat per a la delicadesa d'aquesta espècie i també per la terra utilitzada. Vaig recollir la terra d'un camp de la zona propera a la cooperativa Verntallat buscant que aquesta fos la mateixa que utilitzen els pagesos. Tot i això pot ser que aquesta no fos adequada per a la soja, ja que el camp encara no havia estat plantat i potser contenia massa nutrients, la soja

precisament necessita un terra on no n'hi hagi tants, ja que gràcies a la simbiosi lleguminosa-*Rhizobium* rep el nitrogen naturalment. Aquest fet converteix a la soja en un molt bon segon cultiu, ja que pot aprofitar un terra on no hi hagin quedat aquests nutrients els quals s'haurà emportat el primer cultiu.

Pel que fa al **temps de germinació**, veiem que les plantes de blat de moro ho van fer abans, al quart i cinquè dia després de plantar-les mentre que la soja ho va fer una mica més tard entre el sisè i vuitè.

En el creixement del blat de moro veiem que durant les tres primeres setmanes aquest és molt ràpid i té una mitjana de 2-3 cm/dia. Un cop superat aquest període el creixement es frena i la mitjana baixa als 1-1,5 cm/dia. En la soja en canvi veiem un creixement continu i uniforme amb una mitjana de 1-1,5 cm/dia. Cal destacar però que l'exemplar S9 no segueix aquest ritme i és que va parar el seu creixement amb l'aparició dels cotilèdons amb una altura de 5 cm. Passat un període d'una setmana en la qual pràcticament no va créixer, va reprendre el seu creixement d'una forma molt més alentida que els altres exemplars. Per aquest motiu no el podem considerar com un exemplar que representi adequadament el creixement de la seva espècie.

**L'alçada final del blat de moro**, després de 8 setmanes duent a terme l'experiment, **es troba entre els 65 i 80 centímetres**. Tenint en compte que aquesta varietat normalment arriba als 110 centímetres, els exemplars han realitzat entre un 60% i un 72% del seu creixement. **La soja en canvi**, sense tenir en compte l'exemplar que no ha seguit amb el seu creixement d'una forma normal, **ha arribat a una alçada de 40-48 centímetres**. La mitjana d'alçada d'aquesta varietat ronda els 60 centímetres el que significa que han realitzat entre un 66% i un 80% del seu creixement. Respecte als dos percentatges de creixement també **pot haver influït la mida dels testos en què es trobaven**, mentre que per la soja no suposa cap problema, el blat de moro necessita un terra més profund perquè les seves arrels puguin desenvolupar-se correctament i captar els nutrients del sol pel correcte creixement de les plantes.

Un altre aspecte a destacar ha estat la producció dels fruits. **En la soja hem vist aparèixer les tavelles més primerenques al cap de set setmanes** després de la seva plantació i mentre encara s'estava produint el creixement de la planta. Tot i que les tavelles segueixen un bon ritme de maduració encara els queda un temps perquè aquestes s'assequin i es puguin recollir. En el blat de moro no hem vist ni la panícula que es produeix quan la planta comença a arribar a la seva fase adulta i que és el primer pas per a l'aparició de la panotxa.

Finalment, he vist que **algunes plantes de blat de moro han perdut alçada** durant la setena i vuitena setmana, concretament els exemplars BM1, BM2, BM3 i BM7. Aquest fet ha estat perquè **les fulles més altes d'aquests han estat malmeses i destruïdes, produït per un insecte o eruga** desconegut el qual s'ha alimentat de les seves fulles (imatge 52), ja que he apreciat el que semblen ser restes d'excrements en elles. Aquest però ha afectat en molt menor mesura pel que fa a la soja, ja que només s'aprecien petites perforacions en les seves fulles (imatge 53). Aquest fet també converteix a la soja en un cultiu a tenir en compte pel fet que no és tan atacada pels insectes de la zona i a la vegada no es necessitaran tants insecticides per a protegir-lo com el blat de moro i el cost de produir-la no serà tan elevat.



Imatge 52: Fulles malmeses de blat de moro

Font: imatge pròpia



Imatge 53: Fulles malmeses de soja

Font: imatge pròpia

Un cop havent realitzat l'experiment he comprovat que **la meva hipòtesi era certa** però en menys mesura del que em pensava. Si comparem els percentatges dels creixements finals, d'ambdues espècies no disten tant tot i que la del blat de moro és inferior. A aquest encara li falten uns altres 50 dies per a arribar a la seva etapa adulta que és a partir dels 110 dies i en la que començarà a produir la panotxa. La soja, en canvi, sí que ha arribat a l'etapa adulta i ja ha produït les tavelles en aquest període de temps.

**La modificació genètica que posseeix la soja no la podem apreciar en el seu creixement**, ja que afecta la seva qualitat nutricional. Precisament aquest fet, juntament amb la rapidesa de l'entrada en l'etapa adulta i la producció del fruit, al no haver de ser atacada per a les plagues i el benefici econòmic de venda al mercat fan que sigui un cultiu molt adequat per a la zona. **En el meu criteri sí que és capaç de substituir el blat de moro**, el qual té un cost més elevat de producció, ja que necessita plaguicides, el preu al mercat és inferior i en aquesta zona és danyat pel porc senglar. Tot i això, una condició bàsica perquè succeeixi és que sigui capaç de germinar en grans quantitats a diferència del què a passat en el meu experiment.



## 11.3. Comparació del creixement i desenvolupament de la soja modificada genèticament i del blat de moro (2<sup>a</sup> part)

### 11.3.1. Introducció

La Cooperativa Verntallat també em va indicar en quin camp estaven realitzant la seva investigació i em van donar permís perquè pogués anar a observar-lo. A més de veure la soja modificada genèticament també he observat camp pròxim de blat de moro. Tenint en compte que les primeres etapes ja les he pogut observar en la meua pròpia plantació, vaig observar el creixement i producció del fruit d'aquests camps dos mesos després de la seva plantació.

### 11.3.2. Problema a investigar

Tindran una producció de fruit semblant la soja i el blat de moro?

### 11.3.3. Fonts d'informació

El camp de soja està situat al carrer paral·lel al passeig de Can Trona, en la Vall d'en Bas, passat el pont. El de blat de moro es troba 500 metres més endavant en el mateix passeig de Can Trona i al costat del restaurant (imatge 54).

La plantació de soja modificada genèticament es va portar a terme la primera setmana de juny. **Aquesta soja modificada és la mateixa que he utilitzat per a la meua plantació** pel que ja l'he explicada a l'apartat anterior.



Imatge 54: Localització dels camps: en groc la delimitació del camp de soja i en vermell el de blat de moro

Font: imatge pròpia

La plantació del blat de moro es va produir a la segona setmana de maig. Aquesta varietat és diferent de la que jo he utilitzat. La meua tenia un cicle curt per a poder comparar el creixement amb el de la soja que també ho és. Aquesta, en canvi, és de la varietat **SY Inove** de cicle llarg de 700. Aquesta varietat és especialment resistent a temperatures altes i arriba a una altura

màxima de 2,5 metres. El què la diferència de les varietats de cicle curt, a part de l'alçada a la qual arriba, són els dies necessaris per a arribar a l'etapa adulta, d'uns 130 a 140.

### 11.3.4. Hipòtesi

Potser el blat de moro al fer la panotxa produeix més grans que els que hi ha en les tavelles d'una planta de soja.

### 11.3.5. Resultats

Hem de tenir en compte que el blat de moro es va plantar unes 5 setmanes abans i vaig començar l'observació del creixement 10 i 5 setmanes després de la plantació del blat de moro i la soja respectivament. Per això aquesta és l'alçada mitjana de les plantes setmanalment des del seu moment de plantació, en centímetres:

	Blat de moro	Soja
Setmana 1		
Setmana 2		
Setmana 3		
Setmana 4		
Setmana 5		20-25
Setmana 6		33
Setmana 7		55
Setmana 8		63
Setmana 9		63 tavelles primerenques
Setmana 10	90-100	63
Setmana 11	130	63
Setmana 12	160	
Setmana 13	190	
Setmana 14	200 panícula	
Setmana 15	214 panotxa	
Setmana 16	220	

**Font: creació pròpia**

Aquestes són les fotos de l'evolució de les plantes de blat de moro:



**Imatge 55: Setmana 10**

Font: imatge pròpia



**Imatge 56: Setmana 11**

Font: imatge pròpia



**Imatge 57: Setmana 12**

Font: imatge pròpia



**Imatge 58: Setmana 13**

Font: imatge pròpia



**Imatge 59: Setmana 14**

Font: imatge pròpia



**Imatge 60: Setmana 15**

Font: imatge pròpia



**Imatge 61: Setmana 15, aparició de la panotxa**

Font: imatge pròpia



**Imatge 62: Setmana 16**

Font: imatge pròpia

Aquestes són les fotos de l'evolució de les plantes de soja:



**Imatge 63: Setmana 5**

Font: imatge pròpia



**Imatge 64: Setmana 6**

Font: imatge pròpia



**Imatge 65: Setmana 7**

Font: imatge pròpia



**Imatge 66: Setmana 8**

Font: imatge pròpia



Imatge 67: Setmana 9

Font: imatge pròpia



Imatge 68: Setmana 10

Font: imatge pròpia



Imatge 69: Setmana 11

Font: imatge pròpia

### 11.3.6. Conclusions

**Primerament cal destacar que els problemes que jo vaig sofrir amb la diferència de germinacions entre la soja i el blat de moro en el camp no s'aprecien.** Han germinat moltes o quasi totes les llavors que van ser plantades, ja que el camp es veu completament atapeït d'elles.

Pel que fa al creixement de les espècies veiem que la soja al cap de vuit setmanes (imatge 66) després de la plantació ja arriba a la seva etapa adulta i produeix les primeres tavelles. Al final de l'observació trobem que les plantes de soja ja en tenen una gran quantitat i que ja tenen major mida, uns 6 centímetres (imatge 69). El blat de moro no és fins a la seva catorzena setmana (imatge 59) que arriba a l'etapa adulta i apareix la panícula seguida de

la panotxa primerenca a la següent setmana. En finalitzar l'observació la panotxa continua sent d'una mida encara bastant insuficient pel que encara necessitarà unes setmanes més de maduració. Aquest fet però es deu al diferent ritme de les espècies, ja que una és de cicle llarg i l'altre curt.

A més, parlant amb en Ramon, aquest em va comentar que en **el camp de blat de moro havien hagut d'adobar-lo primerament mentre que en el de soja no**. Això es deu a les necessitats nutritives que necessita el terra en el qual es vol plantar el blat de moro perquè germini i tingui una producció adequada. Com que la soja no pot germinar en terres massa riques en nutrients, aquest adob no és necessari i en redueix en cost de producció al no haver de sumar-li al preu de les llavors el de l'adob com si passa amb el blat de moro.

**La diferència de producció és molt interessant i pot fer que ens hàgim de plantejar si el cultiu de la soja és realment més beneficiós** que és com ho veiem fins ara. Normalment una planta de blat de moro d'aquesta varietat fa una panotxa i algunes poques vegades dos. En cada panotxa hi ha uns 300-350 grans. Pel que fa a la soja normalment fa unes 30-40 tavelles de 2-3 grans cada una, normalment d'una planta obtenim uns 90-120 grans. En el cas que tinguéssim dues plantacions amb el mateix nombre de plantes, una de cada espècie, **obtindríem considerablement un nombre major de grans de blat de moro que de soja**.

Si tinguéssim un camp de 100.000 plantes de blat de moro, obtindríem uns 30.000.000 de grans. Experimentalment he comprovat que 100 grans d'aquesta varietat pesen 25 grams pel que cada gra en pesa 0,25. Per tant tindríem una producció de 7.500.000 de grams que són 7,5 tones. En el mercat es ven el gra de blat de moro per 150 €/tona per tant tindríem un benefici brut de 1125 €.

Si tinguéssim un camp de 100.000 plantes de soja, obtindríem uns 12.000.000 de grans. Experimentalment he comprovat que 100 grans d'aquesta varietat pesen 17,5 grams pel que cada gra en pesa 0,175. Per tant tindríem una producció de 2.100.000 grams que són 2,1 tones. En el mercat es ven el gra de soja per 300 €/tona per tant tindríem un benefici brut de 630 €.

Aquests dos beneficis en brut els hauríem de restar el cost de comprar la llavor, que aquest no varia gaire i no canviaria la diferència de benefici. El que sí que influeix és l'adob que hauríem de restar el cost de l'adob que el blat de moro necessita. Aquest sol rondar uns 2 €/kg i tenint en compte que es necessitaria cobrir la superfície que ocupen les 100.000 plantes seria força costós. Per tant el benefici net podria ser una mica major pel blat de moro però no molt.

Així doncs, **la hipòtesi que he formulat a l'inici és verdadera**, ja que una sola panotxa ja conté més grans que els que produeixen totes les tavelles d'una planta de soja. Això però no representa que aportí una gran diferència de benefici, ja que com hem vist, un cop li hem agut de restar el preu de l'adob que és necessari en el cultiu de blat de moro la diferència no és tanta.

**El fet que la soja sigui modificada genèticament no afecta la producció de les panotxes, ja que només és un increment nutricional.** Tampoc representa un avantatge de cara al mercat, ja que es ven al mercat ordinari. Sí que ho podria ser si la soja tal, com s'estan plantejant per a següents temporades, fos ecològica perquè llavors es vendria en un mercat més especialitzat on els preus de venda són més elevats. **La modificació d'aquesta varietat de soja només beneficiaria al consumidor**, al qual li aportaria més aminoàcids essencials per a fer les seves proteïnes, però no al productor.

**Finalment, econòmicament seria una mica més rendible el blat de moro però no molt.** Per a això substituir el blat de moro per la soja podria portar inconvenients econòmics si no fos en aquesta zona. Com ja hem dit el porc senglar danya els cultius de blat de moro i es menja el seu gra. Per tant la seva producció podria ser menys beneficiosa que la de la soja si només poguéssim aprofitar una part de la collita, ja que no representaria tants ingressos com a collita sencera de soja.

El que sí que seria molt bona idea és que **s'utilitzés la soja com a segon cultiu, perquè com hem vist té un creixement i producció bastant ràpida**, menys de 3 mesos. Així després de fer un cultiu de cicle més llarg com el blat o

l'ordi se'n podria fer un de cicle curt de soja que acabaria d'augmentar el benefici dels agricultors i aprofitar el terra pobre en nutrients.



## 11.4. Estudi de les diferents propietats nutritives de les llets

### 11.4.1. Introducció

La llet és un producte molt important per a l'alimentació dels mamífers. Des que naixem en bevem de la nostra mare i, tot i que quan creixem ho hem de deixar de fer en tanta regularitat, sempre és bo prendre'n, ja que és una gran font de calci i vitamina D. Tradicionalment la llet que solia beure la població era d'origen animal, tant de vaca, cabra com ovella, però actualment també s'han creat llets d'avena, d'ametlla i de soja entre altres. Cada vegada és més la gent que beu aquestes varietats de llet tant per les intoleràncies a les animals com pel fet de pensar que són més saludables.

Per aquest motiu, en aquest apartat realitzaré diferents proves bioquímiques a diferents tipus de llets per veure les diferències nutricionals d'una forma qualitativa. Relacionant-ho amb el tema d'aquest treball he seleccionat dues varietats de llets de soja de la marca Vital la qual està formada amb soja transgènica però en una baixa proporció. També he escollit un altre parell de llets de soja de la marca Carrefour Bio la qual no és transgènica i per últim dues varietats de llets de vaca de la marca Llet Nostra.

### 11.4.2. Problema a investigar

Tindrà les mateixes característiques nutricionals la llet de soja transgènica que la que no ho és? I en comparació amb la llet de vaca?

### 11.4.3. Fonts d'informació

**La llet d'origen animal** és un líquid biològic que conté proteïnes, glúcids i lípids, a més de sals minerals, vitamines i altres substàncies.

**El glúcid típic i exclusiu de la llet és la lactosa.** Es tracta d'un disacàrid format per la unió de dos monosacàrids, una glucosa i una galactosa. Trobem aquest component en la llet amb una proporció del 4-5%.

Els lípids que conté són principalment triglicèrids, en ells trobem àcids grassos del tipus butíric, palmític i esteàric units amb una molècula de glicerol. Són una gran font d'emmagatzematge energia i representen el 4-6% de la llet.

**Les proteïnes presents en la llet són lactoalbúmines i lactoglobulines.** Aquestes estan formades per una gran quantitat d'aminoàcids essencials i dota a la llet d'un gran valor nutritiu per al creixement i desenvolupament dels organismes. La principal és **la caseïna**, una fosfoproteïna que sol estar associada al calci formant caseïnat càlcic. La llet conté un 3,5% de proteïna i d'aquesta un 80% és la caseïna i el restant de lactoalbúmines i lactoglobulines presents en el sèrum de la llet.

Por cada 100g	LECHE DE VACA	BEBIDA DE SOJA
Kcal	65	52,4
Proteïnas	3g	3g
Hidratos	4,7g	5,8g
Grasas	3,8g	1,9g
Colesterol	14mg	0mg
Calcio	124mg	3mg
Potasio	157mg	191mg
Vitamina A	46µg	2µg
Ácido fólico	5,5mg	1mg
Carotenos	28mg	0mg
Fibra	0g	1,3g
Fósforo	92mg	47mg

**Imatge 70:** Taula que mostra la diferència nutricional entre la llet de vaca i la de soja

Font: imatge extreta de: <http://dimetilsulfuro.es/2013/09/06/soja-sustitutivo-leche/>

**Els lípids formen una emulsió estable gràcies al caseïnat càlcic**, i donen l'aspecte blanquinós tan típic de la llet. La lleugera tonalitat grogosa de la llet és deguda a la presència de riboflavina i carotens, pigments naturals. Si el pH de la llet pren valors inferiors al de 4,7, la caseïna es desnaturalitza i produeix un precipitat blanquinós i una substància aquosa, el sèrum, on trobarem els glúcids i les proteïnes solubles.

El cas de la llet de soja és diferent, ja que no l'obtenim naturalment sinó que l'hi hem d'afegir certs ingredients perquè aquesta sigui digerible i tingui un aspecte similar al de la llet animal.

**Pel que fa a la pròpia soja** es tracta del llegum amb més alt contingut proteic i les seves proteïnes contenen quasi tots els aminoàcids essencials. Les proteïnes que formen part de la llavor de soja pertanyen a **la família de les globulines com la legumina, la vicilina o la glicinina**. A més també conté un tipus de polisacàrid d'emmagatzematge que s'anomena midó. També és rica

en àcids grassos omega-3 i omega-6, en minerals i és una gran font de fibra i vitamina K.

Per a la creació de la llet de soja les llavors han de passar per un llarg procés. Aquest comença quan s'elimina la pellofa de les llavors, seguidament aquestes es remullen tres hores a 50°C per evitar la pèrdua de carbohidrats. En aquest moment tripliquen el seu volum i disminuirà el temps de cocció. A continuació passen per un molí fins a formar una pasta. Una part fonamental es tracta en **inactivar els inhibidors de tripsina** que conté la soja. La tripsina és un enzim produït al pàncrees i secretat a l'intestí essencial per a la digestió, ja que trenca els enllaços peptídics de les proteïnes mitjançant la hidròlisi per convertir-los en pèptids més petits. La soja naturalment conté uns polipèptids que s'uneixen a la tripsina per la compatibilitat entre els enllaços peptídics de l'inhibidor i la part activa de l'enzim. Això fan que la tripsina no pugui fragmentar les proteïnes i digerir-les pel que s'han d'inactivar escalfant-ho als 90°C durant uns 5-10 minuts. Per evitar un mal gust del producte la mescla es sotmet al buit i seguidament se l'hi agrega **una gran varietat d'additius per augmentar el valor nutritiu** com: sals de calci, vitamines A, D, B12, B9 i l'aminoàcid essencial metionina. Aquests són afegits per a assimilar el producte final a les qualitats nutricionals que contenen els làctics. A més l'hi afegeixen **edulcorants**, sacarosa o fructosa per eliminar el sabor amarg natural de la soja i **estabilitzants** com l'agar-agar o la pectina i colorants perquè tingui una textura i aspecte similar a la llet. La soja conté sucres vegetals del tipus de la rafinosa, estaquiosa i verbascosa que no són digeribles pels organismes i provoquen flatulències. Finalment després de tot el procés de fabricació la llet de soja té un aspecte de llet de vaca però amb una proporció de soja de 9-15% del total del producte.

En aquesta pràctica al laboratori realitzarem les següents proves bioquímiques:

- **Prova de Fehling:** Aquesta prova s'utilitza per a detectar glúcids reductors, siguin monosacàrids o disacàrids en els quals el grup funcional (un conjunt d'àtoms que li atorguen unes propietats determinades) quedi lliure. Els reactius de Fehling A i B estan formats bàsicament d'una dissolució de sulfat de coure II ( $\text{CuSO}_4$ ) i per sals de

sodi i potassi que en mesclar-los són de color blau intens. En entrar en contacte amb un grup funcional lliure aquest s'oxida i perd ions d'hidrogen a causa del poder reductor. Mitjançant una reacció química d'oxidació el sulfat de coure es transforma en òxid de coure ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) de color vermellós. Si és positiu, quedarà vermell i significarà la presència de glúcids reductors i si és negatiu, blau el que significarà que no n'hi trobem.

- **Prova de Lugol:** Aquesta prova s'utilitza per a la detecció del midó, concretament de l'amilosa, un dels seus components. L'amilosa es tracta d'un polisacàrid lineal format per la unió de glucoses. El reactiu de lugol, que és una dissolució de iode ( $\text{I}_2$ ) i iodur potàssic (KI) la qual és de color taronja-marronós en entrar en contacte amb l'amilosa forma un ió  $\text{I}_3^-$ . Aquest queda atrapat a l'interior de l'hèlix de glucoses de l'amilosa que es produeix i això fa que canviï de color a blau-morat. Quan la prova és negativa la substància queda taronja-marronós el qual ens indica que no trobem amilosa i consegüentment midó en ella. En canvi quan és positiva blau-violeta indicant-nos la seva presència.
- **Prova Xantoproteica:** Per identificar si les substàncies tenen proteïnes amb aminoàcids aromàtics (fenilalanina, triptòfan, tirosina, histidina), els quals tenen la presència del grup benzè, ho fem mitjançant la prova xantoproteica. Aquesta es realitza amb l'àcid nítric ( $\text{HNO}_3$ ) que en entrar en contacte amb el benzè s'hi enllaça creant així una substància de color groc anomenada àcid xantoproteic.
- **Prova de Biuret:** La prova de Biuret es basa en una reacció dels enllaços peptídics, els que uneixen els aminoàcids per formar una proteïna. Els components del reactiu són l'hidròxid potàssic (KOH) i el sulfat de coure II ( $\text{CuSO}_4$ ). Els àtoms de coure s'uneixen a dos o més enllaços peptídics i es formarà una substància de color violeta. Els dipèptids per tant no reaccionaran en aquesta prova perquè només tenen un enllaç peptídic.

#### 11.4.4. Hipòtesi

Potser la llet de soja com que no és un producte que es produeixi naturalment té pitjors qualitats nutricionals que la de vaca.

Potser la llet de soja transgènica té algun nutrient addicional que la que no té cap modificació genètica.

#### 11.4.5. Experimentació

- **Objectiu:**

Comparar les propietats nutricionals de la llet de soja transgènica amb la que no ho és; i a la vegada amb la de llet de vaca.

- **Material**

- Llet de vaca desnatada de la marca Llet Nostra
- Llet de vaca sencera de la marca Llet Nostra
- Llet de soja transgènica de la marca Vital
- Llet de soja light transgènica de la marca Vital
- Llet de soja de la marca Carrefour Bio
- Llet de soja calci de la marca Carrefour Bio
- Tubs d'assaig i gradetes
- Vasos de precipitats grans
- Pipetes i pipetejadors
- Varetes i espàtules
- Pinces de fusta
- Comptagotes
- Escalfador
- Embuts

- Paper de filtre
- Àcid acètic ( $C_2H_4O_2$ )
- Reactius de Fehling A i B
- Lugol (dissolució de iode molecular  $I_2$  i iodur potàssic KI)
- Hidròxid de sodi (NaOH diluït al 40%)
- Sulfat de coure ( $CuSO_4$  diluït a l'1%)
- Àcid nítric ( $HNO_3$  diluït al 20%)
- Èter

- **Variables**

- Variables controlades: mateixa quantitat de llet, quantitat de reactius, mateix tipus de material utilitzat
- Variables independents: origen, marca i varietat de les llets
- Variables dependents: presència de glúcids reductors, presència d'amilosa, presència de pèptids, presència d'aminoàcids aromàtics, presència de lípids

- **Disseny de l'experiment**

Per fer el seguiment de la pràctica haurem de seguir els diferents punts:

1. El primer pas és el fraccionament de la llet en el que la desnaturalitzarem per a separar-ne el sèrum, la caseïna i els lípids. Primer agafarem 6 tubs d'assaig i els emplenarem amb 20mL cada un d'una varietat de llet. Ho farem utilitzant una pipeta diferent en cada cas o sinó rentant-la per a no contaminar la mostra. També és important etiquetar els tubs d'assaig per a no confondre'ls (imatge 73).
2. Amb l'ajuda de les pinces col·locarem els tubs d'assaig en un vas de precipitats ple d'aigua i l'escalfarem amb l'escalfador. Tindrem els tubs d'assaig al bany maria durant uns 5-10 minuts.
3. Seguidament afegirem unes 20-25 gotes d'àcid acètic a cada tub d'assaig amb el comptagotes i ho remenarem amb una vareta de vidre.

És important utilitzar una vareta diferent en cada cas o rentar-la per a no contaminar la mostra.

4. Un cop acabem amb el fraccionament de la llet veurem que tenim en la part inferior dels tubs d'assaig el sèrum, un líquid transparent i groguenc, i a la superior un precipitat, una massa espessa i blanca.
5. Ara prepararem 6 tubs d'assaig més i els hi col·locarem un embut amb paper de filtre al seu interior.
6. Abocarem el contingut dels tubs d'assaig que contenen la llet fraccionada en el paper de filtre que es troba en l'embut i el mourem lentament perquè es vagi filtrant el sèrum.
7. Un cop el sèrum ja estigui filtrat traurem els embuts dels tubs d'assaigs i els col·locarem en 6 de nous. Rentarem el paper de filtre amb 3mL d'èter i deixarem que aquest es filtri al tub d'assaig (imatge 75).
8. Un cop l'èter s'hagi filtrat s'haurà emportat dissolt els lípids al tractar-se els dos de substàncies apolars i tindrem la caseïna en el filtre la qual deixarem que s'assequi.
9. Prendrem unes gotes de la fracció soluble de l'èter i les dipositarem sobre un paper de filtre sec i net. Quan l'èter s'evapori apareixerà una taca greixosa i podrem comprovar la quantitat de lípids que contenia la llet d'una forma qualitativa.
10. Seguidament realitzarem, als 6 sèrums obtinguts, les proves de: Fehling, Biuret, xantoproteica
11. Realitzarem la prova del lugol a les llets
12. Per acabar realitzarem, als 6 precipitats obtinguts, les proves de: Biuret i xantoproteica.

En cada prova realitzarem un **grup control** en el qual no li aplicarem la variable independent, en aquest cas la llet. Aquest únicament es tractarà dels reactius i ens indicarà el resultat completament negatiu per a comparar-lo amb els obtinguts.

Realitzarem dues proves del mateix tipus en cada varietat de llet per així obtenir **rèpliques** i així assegurar-nos que el resultat obtingut és el correcte i no és a causa d'algun error en el procediment.

### **Prova de Fehling:**

1. Col·locarem 1mL de cada mostra en un tub d'assaig utilitzant pipetes diferents per no contaminar la mostra.
2. Utilitzant una pipeta abocarem 0,5mL del reactiu de Fehling A a cada tub d'assaig.
3. Amb una altra pipeta abocarem 0,5mL del reactiu de Fehling B a cada tub d'assaig.
4. Agitem bé la solució i els col·loquem al bany maria que ja ha estat preparat al fer el fraccionament de la llet.

Si el resultat és negatiu, la solució tindrà un color blau intens, si és positiu, un color vermellós i confirmarà la presència de glúcids reductors, tant monosacàrids com disacàrids amb el grup funcional lliure.

### **Prova del lugol**

1. Col·loquem una quantitat inespecífica de cada varietat de llet en un vas de precipitats.
2. Aboquem unes 3 gotes de lugol.

Si el resultat és negatiu, la solució tindrà un color groc-ataronjat intens, si és positiu, un color blau fosc o negre i confirmarà la presència d'amilosa i per tant midó.

### **Prova Xantoproteica**

1. Col·locarem 1mL de cada mostra en un tub d'assaig utilitzant pipetes diferents per no contaminar la mostra. Si es tracta de la caseïna sòlida, agafem una petita mostra.
2. Amb una altra pipeta abocarem 1mL d'àcid nítric diluït al 20%.
3. Agitem bé la solució i els col·loquem al bany maria que ja ha estat preparat en fer el fraccionament de la llet.

Si el resultat és negatiu, la solució serà transparent; si és positiu, tindrà un color grogós i confirmarà la presència d'aminoàcids aromàtics.



### Prova de Biuret

1. Col·locarem 1mL de cada mostra en un tub d'assaig utilitzant pipetes diferents per no contaminar la mostra. Si es tracta de la caseïna sòlida, agafem una petita mostra.
2. Afegim 1mL de NaOH diluït al 40% en cada tub d'assaig utilitzant una pipeta.
3. Afegim 5 gotes de  $\text{CuSO}_4$  i ho agitem bé.

Si el resultat és negatiu, la solució tindrà un color blau poc intens, si és positiu, un color lilós i confirmarà la presència de pèptids amb dos o més enllaços peptídics.



Imatge 71: Llets de vaca Llet Nostra (sencera a la dreta i desnatada a l'esquerra).

Font: imatge pròpia



Imatge 72: Llets de soja Carrefour Bio a l'esquerra i Vital a la dreta.

Font: imatge pròpia



Imatge 73: Tubs d'assaig amb les diferents varietats de llet al bany maria

Font: imatge pròpia



Imatge 74: Sèrum de la llet

Font: imatge pròpia



Imatge 75: Filtrat rentat amb éter

Font: imatge pròpia



Imatge 76: Filtrat

Font: imatge pròpia

### 11.4.6. Resultats

En aquest quadre hi podem veure el resultat de les proves realitzades:

Mengem vegetals transgènics?

	Llet de vaca (Llet Nostra Sencera)		Llet de vaca (Llet Nostra Desnatada)		Llet de soja (Carrefour Bio)		Llet de soja calci (Carrefour Bio)		Llet de soja transgènica (Vital)		Llet de soja light transgènica (Vital)	
	Sèrum	Precipitat	Sèrum	Precipitat	Sèrum	Precipitat	Sèrum	Precipitat	Sèrum	Precipitat	Sèrum	Precipitat
<b>Prova de Fehling</b>	Positiva (vermell)	-	Positiva (vermell)	-	Poc positiva (blau-verdós)	-	Positiva (groc-taronja)	-	Positiva (groc-taronja)	-	Positiva (groc-taronja)	-
<b>Prova xantoproteica</b>	Positiva (groc clar)	Positiva (groc intens)	Positiva (groc clar)	Positiva (groc intens)	Positiva (groc clar)	Positiva (groc intens)	Positiva (groc clar)	Positiva (groc intens)	Positiva (groc clar)	Positiva (groc intens)	Positiva (groc clar)	Positiva (groc intens)
<b>Prova de Biuret</b>	Positiva (lila clar)	Positiva (lila intens)	Positiva (lila clar)	Positiva (blau marí)	Positiva (gris-lila)	Positiva (blau marí)	Negativa (groc-verd)	Positiva (blau marí)	Negativa (groc-taronja)	Positiva (blau marí)	Negativa (groc-taronja)	Positiva (blau marí)
<b>Prova de Lugol</b>	Negativa (taronja)		Negativa (taronja)		Negativa (groc)		Negativa (groc)		Positiva (marró)		Positiva (marró)	

### 11.4.7. Conclusions

Al tractar-se de proves no quantitatives sinó qualitatives analitzaré cada prova una per una per veure les subtils diferències que hi ha en elles.

També compararem els resultats obtinguts amb les etiquetes alimentàries de les diferents llets.

**INGREDIENTS: Llet sencera**  
**Informació Nutricional / Valor mitjà per 100ml**

Valor energètic	266 kJ/64 kcal
Greixos	3,6 g
dels quals:	
saturats	2,5 g
Hidrats de Carboni	4,8 g
dels quals:	
sucres	4,8 g
Proteïnes	3,0 g
Sal	0,12 g
Calci	110 mg (14%VRN*)

VRN\*: valor de referència de nutrients

Imatge 77: Informació nutricional de la llet de vaca llet Nostra sencera

Font: imatge pròpia

Valores medios por:	100 ml	(250 ml)	%IR
Valor energético	166 kJ 40 kcal	414 kJ 99 kcal	5%
Grasas de las cuales saturadas	2 g 0,3 g	5 g 0,8 g	7% 4%
Hidratos de carbono de los cuales azúcares	1,6 g 0,9 g	4 g 2 g	2% 2%
Fibra alimentaria	<0,5 g	1 g	
Proteínas	3,6 g	9 g	18%

Imatge 79: Informació nutricional de la llet de soja Carrefour normal

Font: imatge pròpia

**Nutrición/Valores Nutricionais**  
 Valores energéticos y nutricionales medios:  
 Valores energéticos e nutricionais médios:

	por 100 ml	por porción/ porção: 250 ml	%IR* %DR*
Valor energético: Energia:	181 kJ 43 kcal	452 kJ 108 kcal	5%
Grasas / Lípidos : de las cuales saturadas / dos quais saturados:	1,7 g 0,3 g	4,3 g 0,8 g	6% 4%
Hidratos de carbono: de los cuales azúcares / dos quais açúcares:	3,7 g 3,0 g	9,3 g 7,5 g	4% 8%
Proteínas:	3,1 g	7,8 g	16%
Sal:	0,10 g	0,25 g	4%

\*IR-Ingesta de Referencia de un adulto medio.

Imatge 81: Informació nutricional de la llet de soja Vital normal

Font: imatge pròpia

**INGREDIENTS: Llet desnatada**  
**Informació Nutricional / Valor mitjà per 100ml**

Valor energètic	145 kJ/34 kcal
Greixos	0,2 g
dels quals:	
saturats	0,1 g
Hidrats de Carboni	5,0 g
dels quals:	
sucres	5,0 g
Proteïnes	3,1 g
Sal	0,13 g
Calci	110 mg (14%VRN*)

VRN\*: valor de referència de nutrients

Imatge 78: Informació nutricional de la llet de vaca Llet Nostra desnatada

Font: imatge pròpia

Valores medios por:	100 ml	(250 ml)	%IR
Valor energético	210 kJ 50 kcal	525 kJ 125 kcal	6%
Grasas de las cuales saturadas	2 g 0,3 g	5 g 0,8 g	7% 4%
Hidratos de carbono de los cuales azúcares	4,2 g 3,4 g	11 g 8,5 g	4% 9%
Fibra alimentaria	<0,5 g	1 g	
Proteínas	3,6 g	9 g	18%
Sal	0,05 g	0,13 g	2%
Minerales:	100 ml %IR	1 vaso: (250 ml) %IR	

Imatge 80: Informació nutricional de la llet de soja Carrefour calci

Font: imatge pròpia

**Nutrición/Valores Nutricionais**  
 Valores energéticos y nutricionales medios:  
 Valores energéticos e nutricionais médios:

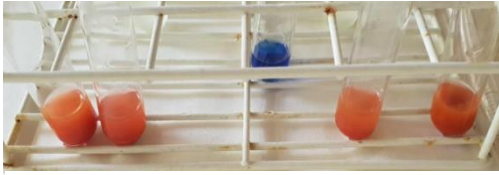
	por 100 ml	por porción/ porção: 250 ml	%IR* %DR*
Valor energético: Energia:	134 kJ 32 kcal	334 kJ 80 kcal	4%
Grasas / Lípidos : de las cuales saturadas / dos quais saturados:	1,2 g 0,2 g	3,0 g 0,5 g	4% 3%
Hidratos de carbono: de los cuales azúcares / dos quais açúcares:	3,0 g 2,8 g	7,5 g 7,0 g	3% 8%
Proteínas:	2,1 g	5,3 g	11%
Sal:	0,13 g	0,33 g	6%

\*IR-Ingesta de Referencia de un adulto medio.

Imatge 82: Informació nutricional de la llet de soja Vital light

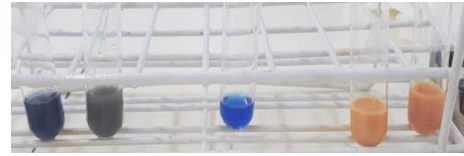
Font: imatge pròpia

### Prova de Fehling al sèrum:



Imatge 83: Prova de Fehling en els sèrums de les llets de vaca Llet Nosta (sencera i desnatada)

Font: imatge pròpia



Imatge 84: Prova de Fehling en els sèrums de les llets de soja ecològica Carrefour Bio (normal i calci)

Font: imatge pròpia



Imatge 85: Prova de Fehling en el sèrum de les llets de soja transgènica Vital (Light i normal)

Font: imatge pròpia

El tub d'assaig central de cada foto es tracta del grup control en el qual no hi hem posat la mostra i que representa el resultat completament negatiu.

En aquesta prova veiem que les **llets de vaca Llet Nostra** (imatge 83), tant la sencera a l'esquerra de la imatge com la desnatada a la dreta, tenen un color molt vermellós el que ens indica que **tenen una gran quantitat de glúcids reductors**. Això ho podem veure també a les seves etiquetes, ja que tenen una quantitat de glúcids bastant elevada de 4,8gr i 5,0gr per 100mL respectivament. Aquests precisament és el disacàrid **lactosa** el qual té un grup funcional lliure i ha produït la reacció.

Pel que fa a **la llet de soja Carrefour Bio** (imatge 84) veiem que la normal, a l'esquerra, ha sortit molt poc positiu, ja que té un color gris-verd fosc i en canvi, la light, positiu amb un to groguenc molt menys intens que el vermell de la llet de vaca. Com veiem en la seva etiqueta la normal té uns 0,8gr de glúcids per 100mL mentre que l'altre en té 3,4gr, aquesta gran diferència corrobora el resultat obtingut.

**La llet de soja transgènica Vital** (imatge 85) veiem que tant la light, a l'esquerra, com la normal a la dreta ens ha donat positiva amb un to groguenc. L'etiqueta ens mostra que tampoc hi ha gaires diferències respecte als glúcids,

ja que la primera en té uns 2,8gr per 100mL i la segona uns 3,0gr per 100 mL pel que no ho podem apreciar.

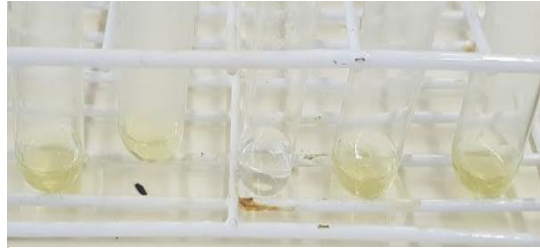
Veiem que el resultat positiu de la llet de vaca té un color molt més intens que el de la llet de soja que és més groc-taronja. Aquest fet es deu principalment a que **els glúcids que contenen no són els mateixos**. La llet de vaca conté naturalment la lactosa mentre que la de soja al no contenir glúcids, se li han d'afegir per a amagar el gust amarg que té la soja. Sovint se li afegeix fructosa o sacarosa, aquesta no és un disacàrid reductor pel que obtindríem un resultat negatiu en aquesta prova. Aquest deu ser el cas de la llet de soja Carrefour Bio la que déu incorporar sacarosa i poca quantitat de fructosa el què explicaria el resultat poc positiu obtingut. El cas contrari succeiria amb la resta de llets de soja les quals deuen portar més fructosa que sacarosa pel que el resultat és positiu però no molt intens.

Prova Xantoproteica al sèrum:



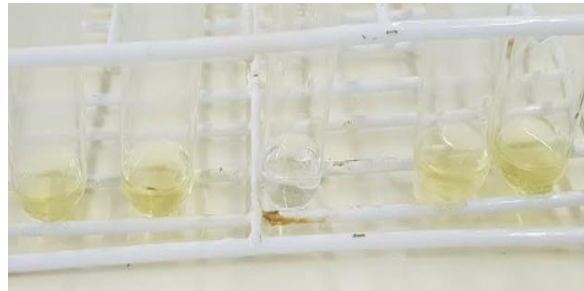
Imatge 86: Prova xantoproteica en els sèrums de les llets de vaca Llet Nostra (sencera i desnatada)

Font: imatge pròpia



Imatge 87: Prova xantoproteica en els sèrums de les llets de soja Carrefour Bio (normal i calci)

Font: imatge pròpia



Imatge 88: Prova xantoproteica en el sèrum de les llets de soja transgènica Vital (light i normal)

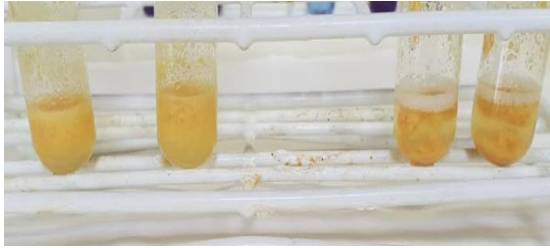
Font: imatge pròpia

El tub d'assaig central de cada foto es tracta del grup control en el qual no hi hem posat la mostra i que representa el resultat completament negatiu.

En aquesta prova veiem que **totes les llets han reaccionat igual** i tenen un color groc clar (imatges 86, 87 i 88) el resultat és positiu en tots els casos. Això ens indica que **sí que tenen proteïnes les quals contenen aminoàcids aromàtics.**

Cal recordar però que les proteïnes de la llet de vaca que trobem dissoltes en el sèrum són del tipus lactoalbumines i lactoglobulines. En canvi les de la soja són globulines com la legumina, la vicilina o la glicinina, aquest fet però no fa variar la quantitat d'aminoàcids aromàtics ni el resultat.

### Prova Xantoproteica al precipitat:



Imatge 89: Prova xantoproteica en els precipitats de les llets de vaca Llet Nostra (sencera i desnatada)

Font: imatge pròpia



Imatge 90: Prova xantoproteica en els precipitats de les llets de soja Carrefour Bio (normal i calci)

Font: imatge pròpia



Imatge 91: Prova xantoproteica en els precipitats de les llets de soja transgènica Vital (light i normal)

Font: imatge pròpia

El tub d'assaig central de cada foto es tracta del grup control en el qual no hi hem posat la mostra i que representa el resultat completament negatiu.

En aquesta prova igualment que amb l'anterior no veiem una gran diferència entre els resultats de les diferents llets. Tots els resultats són positius pel que **contenen una quantitat similar de proteïnes amb aminoàcids aromàtics**, els de la llet de vaca Llet Nostra (imatge 89), el color és una mica més intens mentre que en les de soja són més clares.

En el cas de la llet de vaca la proteïna que trobem en el precipitat és la caseïna la qual manté una emulsió entre els components de la llet i li dona la coloració blanca. La soja, en canvi, no posseeix aquesta proteïna, ja que no té un origen animal i l'aspecte és degut a l'addició d'altres components.

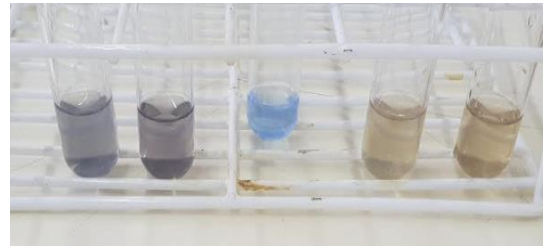
El que sí que podem veure clarament és que la tonalitat en la prova xantoproteica realitzada al precipitat és molt major a la que ha estat realitzada al sèrum. Això ens indica que **trobem més quantitat d'aminoàcids aromàtics en el precipitat i conseqüentment més proteïnes que no pas en el sèrum.**

Prova de Biuret en el sèrum:



Imatge 92: Prova de Biuret en els sèrums de les llets de vaca Llet Nostra (sencera i desnatada)

Font: imatge pròpia



Imatge 93: Prova de Biuret en els sèrums de les llets de soja Carrefour Bio (normal i calci)

Font: imatge pròpia



Imatge 94: Prova de Biuret en els sèrums de les llets de soja transgènica Vital (light i normal)

Font: imatge pròpia

El tub d'assaig central de cada foto es tracta del grup control en el qual no hi hem posat la mostra i que representa el resultat completament negatiu.

Veiem que el resultat de **la llet de vaca Llet Nostra** (imatge 92) és positiu, ja que té un color lilós clar pel que entenem que **la presència de proteïnes solubles en el sèrum és bastant baixa.**

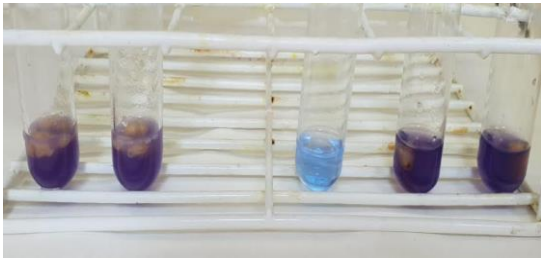
En la **llet de soja Carrefour Bio** (imatge 93) veiem que la normal té un resultat bastant positiu, ja que és d'un color gris-lilós, en canvi la de calci és negatiu i té un color groc. L'única explicació possible a aquest fet és que **continguin un component addicional que altera la reacció** d'alguna forma fent que reaccionin inesperadament.

El mateix cas el trobem amb les **llets de soja transgènica Vital** (imatge 94), les quals les dues ens donen també un resultat negatiu però aquest cas una tonalitat groga més intensa. Aquest estrany fenomen que es produeix, en el



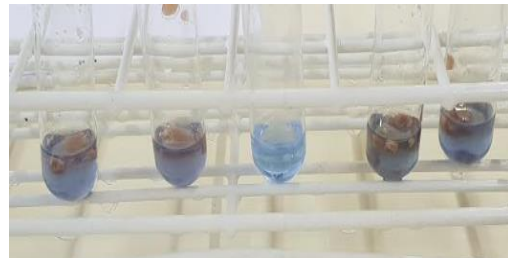
que el resultat ens dona de color groc, veiem que la soja transgènica accentua aquest fet dotant-lo d'un color molt més intens.

### Prova de Biuret en el precipitat:



Imatge 95: Prova de Biuret en els precipitats de les llets de vaca Llet Nostra (sencera i desnatada)

Font: imatge pròpia



Imatge 96: Prova de Biuret en els precipitats de les llets de soja Carrefour Bio (normal i calci)

Font: imatge pròpia



Imatge 97: Prova de Biuret en els precipitats de les llets de soja transgènica Vital (light i normal)

Font: imatge pròpia

El tub d'assaig central de cada foto es tracta del grup control en el qual no hi hem posat la mostra i que representa el resultat completament negatiu.

En la prova de Biuret realitzada als precipitats de les llets tots els resultats són positius, alguns amb més intensitat que d'altres. En les llets de vaca Llet Nostra (imatge 95), tant la sencera com la desnatada hem obtingut un color lila molt intens que ens indica **una gran quantitat de pèptids**. En canvi en les llets de soja, tant la transgènica la Vital (imatge 97) com la que no ho és, la Carrefour Bio (imatge 96), hem obtingut un color blau marí molt menys intens i que ens indica que trobem **menys presència de proteïnes**.

Si observem les dues proves de Biuret realitzades, veiem que en els dos casos en la llet de vaca hem obtingut resultats positius i bastant intensos en el precipitat. En canvi en les de soja els resultats han estat negatius o poc intensos pel que veiem que **tenen menys quantitat proteica que no pas les de vaca**. Això però no es mostra en la informació nutricional, ja que veiem que la quantitat de proteïnes en les llets de vaca és de 3gr per 100mL mentre que les de soja són lleugerament superiors. Com ja he dit anteriorment aquest cas **es pot donar per culpa dels additius que incorporen a la llet de soja** i que alteren la reacció química i provoca uns resultats anormals.

### Prova de Lugol:



Imatge 98: Prova de lugol realitzada a les llets de vaca Llet Nostra (sencera i desnatada)

Font: imatge pròpia



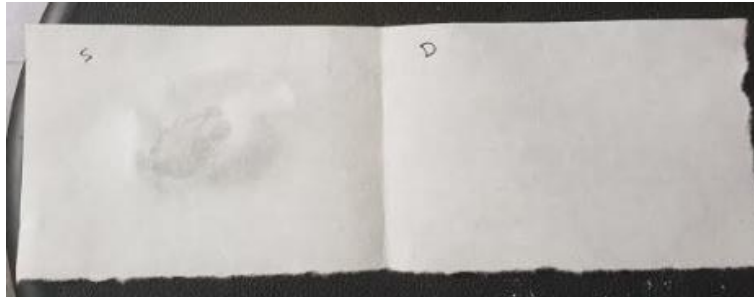
Imatge 99: Prova de lugol realitzada a les llets de soja Carrefour Bio (normal i calci) a dalt i les llets de soja transgènica Vital(light i normal) a baix

Font: imatge pròpia

Aquesta prova l'he realitzat directament a les llets per així poder veure bé el color resultant. **Tant en la llet de vaca Llet Nostra (imatge 98), com amb la de soja Carrefour Bio (imatge 99), el resultat ha estat negatiu** i ha quedat d'un color groc-taronja tal com és el reactiu. Aquest fet ens indica que no té amilosa i per tant midó, és esperable en la de vaca, ja que els animals no en produïm. La soja sí que en produeix, ja que es tracta d'un polisacàrid de reserva per a les plantes. El midó es troba principalment en les llavors emmagatzemat en els grànuls de midó. El que succeeix en la llet de soja Carrefour Bio (imatge 99) és que la quantitat de soja en aquest producte tal com diu la llista d'ingredients és inferior al 9% del total, pel que és molt difícil que s'aprecii en la prova del lugol. En canvi la de soja Vital sí que hem obtingut un resultat molt positiu que indica una gran presència de midó. Això no es deu únicament al midó present en les llavors, ja que com

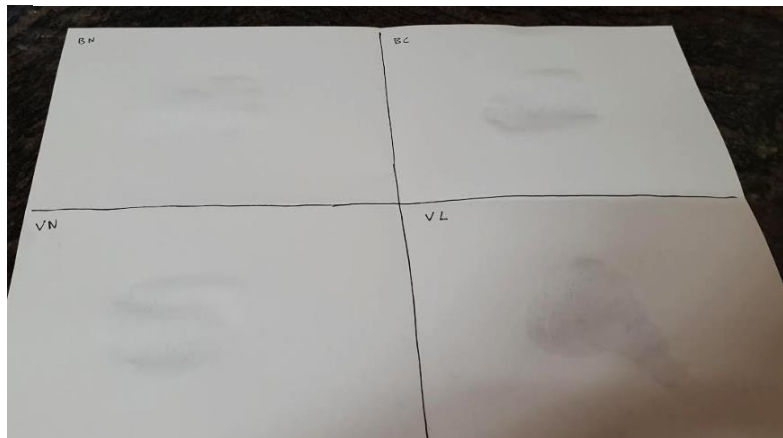
hem vist es troba en una proporció molt baixa, el que significa **que li han afegit possiblement en el procés d'elaboració de la llet o amb la modificació de la soja.**

Prova de la taca:



Imatge 100: Prova de la taca de les llets Llet Nostra (sencera i desnatada)

Font: imatge pròpia



Imatge 101: Prova de la taca de les llets Carrefour Bio (normal i calci) a dalt i de les llets Viral (normal i light) a baix

Font: imatge pròpia

En aquesta prova costa d'apreciar els resultats en les imatges, ja que a causa de la llum no es capten bé. **En la llet de vaca sencera veiem que sí que s'ha format una taca mentre que en la desnatada no n'hi ha cap rastre (imatge 100).** Aquest fet concorda amb la informació nutricional, ja que la sencera té un 3,6gr de greixos i la desnatada només un 0,2gr per 100 mL, aquesta és la major característica que diferencia aquestes dues varietats. Pel que fa a les de soja també han deixat una taca similar a la de la llet de vaca sencera, ja que com ens indica la informació nutricional tenen entre un 2,0gr i 1,2gr de greixos.

Com a conclusió final veiem que existeix una **notòria diferència entra la llet de vaca i la de soja pel que fa a les propietats nutricionals**, ja que en la majoria de casos hem obtingut un resultat positiu i intens fet que no ha passat amb les de soja. Pel que fa a les llets de soja podem apreciar certes diferències entre les dues marques però no pel que fa a les diferents varietats d'aquestes.

El fet que la soja sigui transgènica no comporta diferències nutricionals significatives respecte a la que no ho és en la quantitat de glúcids reductors, aminoàcids aromàtica o proteïnes. **El fet que diferencia les dues llets de soja és la presència de l'amilosa i el midó.** Això és molt important encara que no sigui a causa del gen introduït perquè encara que augmentés la presència del midó en la soja continuaria essent una proporció molt baixa del producte final i no explicaria la intensitat del resultat. El que significa que el midó ha estat introduït en el procés de fabricació de la llet, aquest fet es dona també en altres productes alimentaris i la principal raó és per augmentar el volum de producció i reduir-ne el cost econòmic. Per tant, el gen introduït en la soja s'ha de tractar d'una millora per a la producció d'aquesta, potser li ofereix una resistència a herbicides o insectes, i no pas per la pròpia qualitat del producte.

La moda que hi ha actualment sobre beure llet de soja respon més a les creences de la gent al fet que aquesta és més saludable que no pas a les característiques nutricionals reals que posseeix. Com hem vist la llet de vaca té una quantitat més elevada de tots els nutrients estudiats que no pas la de soja. Aquesta és especialment creada amb l'addició d'altres ingredients per a aconseguir un aspecte semblant a la de vaca i això redueix la proporció de la soja a menys d'una desena part del total.

Pel que fa als preus de les llets veiem que la llet de vaca i la de soja transgènica tenen un preu similar d'uns 0,89 i 0,85 euros el bric; mentre que la llet de soja varia entre 1 i 1,39 euros les seves dues varietats. Així veiem **que la llet feta amb soja transgènica té un cost inferior a la que no ho és.** Això és degut a la gran quantitat de soja transgènica que es produeix i s'exporta i la presència del midó el qual augmenta el volum i fa abaratir el preu de cost.

Finalment podem comprovar que la primera hipòtesi era correcta perquè com hem dit la llet de vaca té millors qualitats nutricionals que la de soja.

En canvi la segona és errònia, ja que la llet de soja transgènica no presenta grans diferències amb la que no ho és.

## 11.5. Estudi de les diferents propietats nutritives de la farina de soja utilitzada per a pinso

### 11.5.1. Introducció

En la Cooperativa Verntallat també tenen a la venda un producte realitzat amb organismes transgènics. Es tracta d'una **farina de soja** que els pagesos utilitzen conjuntament amb altres cereals per formar el pinso pels seus animals.

La cooperativa em va proporcionar una quantitat d'aquesta farina juntament amb una altra, la qual només venen per encàrrec, que és ecològica i per tant no transgènica. En aquest cas tampoc m'han sabut dir el gen introduït o la característica



Imatge 102: Aspecte de la farina de soja ecològica a l'esquerra i la transgènica a la dreta

Font: imatge pròpia

addicional que aquest li aporta. Per això he decidit fer les mateixes proves bioquímiques a les dues farines per comparar-les i veure si aquesta modificació afecta a les qualitats nutricionals dels productes.

### 11.5.2. Problema a investigar

Tindran les mateixes qualitats nutricionals la farina transgènica i la que no ho és?

### 11.5.3. Fonts d'informació

Com ja he explicat a l'apartat anterior, **la soja** es tracta del llegum amb més alt contingut proteic i les seves proteïnes contenen quasi tots els aminoàcids essencials. Les proteïnes que formen part de la llavor de soja pertanyen a la família de les **globulines com la legumina, la vicilina o la glicinina**. A més també conté un tipus de polisacàrid d'emmagatzematge que s'anomena **midó**. També és rica en àcids grassos omega-3 i omega-6, en minerals i és una gran font de fibra i vitamina K. La soja conté sucres vegetals del tipus de la **rafinosa, estaquiosa i verbascosa** que no són digeribles pels organismes

Per a fer aquesta farina no és necessari que la soja passi per un procés tan llarg com en el de la creació de la llet. El que es fa és deixar assecar la soja i posteriorment moldre-la no molt fina.

En aquesta pràctica de laboratori realitzarem les proves de Fehling, lugol, xantoproteica i Biuret; explicades en el subapartat de fonts d'informació de l'apartat anterior.

### 11.5.4. Hipòtesi

Potser la farina transgènica té alguna propietat nutricional diferent de la no transgènica.

### 11.5.5. Experimentació

- **Objectiu**

Comparar les propietats nutricionals de les dues farines de soja, una transgènica i l'altra no.

- **Material**

- Farina de soja ecològica
- Farina de soja transgènica
- Vasos de precipitats
- Pipetes i pipetejadors
- Tubs d'assaig i gradetes
- Comptagotes
- Vidres de rellotge
- Balança
- Espàtula
- Reactius de Fehling A i B
- Lugol (dissolució de iode molecular I<sub>2</sub> i iodur potàssic KI)

- Hidròxid de sodi (NaOH diluït al 40%)
- Sulfat de coure (CuSO<sub>4</sub> diluït a l'1%)
- Àcid nítric (HNO<sub>3</sub> diluït al 20%)

- *Variables*

- Variables controlades: mateixa quantitat de farina de soja, quantitat de reactius, mateix tipus de material utilitzat
- Variables independents: tipus de farina de soja
- Variables dependents: presència de glúcids reductors, presència d'amilosa, presència de pèptids, presència d'aminoàcids aromàtics

- *Disseny de l'experiment*

1. Pesem 5gr de farina de soja ecològica i 5gr de farina de soja transgènica i les col·loquem en dos vasos de precipitats.
2. Afegim uns 500mL d'aigua a cada vas de precipitat.
3. Barregem el contingut dels vasos de precipitats amb una espàtula. Ho farem utilitzant una espàtula diferent en cada cas o sinó rentant-la per a no contaminar la mostra.
4. En les dissolucions obtingudes realitzarem les proves de: Fehling, xantoproteica i Biuret.
5. Finalment realitzarem la prova de lugol directament a les farines de soja.

(El procediment per a realitzar les proves bioquímiques es troben al subapartat del disseny de l'experiment de l'apartat anterior).

En cada prova prendrem com a **grup control** el ja realitzat en l'apartat anterior, en el qual no li aplicarem la variable independent, en aquest cas la farina de soja. Aquest únicament es tractarà dels reactius i ens indicarà el resultat completament negatiu per a comparar-lo amb els obtinguts.

Realitzarem dues proves del mateix tipus en cada varietat de farina de soja per així obtenir **rèpliques** i així assegurar-nos que el resultat obtingut és el correcte i no és a causa d'algun error en el procediment.

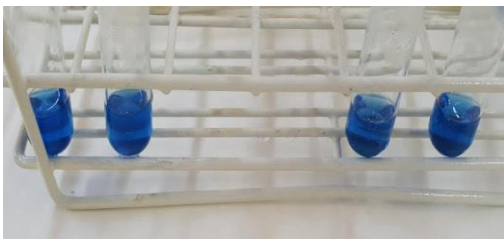


### 11.5.6. Resultats

En aquest quadre hi podem veure el resultat de les proves realitzades:

	Farina de soja ecològica	Farina de soja transgènica
Prova de Fehling	Negativa	Negativa
Prova de Biuret	Negativa	Negativa
Prova xantoproteica	Negativa	Negativa
Prova de lugol	Negativa	Negativa

Aquestes són les imatges dels resultats de les proves realitzades:



Imatge 103: Prova de Fehling en les dissolucions de farina de soja (ecològica i transgènica)

Font: imatge pròpia



Imatge 104: Prova de Biuret en les dissolucions de farina de soja (ecològica i transgènica)

Font: imatge pròpia



Imatge 105: Prova xantoproteica en les dissolucions de farina de soja (ecològica i transgènica)

Font: imatge pròpia



Imatge 106: Prova de lugol en les farines de soja (transgènica i ecològica)

Font: imatge pròpia



Imatge 107: Grups control de les proves de Fehling de Biuret, xantoproteica i de lugol (d'esquerra a dreta)

Font: imatge pròpia

### 11.5.7. Conclusions

**En la prova de Fehling hem obtingut un resultat negatiu** tant per a la farina de soja ecològica, a la dreta, com per la transgènica, a l'esquerra, ja que el color final ha estat un blau intens (imatge 103). Això ens indica que no hi ha presència de glúcids reductors amb un grup funcional lliure. La soja sí que té glúcids vegetals com la rafinosa, estaquiosa i verbascosa, aquestes però estan formats per monosacàrids però no enllaçats en el sentit convencional 1→4. Precisament aquest fet fa que els grups funcionals no quedin lliures i no es produeixi la reacció química ni el canvi de color.

Pel que fa a **la prova de Biuret** els dos resultats, tant el de la farina de soja transgènica com el de la farina de soja ecològica, **ens han donat negatius** (imatge 104). Aquests resultats ens indica que no trobem proteïnes en les dissolucions de les farines de soja.

De la mateixa manera passa amb **la prova xantoproteica**, ja que també **ens ha donat negativa en els dos casos** al mantenir-se el color transparent (imatge 105). Aquest fet indica que no hi ha aminoàcids aromàtics en la dissolució de les farines de soja.

**En la prova de lugol veiem que el resultat és negatiu** perquè no ha adquirit una coloració negra que hauria indicat la presència d'amilosa i consegüentment de midó (imatge 106).

Aquests resultats negatius poden ser deguts a dos possibles factors. El primer és que **la farina no s'hagi acabat de dissoldre** o que aquesta fos poca quantitat per apreciar els canvis de color en fer la reacció química. Dubto molt que es tracti d'aquesta opció, ja que en fer la dissolució l'aigua es veia tenyida pel color ocre de la farina. L'altra opció és **que la farina no estigui formada per les llavors de soja sinó per les pellofes** o que sí que en continguin però en una quantitat baixa. En els teixits parenquimàtics de la llavor és on trobem les reserves de midó i també unes grans quantitats de proteïnes i glúcids que

s'utilitzen com a reserves energètiques durant la germinació de la planta. Aquest fet podria explicar els resultats negatius en les proves, ja que no contindrien les llavors que farien que el resultat fos positiu. Si es tractés d'aquesta opció, la farina estaria formada majoritàriament per les pellofes i restes vegetals les quals estan compostes per una gran quantitat de fibra de cel·lulosa que no reacciona amb les proves.

Veiem també **que les farines tenen una quantitat nutricional molt pobre** pel que fa als glúcids reductors, aminoàcids aromàtics, proteïnes i midó. Aquest fet provoca que en ser digerides pels animals no rebin els nutrients necessaris per al seu desenvolupament. La farina de soja pot actuar per a augmentar el volum del pinso però no aporten els nutrients estudiats o en una proporció mísera.

La nostra hipòtesi és falsa, ja que hem obtingut els mateixos resultats tant per la farina de soja ecològica com per la transgènica. Per tant no hi ha cap diferència nutricional pel que fa als glúcids reductors, aminoàcids aromàtics, proteïnes i midó. **El gen inserit en la farina de soja transgènica no proporciona cap nutrient dels estudiats i per tant no beneficia al consumidor.** Segurament, com passa amb la majoria d'organismes transgènics, el gen inserit deu donar resistència a herbicides, a l'acció dels insectes o a les condicions mediambientals pel que és un benefici pel procés de producció i l'agricultor que la cultiva.

## 12. Conclusions

Un cop realitzat el treball puc dir que he assolit els objectius plantejats a l'inici, ja que he après tot el que m'he fixat respecte als aliments transgènics i més. Després d'aquest procés he pogut extreure unes conclusions sobre tota la informació obtinguda i una opinió personal sobre els aliments transgènics.

115

Primerament he descobert que els organismes transgènics tenen un procés de creació molt més complexa del que jo m'havia imaginat inicialment. No només es tracta de la introducció del gen en l'organisme com jo m'havia imaginat sinó que aquest necessita un tractament previ i llavors s'ha d'inserir en l'ADN del propi organisme. A més el percentatge d'encert és molt baix pel que s'ha de realitzar moltes vegades perquè un organisme transgènic es creï correctament. Aquest fet és molt important en tractar-se d'organismes vius cal realitzar-lo correctament, ja que hi intervé un factor relacionat amb la bioètica i sociocultural a tenir en compte relacionat amb aquest tema.

També he vist que aquests organismes transgènics tenen més finalitats i no solament la creació d'aliments tot i que és en la que he centrat el treball. La primera vegada que em van parlar dels transgènics em vaig imaginar combinacions fantàstiques entre animals. Realment tot i que normalment no tenen canvis d'aparença, els organismes transgènics es diferencien bastant de les varietats que no ho són.

El que més m'ha sorprès ha estat l'enorme quantitat d'aliments vegetals transgènics i modificats genèticament que es produeixen globalment i consegüentment el que s'exporta cap als països europeus.

Aquesta informació ha estat la base per a poder respondre la pregunta del treball sobre si nosaltres arribem a menjar aliments vegetals transgènics. L'agricultura del nostre país és insuficient per abastir la demanda de la població i les empreses dedicades al sector de l'alimentació. Per aquest motiu, com hem vist, la majoria d'aliments són importats d'Amèrica del Nord i del Sud. Allà la producció és enorme comparada amb la que es produeix aquí. Com hem vist al treball, les hectàrees destinades a la producció d'aliments vegetals transgènics és molt gran, per això és molt més probable que hàgim comprat un

d'aquests productes sense saber el seu origen i les seves característiques biològiques.

El projecte realitzat per la cooperativa, tot i tractar-se d'aliments vegetals modificats genèticament, m'ha confirmat que aquests també estan presents en la nostra zona i que poden ser destinats finalment pel nostre consum, o sigui, podem estar menjant aliments transgènics o modificats genèticament sense saber-ho.

Un cop analitzats els avantatges i inconvenients dels aliments vegetals transgènics podrien ser molt beneficiosos per la població, no només aportant uns nutrients extres sinó també prevenint malalties. El que succeeix és que la majoria de les varietats d'aliments vegetals transgènics beneficien als productors d'aquestes reduint-ne el cost de producció, però el que s'hauria d'intentar seria continuar amb la investigació en l'àmbit de la biotecnologia per a fer que aquests fossin completament segurs per la salut humana i aquests fossin un benefici per a tots. Això però no succeirà, ja que les grans multinacionals que tenen el control dels aliments transgènics busquen el seu benefici i no el del consumidor.

Pel que fa a la realització d'aquest treball ha estat una tasca llarga i dura però al final gratificant perquè el resultat obtingut ha estat el que jo m'havia imaginat al principi i estic satisfeta amb aquest.

Vaig enviar una sol·licitud per al projecte Batx2lab del Parc científic de Barcelona per a poder utilitzar les seves instal·lacions i realitzar allà unes pràctiques assessorada per algú entès en el tema, finalment no van escollir el meu treball. Tot i això vaig buscar maneres diferents de realitzar una part pràctica original (realitzant les meves pròpies plantacions i observacions de camp) i no les opcions més comunes com les enquestes. El resultat ha estat del tot satisfactori i molt útil per a relacionar-lo amb els conceptes apresos.

També vaig intentar posar-me en contacte amb empreses punteres en aquest sector dels aliments transgènics vegetals com són: Monsanto, Syngenta i Basf

enviant nombrosos correus electrònics i trucant als centres d'atenció al client. No vaig obtenir respostes dels correus, en les trucades al demanar pels seus productes o per parlar amb algú entès en el tema, no em van atendre. A causa d'aquest fet, m'he adonat que hi ha un gran secretisme sobre el tema de la modificació genètica a les empreses que produeixen aquests aliments transgènics. Això m'ha fet qüestionar si realment aquestes empreses estan amagant algun procediment il·legal i si són conscients d'algun efecte perjudicial per a la salut humana. He corroborat aquesta desinformació per part de les empreses en preguntar per la modificació dels productes transgènics de la cooperativa Verntallat i aquests no em van saber respondre ni després d'haver consultat als seus proveïdors.

Tot i aquests petits contratemps i la dificultat del tema en algunes ocasions no em penedeixo en absolut de la seva elecció. He adquirit un gran coneixement en biotecnologia que era uns dels meus possibles estudis posteriors i he descobert que m'agrada bastant. L'únic a millorar respecte a un pròxim treball semblant seria l'organització del temps tot i que en cap moment m'he sentit pressionada per aquest i he gaudit del procés.

### 13. Agraïments

Voldria agrair enormement a la Cooperativa Verntallat i a en Ramon Torrent Sala el seu vicepresident per tota l'ajuda i amabilitat amb la que m'han tractat. També els voldria donar les gràcies per haver-me proporcionat molts dels productes amb els quals he pogut realitzar la part pràctica d'aquest treball.

118

A la meva tutora, l'Eva Costa, que s'ha preocupat en tot moment pel desenvolupament del treball, amb el que m'ha ajudat i aconsellat. Donar-li també les gràcies pel tracte tan directe, per estar sempre disposada a donar-me un cop de mà en el que necessitava i tranquil·litzar-me en el procés de la realització del treball.

Finalment als meus pares que tot i que no podien aconsellar-me pel que fa al treball han estat pendents de com em trobava mentre el realitzava i en quin estat es trobava el treball.

## 14. Bibliografia

Jimeno Fernández, A. i Ugedo, L. (2016). *Biologia*. Barcelona: Grup Promotor Santillana.

Jimeno Fernández, A., & Ugedo, L. (2016). *Quadern de Pràctiques*. Barcelona: Grup Promotor Santillana.

## 15. Webgrafia

Transgènic (s.d.). En *Diccionario de la Real Academia Espanyola online* (23<sup>a</sup> ed.). Recuperat de: <http://dle.rae.es/?id=aK19j kf>

Aliments modificats genèticament i aliments transgènics. (2010). En *Termcat centre de terminologia online*. Recuperat de: [http://www.termcat.cat/ca/Comentarios\\_Terminologics/Finestra\\_Neologica/17/](http://www.termcat.cat/ca/Comentarios_Terminologics/Finestra_Neologica/17/)

Baltà, A., Baró, J., i Blanco, V. (2013). Alimentos transgènics: La realidad no siempre supera a la ficción. Recuperat de: <https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2012/103201/transgenicos.pdf>

Greenpeace (s.d.). ¿Qué sabes de los transgènics?. Recuperat de: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/transgenicos/que-sabes-de-los-transgenicos-2.pdf>

Edualter (s.d.). Que son los transgènics. Recuperat de: <http://www.edualter.org/material/transgenicos/queson.html>

Plataforma ecológica (2017). Els aliments transgènics. Recuperat de: <https://www.plataformaecologica.com/ca/agricultura-ecologica/els-aliments-transgenics/>

Rosell, J. (2018). Transgènics. Recuperat de: [http://www.biosfera.cat/biosfera\\_cat\\_biosfera/?p=381](http://www.biosfera.cat/biosfera_cat_biosfera/?p=381)

Fernández, F. (2006). VEGETALES TRANSGÉNICO: MITOS Y REALIDADES DESDE UNA PERSPECTIVA TÉCNICA. Recuperat de: <http://www.redalyc.org/html/610/61029201/>



Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ministerio para la Transición Ecológica. (s.d.). Organismos modificados genéticamente: Legislación.

Recuperat de: <https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/>

Generalitat de Catalunya (2008). Sistema de vigilància i control dels organismes genèticament modificats (ogm) a Catalunya. Recuperat de: [http://acsa.gencat.cat/web/.content/Documents/eines\\_i\\_recursos/svc\\_ogm\\_2008.pdf](http://acsa.gencat.cat/web/.content/Documents/eines_i_recursos/svc_ogm_2008.pdf)

Solé, A. (2015). La UE obre la porta als transgènics. *Ara*. Recuperat de: [https://www.ara.cat/societat/UE-obre-porta-als-transgenics\\_0\\_1285071559.html](https://www.ara.cat/societat/UE-obre-porta-als-transgenics_0_1285071559.html)

Muñoz, F. (2004). Alergenicidad de los alimentos transgénicos. Recuperat de: <http://www.jano.es/ficheros/sumarios/1/66/1511/49/1v66n1511a13058952pdf001.pdf>

SpringerLink (2014). Improved protein quality in transgenic soybean expressing a de novo synthetic protein, MB-16. Recuperat de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11248-013-9777-5>

International Service for de Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (s.d.). Llista d'esdeveniments de cultius de GM. Recuperat de: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/eventslist/default.asp>

Bioeco Actual (2017). Tot el que necessites saber sobre l'autorització de cultius transgènics en 60 segons. Recuperat de: <https://www.bioecoactual.com/ca/2017/07/11/tot-necessites-saber-lautoritzacio-cultius-transgenics-60-segons/>

Matas, M. (2016). La doble moral d'Europa amb els transgènics: importar sí, conrear no. *Ara*. Recuperat de: [https://www.ara.cat/societat/doble-dEuropa-transgenics-importar-conrear\\_0\\_1501649847.html](https://www.ara.cat/societat/doble-dEuropa-transgenics-importar-conrear_0_1501649847.html)

Pujol, A. (2010). Animals transgènics: què són, com s'obtenen i per què serveixen. Recuperat de:

<https://ddd.uab.cat/pub/ciencies/16996712n17/16996712n17p35.pdf>

La Vanguardia.cat (2017). España concentra el 95% de los cultivos transgénicos de Europa. Recuperat de:

<https://www.lavanguardia.com/natural/20170506/422312083177/informe-mundial-cultivos-transgenicos-espana-lider-europa.html>

Agencia EFE (2018). Cultivos transgénicos en el mundo llegaron a 189,8 millones de hectáreas en 2017. Recuperat de:

<https://www.efe.com/efe/america/economia/cultivos-transgenicos-en-el-mundo-llegaron-a-189-8-millones-de-hectareas-2017/20000011-3664124#>

González, J. (1978). Consiguen insulina idéntica la humana a partir de una bacteria común. *El país*. Recuperat de:

[https://elpais.com/diario/1978/09/09/sociedad/274140009\\_850215.html](https://elpais.com/diario/1978/09/09/sociedad/274140009_850215.html)

Castillas, S. i Codina, M. (s.d.). CEREALS TRANSGÈNICS. Recuperat de:

<http://bioinformatica.uab.es/biocomputacio/treballs00-01/casillas-codina/index.htm>

Universitat de Lleida (2018). Arròs transgènic per a un triple microbicida contra la Sida. Recuperat de: <http://www.udl.es/ca/serveis/oficina/Noticies/Arros-transgenic-per-a-un-triple-microbicida-contra-la-Sida/>

Villarreal, A. (2017). Cinco años más de glifosato en Europa: estos 18 países dan luz verde al polémico herbicida. Recuperat de:

[https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2017-11-27/glifosato-union-europea-renueva-licencia\\_1484364/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2017-11-27/glifosato-union-europea-renueva-licencia_1484364/)

Els riscos dels aliments transgènics i la legislació europea que els regula (2017). Recuperat de: <https://www.atlantida.net/els-riscos-dels-aliments-transgenics-i-la-legislacio-europea-que-els-regula/>

Redondo, L. (2016). Què ens provoquen exactament els aliments transgènics?.

Recuperat de: <https://etselquemenges.cat/repte/que-ens-provoquen-exactament-els-aliments-transgenics>

corrector ortogràfic i gramàtic català. (2018). Recuperat de:

<https://www.softcatala.org/corrector/>

Pujol, M. (2001). La soja. Recuperat de:

<https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=63142/2010/1/53496/29604-3851.pdf>

El cultivo del maíz(s.d.). Recuperat de:

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>

García, D. (2013). ¿Es la bebida de soja un buen sustitutivo de la leche?.

Recuperat de: <http://dimetilsulfuro.es/2013/09/06/soja-sustitutivo-leche/>

Información nutricional de la soja (s.d.). Recuperat de:

<https://sojaysalud.com/composicion-nutricional-de-la-soja.php>

