

# Índex

Agraïments.....	2
-----------------	---

## Part teòrica: els Transgènics

1. Introducció.....	5
2. Transgènics	
2.1. Què és un transgènic?.....	7
2.2. Història dels transgènics.....	9
2.3. Procediments per l'obtenció de plantes transgèniques.....	11
2.4. Tipus d'aliments transgènics.....	16
2.5. Legislació dels transgènics.....	18
2.6. Per què es creen vegetals transgènics?.....	22

## Part experimental

1. Introducció i objectius.....	25
2. La plaga objecte de l'experiment	
2.1. Introducció: <i>Plodia interpunctella</i> .....	26
2.2. Classificació.....	27
2.3. Descripció morfològica.....	28
3. Panís transgènic.....	33
4. Material i mètodes.....	36
5. Resultats i Conclusions.....	58
6. Reflexions finals.....	66

Bibliografia.....	69
-------------------	----

## Agraïments

Aquest treball no l'hauria pogut fer sense la desinteressada col·laboració de persones compromeses amb la ciència i les noves tecnologies i que m'han ajudat a superar aquesta nova etapa de la meva formació. A la vegada m'han acompanyat en aquesta nova experiència que ha estat molt positiva.

Estic agraïda a l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) per permetre'm realitzar la pràctica en el seu laboratori d'entomologia.

A Ramon Albajes Garcia, catedràtic de la Universitat de Lleida. Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal, el qual de manera específica treballa en el control biològic de plagues, ús de feromones, avaluació d'impactes de tècniques i mètodes de control integrat.

A Matilde Eizaguirre Altuna, catedràtica de la Universitat de Lleida. Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal, la qual també treballa en el control integrat de plagues agrícoles.

A José Ramon Olarieta Alberdi, professor Enginyeria Agronòmica ETSEA de la Universitat de Lleida. Especialitzat en edafologia i química agrícola. També membre de l'associació *Som lo que sembrem*.

A Tânia Ferrera Marques, enginyera agrònoma, per la seva col·laboració i disponibilitat.

Als professors, tècnics i personal de laboratori per la seva ajuda i motivació en el temps que hem compartit i per fer-me sentir part de l'equip.

Al meu tutor del treball de recerca, Xavi Llobera Rames, per ajudar-me a estructurar el treball i per la seva disponibilitat.

Als meus pares per la seva ajuda, motivació i recolzament.

# Part teòrica: Els transgènics



# 1. Introducció

La ciència durant el segle XX ha realitzat una gran quantitat d'avenços que han contribuït a solucionar problemes existents al llarg de la història de la humanitat, fet que ha millorat la qualitat de vida.

El control científic dels aliments ha permès fer descobriments en l'àmbit de la biotecnologia.

La biotecnologia és una branca de la biologia molecular que s'ocupa de l'experimentació de tècniques per a la manipulació genètica.

D'aquesta manera es modifiquen genèticament plantes, animals o bacteris, transferint gens d'un tipus d'organismes a uns altres.

Aquests organismes amb gens inserits s'anomenen transgènics i es diferencien de les obtencions de la millora genètica clàssica perquè en aquesta només es poden transferir gens a través de la reproducció sexual.

L'aplicació de la biotecnologia en aliments ha originat un complex debat en el que es barregen aspectes tècnics i biològics amb d'altres com per exemple els interessos per les patents, la protecció dels consumidors, els drets dels agricultors, etc.

També ens trobem davant d'una controvèrsia sobre les espècies transgèniques i la seva repercussió sobre la salut, el que ens obliga a pensar en establir uns límits a l'actuació humana.

Personalment m'ha interessat el tema dels aliments transgènics, perquè a nivell mundial hi ha grups que defensen els aliments modificats genèticament i d'altres que es manifesten en contra dels mateixos i crec que tant uns com altres tenen punts que són importants i interessants pel món actual.

Amb l'objectiu d'aprofundir una mica en aquest món vaig contactar amb l'associació lleidatana *Som lo que sembrem* en la que conflueixen persones i organitzacions d'àmbits molt diferents que veuen en els transgènics un pas enrere en la recerca d'una alimentació sana, justa i sostenible. A partir d'aquí també em vaig adreçar a l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaris (IRTA) per tal d'elaborar aquest treball.

Una altre aspecte que em va portar a interessar-me en aquesta temàtica va ser que vaig llegir en un article que per comarques, a Catalunya, la major part de cultius transgènics es concentren al Segrià i a la Noguera.

Al final del treball, en les conclusions, intentaré incloure el meu punt de vista, el qual segurament estarà influït per l'experiència que he tingut al llarg d'aquest temps; ja que al principi de l'estudi potser no estava massa a favor i ara no n'estic tant segura.

## 2. Transgènics

### 2.1. Què és un transgènic?

Un transgènic és un organisme genèticament modificat<sup>1</sup> (GMO) al qual mitjançant enginyeria genètica<sup>2</sup> (per un sistema anomenat tecnologia del DNA recombinant) se li ha creat una nova seqüència de gens<sup>3</sup> obtinguts de diverses fonts, ja sigui introduint un gen exterior o bé suprimint o modificant la funcionalitat d'un gen propi.

D'aquesta manera a l'organisme receptor se li modifica o se li suprimeix alguna característica biològica que li era pròpia, o se li afegeix alguna de nova, com per exemple: oferir resistència contra certs insectes (fet que permet reduir la quantitat de pesticides a utilitzar), produir arròs més ric en vitamina A (per evitar problemes de malnutrició en zones on l'arròs és la principal font d'aliment), generar bacteris que segreguin metalls pesants altament contaminants del medi ambient (per tal de descontaminar zones malmeses), o reproduir vaques la llet de les quals contingui un factor humà de coagulació sanguínia.

A la natura també es duu a terme aquest procés de manera natural i per atzar, de manera que hi ha bacteris que intercanvien fragments entre ells i virus que transmeten el seu DNA<sup>4</sup> a cèl·lules.

La biotecnologia és una branca de la biologia molecular que s'ocupa de l'experimentació de tècniques per a la manipulació genètica.

D'aquesta manera es modifiquen genèticament plantes, animals o bacteris transferint gens d'un tipus d'organisme a un altre.

---

<sup>1</sup> Planta, animal o microorganisme que ha estat genèticament alterat mitjançant tècniques d'enginyeria genètica.

<sup>2</sup> Tècniques que permeten l'alteració de l'estructura genètica d'un ésser viu o d'una cèl·lula.

<sup>3</sup> Fragment de cromosoma en què es troba codificada una unitat d'informació genètica.

<sup>4</sup> Molècula portadora de la informació genètica de les cèl·lules, compost per dues cadenes complementàries de nucleòtids enrotllats en una doble hèlix.

L'objectiu que volen aconseguir els científics amb aquesta manipulació genètica és transferir qualitats desitjables d'un organisme a un altre. Un clar exemple és el panís transgènic. Aquesta planta fou alterada genèticament per a que actués com a pesticida, en un principi dirigit a una eruga considerada plaga.

Per això, es van incorporar gens d'un bacteri (*Bacillus thuringiensis*<sup>5</sup>) a la planta del panís.

Aquest tipus de panís és el que denominem panís *Bt* (pel bacteri donador del gen), sobre el qual es basa la part pràctica d'aquest projecte.

Els aliments genèticament dissenyats<sup>6</sup> estan presents en productes comuns com tomàquets, panís, soja, productes làctics, llevats i olis que substitueixen les varietats tradicionals de fruites i vegetals.

---

<sup>5</sup> *Bacteri que produeix una toxina contra certs insectes, especialment lepidòpters.*

<sup>6</sup> *Aliments derivats de cultius genèticament modificats, de plantes cultivades que han estat modificats per enginyeria*



## 2.2. Història dels transgènics

Les alteracions pel que fa al material genètic s'han dut a terme des de sempre de manera natural i per atzar, a causa del vent (que afavoreix la pol·linització), de l'aigua, d'altres animals...

A la vegada l'home s'ha unit a aquesta selecció per tal de potenciar les característiques més favorables, i així viure millor.

Però els primers estudis sobre aquestes característiques daten del 1856, per part del monjo txec Gregor Mendel, i del 1861, en que Louis Pasteur identifica el paper dels microorganismes en les transformacions biològiques fixant la base de la microbiologia.

L'any 1953 James Watson i Francis Crick descobreixen l'estructura de doble hèlix de l'àcid desoxiribonucleic (DNA), que conté la informació necessària per ordenar els aminoàcids correctament per tal de transmetre la informació d'una generació en una altra. Al 1962 reben el premi Nobel de medicina.

Durant la dècada dels 70 s'aïllen gens que són codis concrets per a proteïnes específiques, aquest és l'inici de la biotecnologia.

En la dècada dels 80 es descobreix com transferir fragments d'informació genètica d'un organisme a l'altre i es produeix la primera aplicació comercial de la biotecnologia amb la insulina humana transgènica per al tractament de la diabetis. Al 1983 es genera la primera planta millorada genèticament, és una varietat<sup>7</sup> del tabac amb resistència a antibiòtics.

---

<sup>7</sup> Organismes d'una espècie que comparteixen determinades característiques genètiques que els diferencien d'altres organismes de la mateixa espècie.

Les primeres directrius europees sobre l'ús dels organismes genèticament modificats es publiquen al 1990 i es registra la primera patent per a panís transgènic.

Anys més tard, al 1996, l'Unió Europea aprova la importació de soja transgènica, modificada genèticament per a tolerar un tipus d'herbicida i ser apta pel consum humà i animal. Un any més tard es comença a comercialitzar el panís transgènic, protegit contra insectes i al 1998 es cultiva per primera vegada a Espanya.

En resum el segle XX ha estat un segle durant el qual s'ha produït la major contribució de la ciència a la solució de problemes de tota la història de la humanitat, fet que ha permès incrementar la nostra qualitat de vida. És precisament el control científicotècnic de l'alimentació el que ha permès als humans desenvolupar el món i la cultura en el què ens trobem immersos.

Durant el segle XXI el desenvolupament i la relació entre tots els camps de l'energia i la indústria a l'ecologia, i de la biomedicina a l'alimentació serà de vital importància.

## 2.3. Procediments per l'obtenció de plantes transgèniques

La modificació genètica es realitza inserint un o varis gens amb les característiques d'interès que es desitgen conferir mitjançant l'aplicació de tècniques recombinants<sup>8</sup> del DNA. Aquestes tècniques impliquen la reordenació dels gens amb l'ús d'enzims que per les seves característiques tallen les molècules del DNA, obtenint fragments que poden ser units per manipulacions *in vitro*.

Els gens inserits es denominen transgens<sup>9</sup>, ja que són introduïts de manera artificial.

Per a la creació d'una planta transgènica primer cal identificar el transgèn o transgens, que confereixen la característica desitjada, després s'ha d'aïllar i fer les modificacions necessàries abans d'inserir-lo en una cèl·lula de la planta.

Per tal d'aïllar-lo són necessaris els enzims<sup>10</sup> de restricció, els quals envolten la molècula de DNA en el punt on troben la seqüència que es vol extreure i tallen una de les dues fileres de la doble hèlix de DNA en un punt i l'altre filera (complementària) en un altre punt. Les dues peces que se separen tenen el mateix acabament, són complementàries i poden combinar amb altres trossos de DNA que hagin patit el mateix procés.

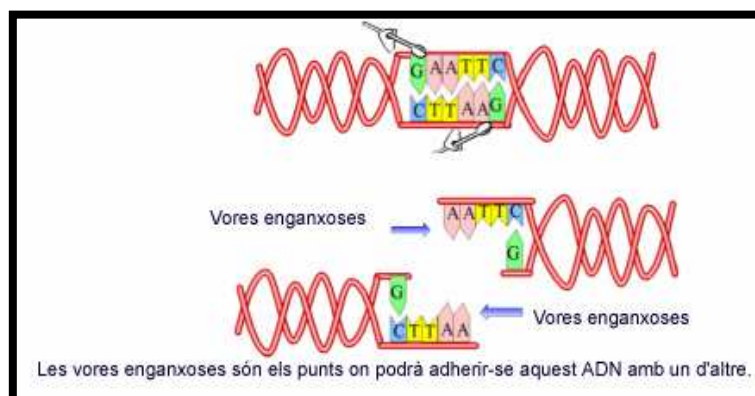


Figura 1. L'actuació dels enzims de restricció

<sup>8</sup> DNA format per l'unió en condicions de laboratori de gens o d'altres fragments de DNA que no es troben junts de forma natural. Els fragments poden provenir del mateix organisme o d'organismes diferents.

<sup>9</sup> Gen que s'ha transferit a un organisme mitjançant enginyeria genètica.

<sup>10</sup> Biomolècula de naturalesa proteica que catalitza reaccions bioquímiques específiques.

Principalment s'empren tres mètodes per introduir un gen aliè en una planta. Amb tots aquests mètodes es van obtenir per primera vegada amb més o menys èxit plantes transgèniques en la dècada dels 80 i moltes d'elles es van comercialitzar als anys 90.

a) El mètode es basa en emprar un vector<sup>11</sup> viu que porta el material genètic a la cèl·lula. Existeixen dues formes d'introduir material genètic per aquesta via.

a.1. Mitjançant virus genèticament modificats (que porten els gens d'interès enlloc dels gens estructurals), els quals insereixen el seu genoma en el DNA cel·lular per a que després de produir-se la duplicació cel·lular s'aconsegueixi una còpia dels gens foranis.

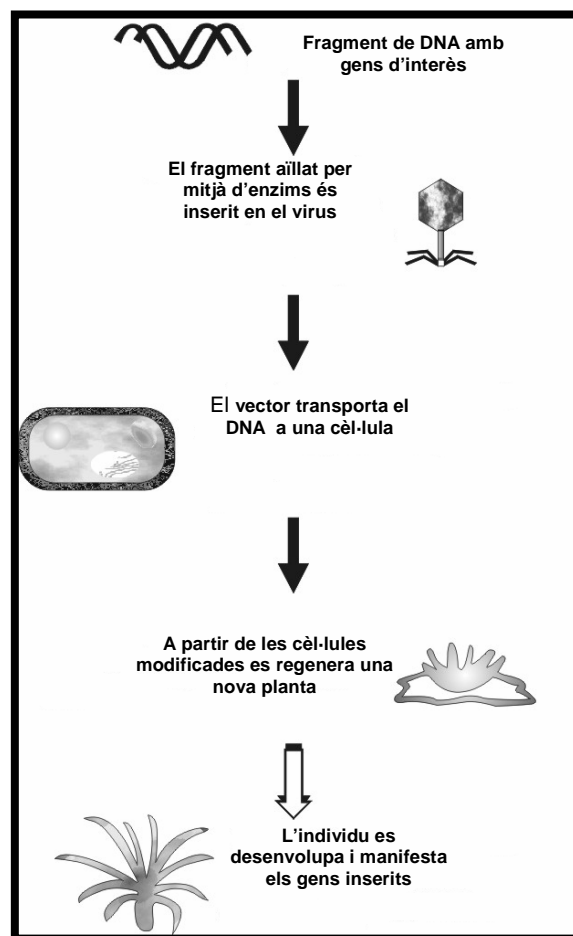


Figura 2. Esquema de formació d'un transgènic mitjançant un virus

<sup>11</sup> Element genètic dins del qual s'insereix experimentalment un fragment de DNA per transportar-lo, estudiar-lo o fer-ne còpies.

a.2. Mitjançant el mecanisme natural d'infecció per la bactèria *Agrobacterium tumefaciens* que transfereix el seu propi DNA en la planta amb una infecció. Aquesta infecció només la pot fer a través de les lesions de la planta que generalment es produeixen en l'arrel o en la tija. El DNA, contingut en el bacteri, entra en la cèl·lula de la planta a través d'aquesta lesió. A partir d'aquí crea un tumor i es desenvolupa una hiperplàsia, és a dir que el tumor es comença a estendre mitjançant la multiplicació cel·lular. Aquest bacteri no és patògen perquè no secreta cap toxina<sup>12</sup> que dissolgui les parets cel·lulars com poden fer d'altres bacteris patògens. Tot i això aquest mètode sovint és poc eficient en diverses espècies de plantes (en general totes les monocotiledònies) i a més a més s'obtenen poques còpies de plantes amb el transgèn.

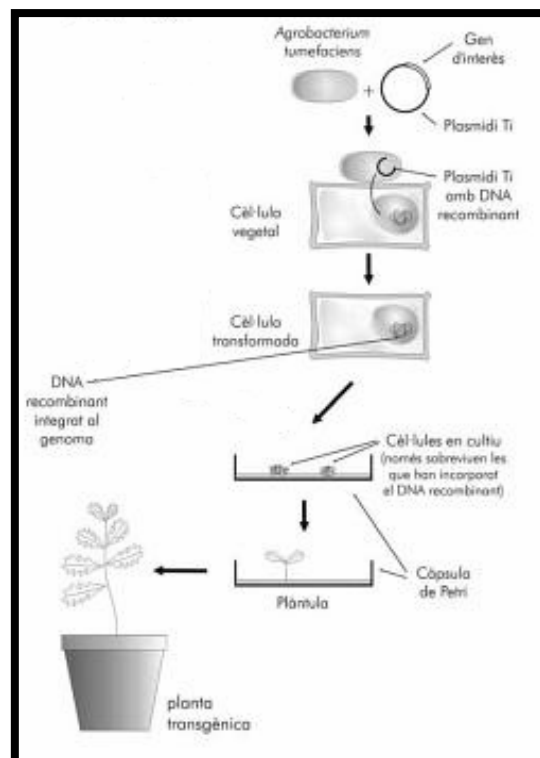


Figura 3. Esquema de formació d'un transgènic mitjançant la bactèria *Agrobacterium tumefaciens*

b) Un altre mètode emprat per transformar genèticament plantes és l'ús de protoplasts, que són cèl·lules vegetals a les quals se'ls ha extret la

<sup>12</sup> Compost produït per un organisme que és perjudicial per al creixement o la supervivència d'un altre organisme de la mateixa o de diferent espècie.

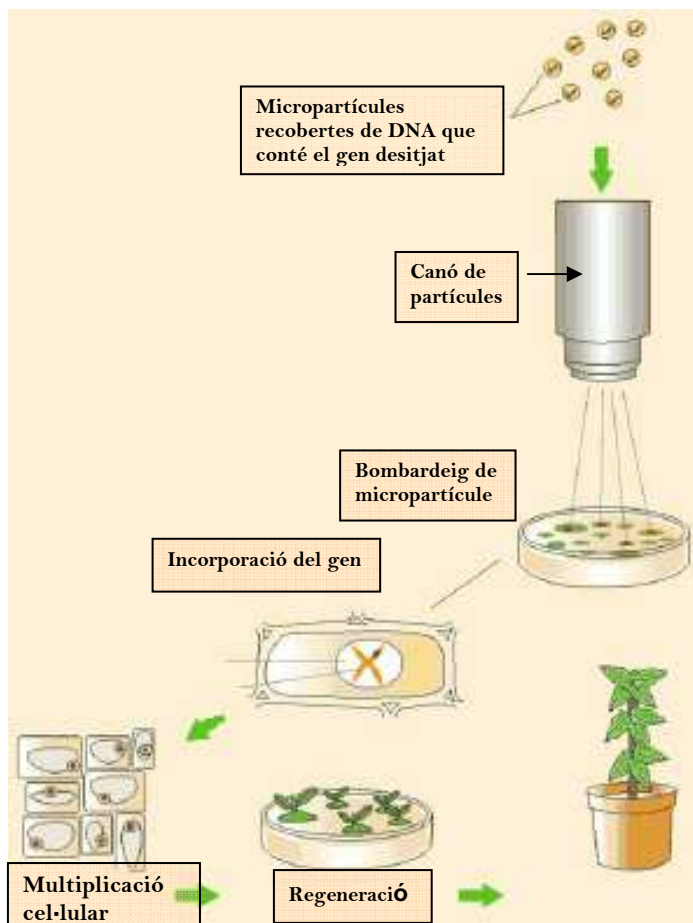
paret cel·lular. D'aquesta manera resta eliminada la barrera principal per a la introducció de gens foranis.

La paret cel·lular s'elimina mitjançant un enzim. El gen que s'ha de transferir s'afegeix al medi de cultiu del protoplast. Si al protoplast se li aplica una descàrrega elèctrica creem diminuts porus en la membrana pels quals pot penetrar el DNA. Aquest mètode es denomina electroporació.

Pot realitzar-se una transferència directa de gens a través de la fusió de protoplasts (la cèl·lula vegetal sense la paret) amb substàncies químiques com el polietilenglicol, el qual desestabilitza la membrana cel·lular. També podem emprar liposomes que continguin el DNA a transferir.

La dificultat principal que planteja aquest mètode és l'escàs desenvolupament de les plàntules generades a partir de protoplasts.

Al 1988 es van obtenir per primera vegada cereals transgènics a partir de la regeneració de protoplasts amb gens exògens.



c) La biolística és un altre mètode que consisteix en bombardejar el nucli de les cèl·lules amb partícules metàl·liques microscòpiques d'or recobertes del DNA que es desitja introduir. Una vegada dintre del teixit vegetal el DNA es desprèn de les micropartícules a causa de les modificacions de l'entorn iònic. S'ha comprovat que quan la

Figura 4. Esquema de formació d'un transgènic mitjançant la biolística

quantitat de partícules en una cèl·lula és superior a 11 hi ha poques probabilitat que la cèl·lula sobrevisqui.

Aquesta tècnica dóna bons resultats però aquests poden ser bastants imprevisibles ja que s'ha observat un increment significatiu en la taxa de mutació cel·lular.

Dins de la biolística podem incloure les tècniques d'injecció (micro i macroinjecció), aquests mètodes consisteixen en injectar el material genètic forani al nucli de la cèl·lula utilitzant un equip sofisticat. La microinjecció es realitza sota control microscòpic i amb microcapil·lars. Els mètodes de microinjecció tenen major eficàcia que els de macroinjecció per la focalització dirigida de la inserció. Com a curiositat podem destacar que es necessiten injectar almenys 10.000 cèl·lules, una a una, per tenir la seguretat que almenys una d'elles ha incorporat el material genètic.

## 2.4. Tipus d'aliments transgènics

En l'actualitat només s'utilitzen uns quants vegetals modificats genèticament, però hi ha molts tipus de transgènics en vies d'investigació. A nivell comercial, es conrea sobretot blat de moro, soja, colza i cotó. Aquestes plantes tenen dos tipus de modificacions genètiques: la propietat insecticida (*Bt*) o la tolerància als herbicides.

- Plantes tolerants a herbicides: aquestes plantes també són denominades transgènics resistents a l'herbicida *Glifosat*, com la soja transgènica. Són plantes tolerants a l'herbicida que comercialitza la mateixa empresa que les llavors.

Aquesta característica fa possible tractar les males herbes amb productes químics sense perjudicar els conreus transgènics. El resultat pot ser una major contaminació del subsòl, a la vegada que els vegetals creen resistència a aquests productes, per la qual cosa cada vegada s'ha d'aplicar major quantitat. També hi ha risc que aquesta tolerància a l'herbicida es transmeti a altres conreus.

- Plantes *Bt*: són plantes que tenen una versió sintetitzada (artificial) del gen bacterià *Bt* (*Bacillus thuringiensis*), que fa que en la planta es produeixi la toxina *Bt*, mortal per alguns tipus d'insectes. Aquestes plantes produeixen la toxina durant el seu desenvolupament afectant a les plagues d'insectes.

També podem denominar aquest transgènic com segregatiu d'insecticida. S'inclou en aquesta categoria la major part del blat de moro que es conrea a Catalunya.

El primer aliment produït per enginyeria genètica fou el tomàquet "Flavr Svr" i és l'únic que es consumeix. Aquest tomàquet va ser modificat per a que resistís més temps després de madurar, evitant que produeixi un



enzim, anomenat *poligalacturonasa*, que és essencial en el procés d'envelliment

Les perspectives d'aquesta tecnologia són molt àmplies ja que en l'actualitat existeixen més plantes a punt de comercialitzar-se i en els propers anys el seu nombre podria ascendir a centenars.

En l'Unió Europea només està autoritzat el conreu del panís *Bt*.

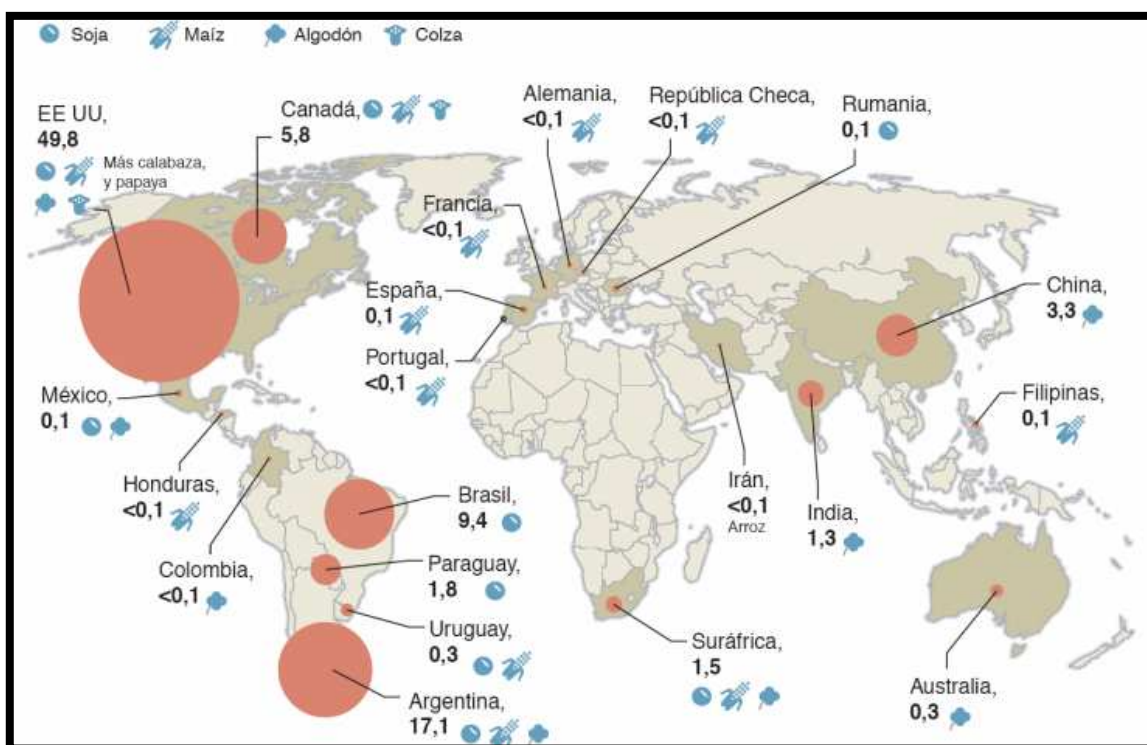


Figura 5. Cultius d'espècies genèticament modificades (Xifres en milions d'hectàrees)

La normativa legal és més estricta a Europa que a Amèrica, per això tal i com mostra la figura 5, a Estats Units, a Brasil i a Argentina els cultius transgènics són més abundants i han donat a lloc a la creació d'empreses famoses a nivell mundial com Monsanto.

## 2.5. Legislació dels transgènics

Els objectius principals de les lleis, decrets i recomanacions que atenyen els organismes genèticament modificats són: protegir la salut i el medi ambient, assegurar el lliure mercat dels productes, garantir la informació de l'etiquetatge i comptabilitzar els drets derivats de la propietat intel·lectual amb l'interès col·lectiu mitjançant un sistema de patents.

Podem tenir la sensació que és un camp on no existeixen regulacions, en què cada país, cada companyia o cada persona pot fer el que li sembli millor. Aquesta idea és errònia, la regulació actual relativa als OGM és exhaustiva i contempla absolutament tots els aspectes, des de la recerca bàsica fins a la comercialització.

Hi ha agències encarregades de vetllar perquè es compleixi la normativa estrictament.

- L'avaluació dels OGM:

La seguretat en l'ús d'OGM es centra en l'anàlisi de riscos i consta de tres etapes principals:

1. L'avaluació dels riscos: consisteix en valorar els danys que pot ocasionar, la probabilitat que succeeixin i si es produeixen, quines poden ser les conseqüències.
2. La gestió dels riscos: serien les accions que cal prendre per reduir els danys en cas que es produeixin.
3. La comunicació de riscos: cal tenir cura a l'hora d'informar sobre els riscos per a no donar una percepció errònia que els subestimi o els sobrevalori, la qual cosa pot portar a la presa de decisions errònies.

- Qui autoritza els OGM i els seus productes derivats:

Segons la legislació europea, tots els OGM i els seus productes derivats han de ser avaluats per l'Agència Europea de Seguretat Alimentària i Nutrició (vetlla per la seguretat de qualsevol producte destinat a l'alimentació) abans que la Comissió Europea en pugui autoritzar la comercialització. Si s'obté una avaluació positiva, la Comissió Europea legalitza l'ús dins els límits de l'Unió Europea, però en última instància, cada estat membre pot vetar o no uns determinats OGM, segons la legislació que tingui.

Els estats membres de l'Unió Europea i les comunitats que tenen poder legislatiu, com és el cas de Catalunya, apliquen els seus instruments jurídics principals en referència a:

- La utilització confinada de microorganismes genèticament modificats per regular la investigació i les activitats industrials, és a dir, manipular aquests organismes en un medi tancat que eviti el contacte amb la població i el medi ambient. També s'inclouen les activitats de treball en els laboratoris.
- L'alliberament intencionat al medi ambient d'OGM.
- Els aliments i pinsos genèticament modificats que inclouen les obligacions d'etiquetatge.
- L'autorització de nous aliments i pinsos genèticament modificats.

Tota aquesta normativa legal estableix les condicions que una empresa o un departament públic d'investigació ha de complir abans de desenvolupar, utilitzar o comercialitzar OGM o productes derivats.

A Catalunya hi ha la Comissió Catalana de Bioseguretat adscrita al departament de sanitat, la qual és un òrgan tècnic consultiu de l'administració, que estudia l'aplicació de les regulacions relatives a la producció agrícola genèticament modificada, la coexistència

amb la producció convencional i ecològica, i el sistema de vigilància i control.

- Etiquetatge dels Organismes genèticament modificats:

L'etiquetatge és fonamental per a tota mena d'aliments, tant per als que inclouen derivats d'OGM, com per als convencionals, per dos motius principals: és la garantia del que ingerim, la qual cosa inclou que les persones afectades d'al·lèrgies o intoleràncies alimentàries puguin disposar de la informació adient i també és la manera de garantir la llibertat dels consumidors en el moment de triar el menjar.

La legislació actual regula estrictament les normes d'etiquetatge d'aquests productes. El percentatge de material genèticament modificat que es considera que ha de constar en l'etiqueta està entre el 0,9% i el 0,5%. Si la quantitat és inferior a aquests percentatges no cal que consti l'origen genèticament modificat del producte.

El problema que troben moltes empreses per complir la normativa d'etiquetatge és que encara no hi ha cap mètode analític globalment acceptat que permeti distingir alguns ingredients genèticament modificats dels convencionals, especialment en aliments altament processats, a causa del gran nombre d'intermediaris implicats en el procés.

- Les patents:

Les patents són molt importants per les empreses de biotecnologia perquè és la manera que tenen de protegir i de treure rendiment a les inversions que han fet. Les companyies de biotecnologia han patentat ja una àmplia varietat d'OGM i també les tècniques utilitzades per produir-los. Aquestes patents els concedeixen drets exclusius de propietat industrial sobre organismes, gens i processos durant un màxim de 20 anys.

La possibilitat de protegir els invents a través del sistema de patents va sorgir al segle XIX, en plena revolució industrial, com un instrument

d'impuls tecnològic amb l'objectiu de protegir els interessos econòmics de l'inventor durant el període legal establert per a la seva explotació passat el qual esdevenia del domini públic.

El dret de patent també comporta l'obligació per part del titular d'explotar la patent directament o a través de persones autoritzades.

En general per a que una invenció pugui ser objecte de patent ha de reunir tres requisits:

- Ser nova en tot el món
- Ser el resultat d'una activitat inventiva
- Tenir caràcter i aplicació industrial

## 2.6. Per què es creen vegetals transgènics?

La producció de plantes transgèniques s'ha de considerar en relació a la reproducció tradicional de plantes mitjançant les quals els homes, des de la prehistòria, han conreat selectivament determinades plantes que tinguessin característiques favorables per al seu consum.

Es tarda de 10 a 15 anys en desenvolupar un nou tipus de transgènic utilitzant mètodes de reproducció tradicional. Les tècniques de transferència de gens poden reduir aquest temps a la meitat i possibilitar la transferència selectiva de gens com ja he comentat.

Actualment existeixen, comercialitzats o en procés de desenvolupament, vegetals que es modifiquen per a:

- Que tinguin una vida comercial més llarga.
- Que resistixin condicions ambientals agressives com: gelades, sequeres i sòls salins.
- Que presentin resistència als herbicides.
- Que presentin resistència a les plagues d'insectes.

Els experts creuen que la producció agrícola a Europa augmentarà considerablement gràcies als productes genèticament modificats.

Com a curiositat en un futur es podria trobar un tipus de patata amb nous gens que impedirien que els tubercles absorbissin la majoria o part de l'oli en el qual es fregeixen, per la qual cosa disminuirien les calories que té una ració de patates fregides. També hi hauria gerds que resistirien les gelades i que es podrien conrear en països en els quals ara és impossible fer-ho, i un tipus de blat que produiria una farina de millor qualitat per a fabricar el pa.

La biotecnologia de l'alimentació és possible que esdevingui una ajuda per als països en vies de desenvolupament que tenen molts problemes per a conrear determinats aliments.

# Part experimental





# 1. Introducció i Objectius

En aquest treball em plantejo com afecta el panís *Bt* en una plaga de magatzem, en concret la plaga *Plodia interpunctella*.

Aquest projecte l'he realitzat al laboratori d'entomologia de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA).

L'objectiu de l'estudi és preparar mostres amb diferents proporcions de panís isogènic i transgènic per observar el desenvolupament d'ous de *Plodia interpunctella* (proporcionats per l'IRTA de Cabriels).

El treball pràctic s'ha desenvolupat aproximadament al llarg de cinc mesos, elaborant un quadern de seguiment, el qual transcriu en l'apartat de material i mètodes.

Per tal de mostrar tota la pràctica realitzada he fet fotografies de tot el procés amb una càmera digital i amb la lupa binocular.

Per tal d'observar els efectes sobre la *Plodia interpunctella* he avaluat la supervivència, la malformació, el pes i la durada del desenvolupament. Tot i que l'experiència ho demostrarà i es veurà reflectit en les gràfiques la hipòtesi inicial és que el panís transgènic afectarà negativament a la plaga, produint malformacions i una elevada mortalitat.

## **2. La plaga objecte de l'experiment**

### **2.1. Introducció: *Plodia interpunctella***

*Plodia interpunctella* és un lepidòpter de la família dels *Pyralidae*, també coneguda com <<polilla bandeada>> .

Es tracta d'una arna de productes emmagatzemats, per això abunda en naus comercials i en àmbits nocturns. Durant el dia resta immòbil en espais foscos.

Els adults poden arribar a pondre 150 ous. Es calcula que en unes condicions de 30 graus i 70% d'humitat, l'arna pot completar el seu cicle, d'ou a adult, en 28 dies. A la vegada les baixes temperatures poden induir a la diapausa, procés en el qual s'interromp el seu desenvolupament i la seva activitat fisiològica.

Abunda en tots els continents, excepte a l'Antàrtida. S'ha expandit arreu del món per mitjà de productes emmagatzemats transportats per via marítima, sobretot en el cas de les importacions d'Àfrica a Anglaterra.

Pel que fa al seu aspecte extern, els adults són molt fàcils de distingir, ja que tenen les ales blanques en la seva meitat i de color rogenc en la seva part terminal. *Plodia interpunctella* mesura entre 1 i 1,5 cm.

## 2.2. Classificació

Regne: Animalia

Fílum: Arthropoda

Classe: Insecta

Ordre: Lepidòpter

Subordre: Glossata

Divisió: Ditrysia

Família: Pyralidae

Subfamília: Phycitinae

Gènere: Plodia

Espècie: interpunctella



Figura 6. Imatge d'una larva, d'una pupa, de l'exuvi i d'un adult

## 2.3. Descripció morfològica

**Ou:** Presenta una forma molt típica d'altres grups de lepidòpters, és l'anomenada forma de canó. Estan recoberts per secrecions cèries.

La posta pot ser individual, en petits grups o en grans masses, i produeixen diverses generacions a l'any, depenent del clima i de l'alimentació. La posta dels ous és sovint influenciada per l'olor del menjar, per això sol localitzar-se a prop de l'aliment de la futura larva a causa de l'escassa mobilitat d'aquesta, i normalment es troba sobre la planta, no a l'interior. La fecunditat de *Plodia interpunctella* varia a causa de diversos factors com: el tipus d'aliment, la mida de la femella, la provisió d'aigua, la superfície d'aliment... però tot i això el major índex de fecunditat té lloc a uns 30 graus.

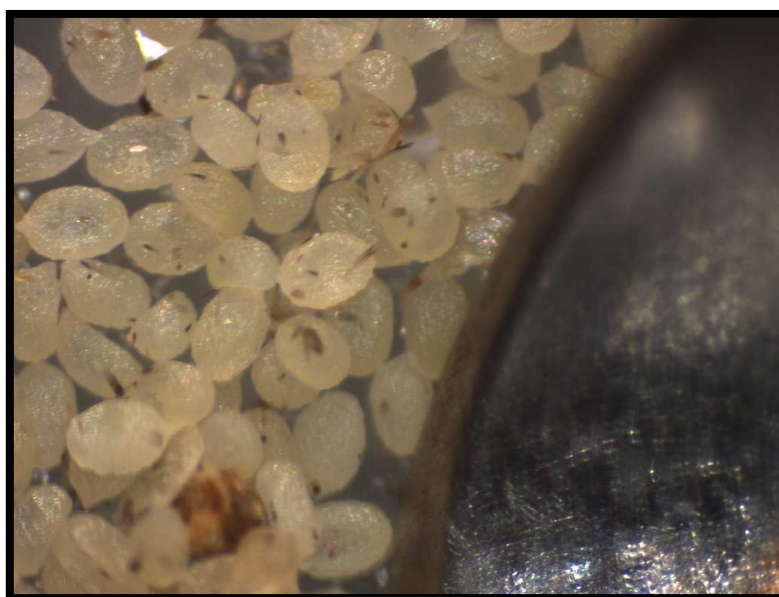


Figura 7. Imatge dels ous

**Larva:** Les larves són entre blanques i rosades, però el color pot variar segons l'alimentació, i tenen un desenvolupament desigual. Mesuren entre 14 i 15 mm de longitud.



Figura 8. Imatge en la que es veuen els pèls

Presenten un cap força desenvolupat amb un aparell bucal amb mandíbula. Al tòrax tenen tres parells de potes. Generalment posseeixen sis ocells<sup>13</sup> laterals. L'abdomen generalment té cinc parells de potes falses, anomenades propotes,

en la base de les quals hi ha un cercle d'espines amb forma de ganxo. A la vegada presenten pèl distribuït de forma uniforme.

Produeixen seda per glàndules molt grans que s'obren en una filera del llavi. La seda la fan servir per a construir els seus refugis o galeries i per elaborar el capoll.



Figura 9. Capoll

---

<sup>13</sup> *Orgànu*l fotosensible que és format per un grup de cèl·lules que els permet de detectar la llum

Tenen una grans voracitat i s'alimenten de tot tipus de grans de cereals i són també molt freqüent en farines (producte del qual s'alimentaran durant l'experiment) i els seus derivats. Aquesta espècie es caracteritza també per atacar a bastants tipus de productes com: fruits secs, llegums, castanyes, nous, avellanes, xocolata, ametlles, cacauets...

**Crisàlide:** El període de la crisàlide pot durar entre 15 i 30 dies.

La duració d'un estadi d'una crisàlide pot ser des d'uns dies fins a unes setmanes i inclús mesos, ja que és un estat per a passar les èpoques més desfavorables i entrar en diapausa. La diapausa també poden passar-la en estat d'ou i en alguns casos de larva desenvolupada, ja que ve determinada principalment per la temperatura i la pressió atmosfèrica. La crisàlide detecta les condicions ambientals adequades que provoca la sortida dels adults, pel que no és estrany que es produeixin sortides massives en determinats dies. La falta d'humitat durant la muda i crisalidació és un factor de mortalitat important.

Les parts principals de la pupa són:

- Ulls
- Ales adaptades per a grans vols, i que a més actuen com a regulador tèrmic, captant o difonent calor segons les condicions ambientals.
- L'espíritrompa és una zona on es troben uns òrgans sensorials amb el sentit del gust i que són desenvolupats quan volen xuclar
- El cremàster és una estructura que es troba a la punta de l'abdomen, normalment presenta espines, a través de la qual la pupa queda suspesa quan s'enganxa en un substrat.

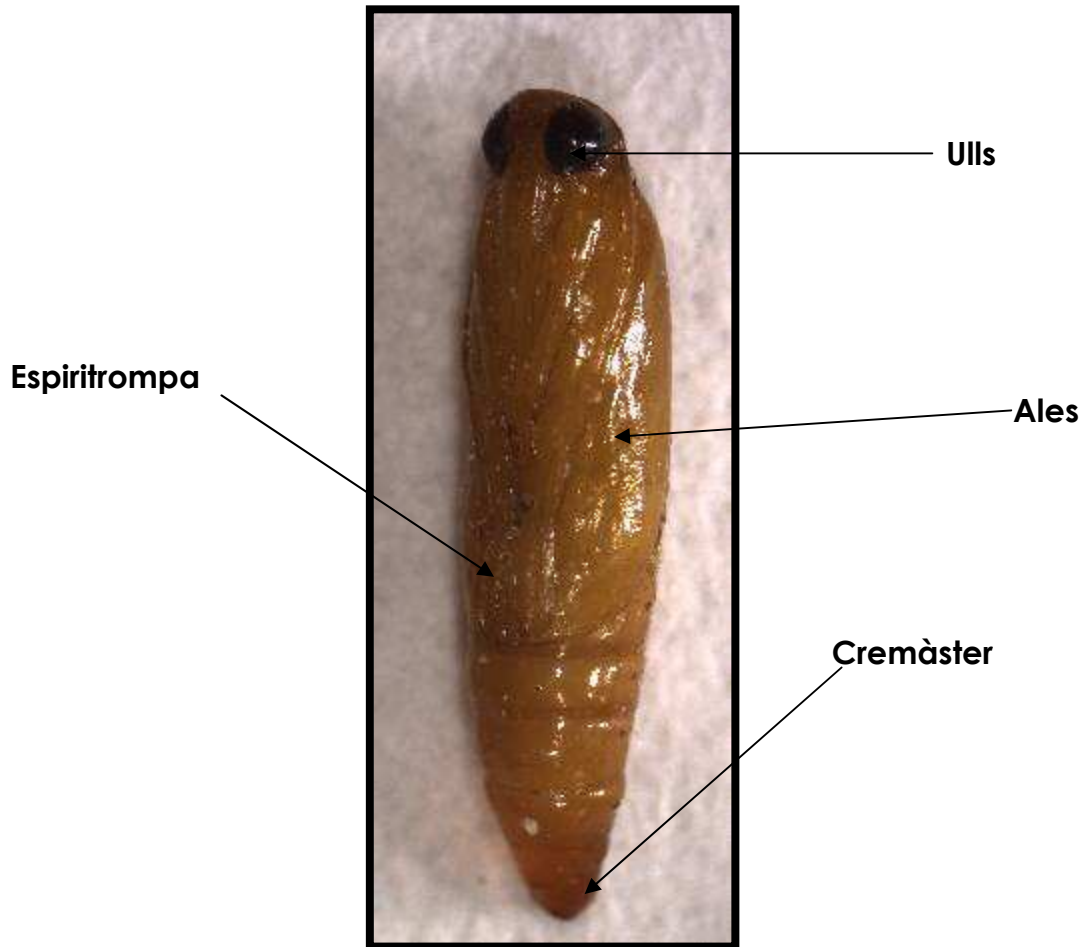


Figura 10. Morfologia de la pupa

**Adults:** Els adults tenen les ales i el cos coberts d'escames aplanades.

El cap dels adults presenta antenes amb formes diverses. Aquestes tenen una funció tàctil i olfactiva, la qual és molt important a causa que l'atracció sexual es basa en l'olor. Tenen els ulls compostos que els permeten captar radiacions ultraviolades.

L'aparell bucal es troba quasi sempre modificat en una trompa enrotllada en espiral que és l'allargament d'una part de la pupa, anomenada espiritrompa.

També presenten palps maxil·lars i labials, en els quals també tenen tacte i olfacte.

Al tòrax tenen tres parells de potes poc robustes i els dos parells d'ales.

Els adults solen viure de les reserves alimentàries acumulades per les erugues.

La reproducció és sexual i ovípara, amb mascles i femelles. La femella produeix feromones sexuals, que són substàncies oloroses específiques per a cada espècie, que en petites quantitats atreuen al mascle a grans distàncies. Per a captar-les, el mascle sol presentar antenes més complexes i ramificades i aquest caràcter, a més de la major mida de l'abdomen, permet la distinció entre els dos sexes. Els mascles també emeten feromones, que funcionen en el moment de l'aparellament.



**Figura 11. Adult**



### 3. Panís Transgènic

El cultiu de panís genèticament modificat s'ha incrementat des de la seva introducció en el mercat.

En l'actualitat es troben dos tipus de panís genèticament modificats:

- Resistent a plagues (*Bt*)
- Tolerant a herbicides

La primera varietat de panís genèticament modificat era resistent a insectes i sorgí al 1996 a Estats Units. Des d'aleshores el panís resistent a plagues (*Bt*) és el més predominant.



Figura 12. Imatge de panís

Els països que sembren panís genèticament modificat són: Estats Units, Canadà, Argentina, Sud-àfrica, Espanya, Alemanya, Bulgària, Filipines, Uruguai i Hondures.



Figura 13. Blat de moro resistent a l'atac d'insectes

En concret el panís que s'ha utilitzat en l'estudi és el panís *Bt*, de la varietat DKC 667YG.

El panís *Bt* és una planta modificada per a defensar-se a si mateixa de l'atac d'insectes lepidòpters, és a dir la plaga que s'ha sotmès a experiment.

El nom *Bt* tal i com s'ha explicat prové de la bactèria *Bacillus thuringiensis* que es troba en el sòl. Aquest bacteri produeix la proteïna *Bt*. Cada espècie de *Bt* produeix diferents proteïnes anomenades Cry (en total existeixen més de 200 tipus, que són classificades segons la seva estructura i els insectes que controlen) que presenten un mecanisme d'acció molt específic, que malgrat ser inefectiu contra algunes de les plagues del panís no és nociu per l'home ni per d'altres animals (ocells, peixos,...). En el cas dels mamífers no hi ha receptors per a la toxina *Bt* en la superfície de les cèl·lules intestinals.

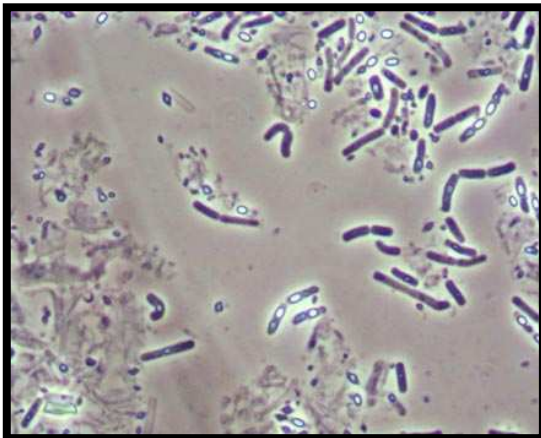


Figura 14. Imatge del *Bacillus thuringiensis*



Figura 15. Panís transgènic utilitzat en el projecte

Per a que la proteïna *Bt* sigui efectiva ha de ser ingerida pels individus de la plaga. La proteïna *Bt* no és tòxica per si mateixa, sinó que és necessari que succeeixin una sèrie de processos que només es donen en un determinat tipus d'insectes que tenen una digestió alcalina per a que els cristalls de la proteïna *Bt* se solubilitzin.

Un cop dissolts es veuen sotmesos a l'acció d'uns enzims específics propis de determinats insectes i que són necessaris per alliberar la part activa de la proteïna. Aquesta part activa entra en contacte amb uns

receptors específics del conducte digestiu i produeix l'efecte insecticida, que consisteix en què les larves deixen de menjar i moren, o bé les larves pateixen una septicèmia<sup>14</sup> i com a conseqüència moren.

Els principals avantatges que presenta són:

- Efectivitat en la protecció del cultiu contra plagues
- Preservació dels agents de control natural i biològic de plagues de cultiu
- Reducció de l'ús de pesticides tòxics que puguin afectar als treballadors i al medi ambient.
- Reducció de l'utilització de maquinària agrícola en l'aplicació de productes químics per al control de plagues, disminuint els costos del cultiu.

Alguns inconvenients són:

- Disseminació de gens a causa de la pol·linització.
- Eliminació d'algunes espècies d'insectes.
- Desenvolupament de la capacitat de resistència a la proteïna Bt d'algunes plagues al cap dels anys i per tant haver de formular pesticides més potents que poden malmetre el medi ambient.
- Pèrdues econòmiques d'agricultors que comercialitzen cultius orgànics i naturals a causa de la contaminació dels gens provinents d'una zona propera.

---

<sup>14</sup> *Infecció generalitzada greu, que és deguda a l'existència d'un focus infecció dins el cos, del qual, constantment o periòdicament, passen gèrmens patògens a la sang circulant.*

## 4. Material i mètodes

### **Material**

1. Alcohol
2. Lleixiu
3. Guants de plàstic
4. Paper de cuina
5. Molinet
6. Retolador permanent
7. 30 caixes PVC petites
8. 2 caixes PVC grans
9. 225 grams de panís transgènic DKC 667YG (Bt)
10. 225 grams de panís isogènic (no transgènic) DKC 6666
11. 3 caixes de cartró grans
12. Balança
13. Balança de precisió (màxim 120 grams i mínim 0,01 grams)
14. Lupa binocular
15. Placa petri
16. Pinzell
17. Espàtula que incorpora una cullera petita a la punta per agafar els ous
18. 750 Ous de l'arna *Plodia interpunctella*
19. Pinça gruixuda
20. Pinça amb la punta fina
21. Nevera (5-7 graus)
22. Congelador (-20 graus)
23. Cambra (25 graus)

## Mètodes

12 de juliol al 14 de juliol

Es desinfecta amb alcohol tot el material que s'ha d'utilitzar, ja que la possible infecció del panís o dels ous podria alterar els resultats del



Figura 16. Material de neteja

projecte i per tant no ser tan exacte.

En primer lloc es renta el molinet amb alcohol, amb lleixiu o amb sabó, així com també les caixes petites de PVC (que anomenarem repeticions, perquè s'han de fer 3 grups, segons el tipus de panís que continguin, de 10 caixetes cada un), les dues caixes grans PVC que són

les que contindran els dos tipus de panís: el transgènic i l'isogènic (isogènic és el nom que s'utilitza per denominar el panís natural –no transgènic- ).

Un cop s'ha desinfectat tot el material, es prossegueix a moldre el panís, que L'IRTA de Cabrils ha proporcionat.

Els dos tipus de panís que s'han escollit pertanyen a la mateixa varietat i només es diferencien pel fet que un conté el gen *Bt*.



Figura 17. 2 tipus de panís

Sempre es comença per l'isogènic, tant a l'hora de moldre com a l'hora de manipular-lo, perquè si primer molguéssim el transgènic, en cas que quedés alguna resta de gra transgènic, les mostres de panís isogènic es veurien afectades.

En concret s'han de moldre 15 grams per repetició i s'ha de tenir en compte que un grup de repeticions serà de panís 100% isogènic, un grup serà de 50% panís isogènic i de 50% panís transgènic i l'altre grup serà 100% transgènic. Per això en el moment de moldre s'ha de calcular que hi hagi 225 grams de panís isogènic (150 per a les repeticions de panís 100% isogènic i 75 per a les repeticions 50% isogènic 50% transgènic, ja que ha d'haver-hi 7,5 grams de panís de cada tipus en cada repetició).

S'ha de moldre fins que s'obtingui la farina del panís, ja que si es fiquen partícules molt grans, les larves quan surtin dels ous no podran alimentar-se i moriran.



Figura 18. Procés de moldre el panís



Figura 19. Procés de moldre el panís



Figura 20. Obtenció de la farina del panís

Per anar controlant la quantitat de panís que molem s'ha d'utilitzar la balança, fins que tinguem els 225 grams de panís isogènic.

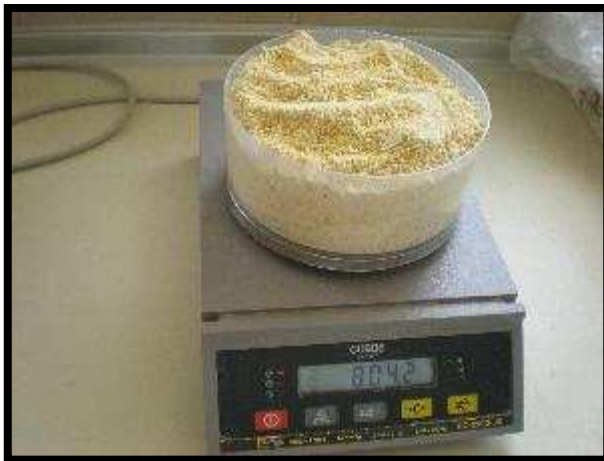


Figura 21. Pesar el panís



Figura 22. Caixa gran de PVC (225 grams de panís isogènic)

A continuació s'ha de fer el mateix procediment amb el panís Bt. En el cas de les repeticions de 50%-50% per una banda s'ha d'emplenar 7,5 grams de panís isogènic i a part, en un altre recipient, 7,5 grams de panís transgènic, i finalment ajuntar-ho tot vigilant de no perdre grams de panís.

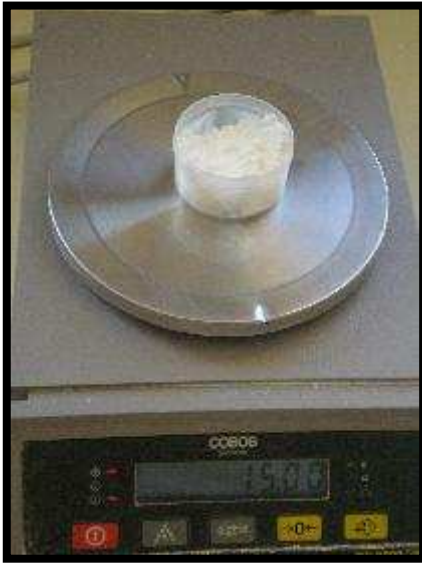


Figura 23. Pes d'una repetició (15 grams de panís)



Figura 24. Pes d'una repetició (15 grams de panís)

Per tal de no confondre les mostres les posarem en 3 caixes diferenciades tal i com es pot veure en la imatge.



Figura 25. Repeticions de panís isogènic



Figura 26. Repeticions de panís transgènic





Figura 27. Repeticions de panís 50% isogènic-50%transgènic

Un cop emplenats i separats els tres tipus de mostres s'ha de guardar en una cambra per tal que no es malmetin. La cambra ha d'estar a 25 graus i a un 5% d'humitat.



Figura 28. Cambra per a guardar les mostres

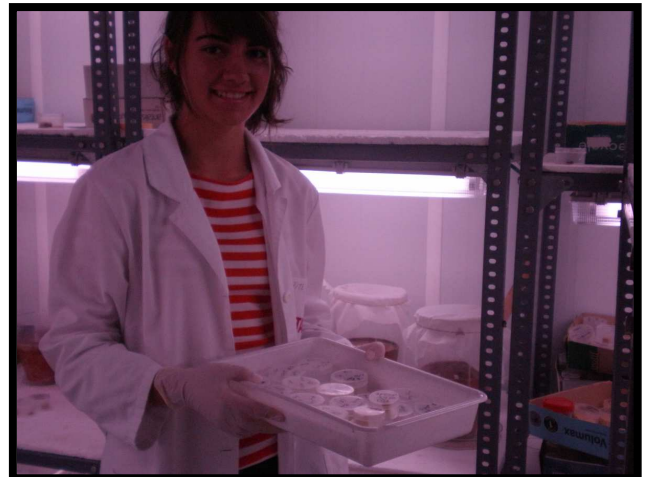


Figura 29. Cambra per a guardar les mostres



Figura 30. Cambra per a guardar les mostres

8 d'agost

El següent pas consistirà en disposar els ous en l'interior de cada repetició. S'han de posar 25 ous a cada caixeta, és a dir en total 750 ous.

Es torna a desinfectar totes les instal·lacions que s'hauran d'emprar.



Figura 31. Lupa, ous, pinzell i espàtula

Els ous, també proporcionats per l'IRTA de Cabrils, es troben en un recipient tancat i el procés consistirà en comptar-los. Com que són molt petits (a simple vista són molt difícils de veure), es necessitarà una lupa binocular.

Per tant, mitjançant l'espàtula amb la cullera petita a la punta s'agafa una quantitat qualsevol d'ous.

S'aboca el contingut en una placa de Petri i mitjançant la lupa i un pinzell amb la punta molt fina es compten 25 ous.

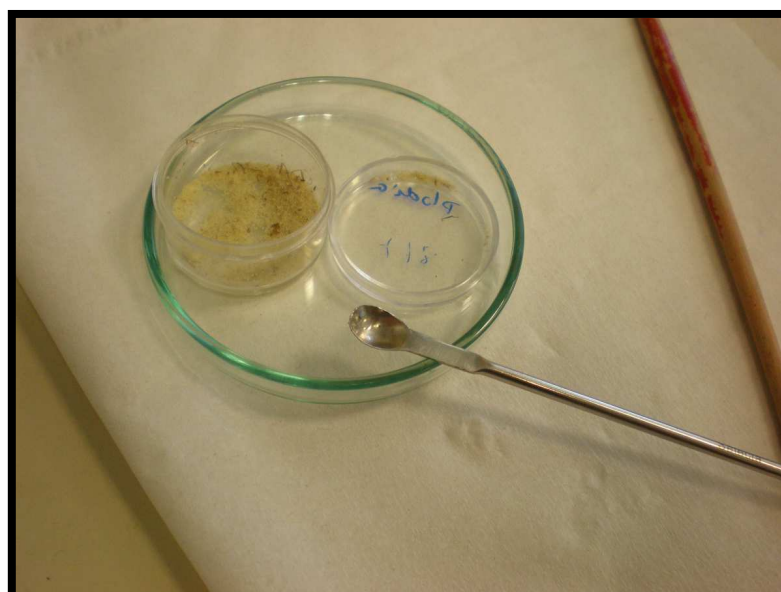


Figura 32. Ous a mida real

Un cop separats, s'aboquen en una de les repeticions. I així successivament fins que s'hagin emplenat totes les repeticions. Malauradament no hi havia tants ous i només s'han pogut emplenar 5 repeticions de cada tipus. És aconsellable anar emplenant una repetició de cada tipus per si es dóna aquest cas, ja que l'experiment es podrà realitzar igualment mentre hi hagi unes quantes mostres de cada tipus de panís per poder comparar els resultats. Quan s'acaba, les repeticions es tornen a situar a la cambra.

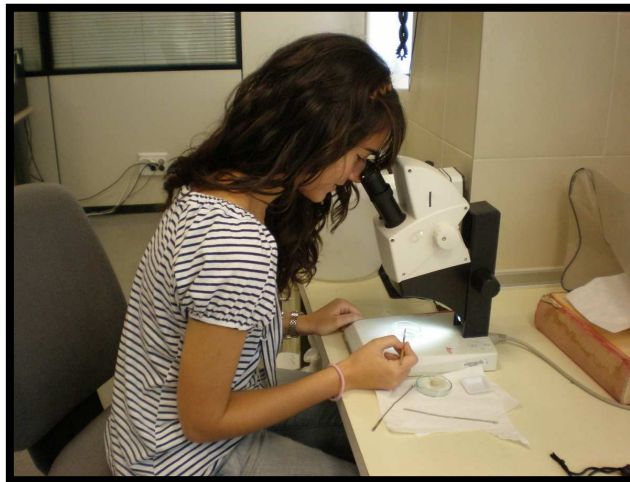


Figura 33. Compte dels ous

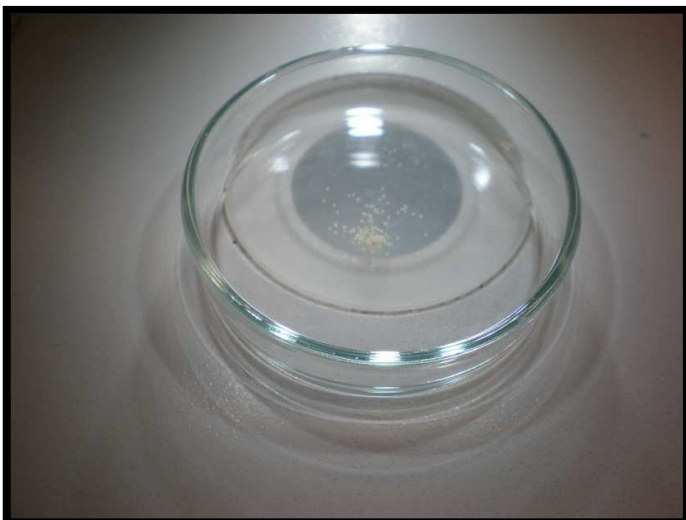


Figura 34. Ous a mida real

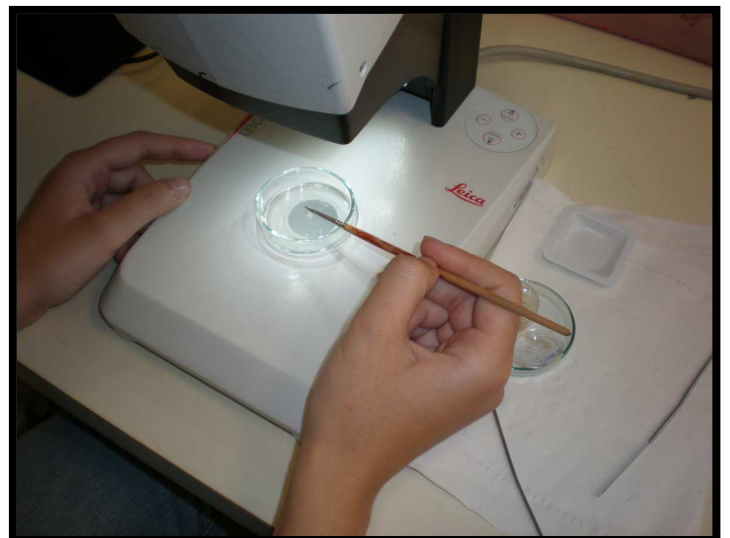


Figura 35. Compte dels ous



Figura 36. Ous a través de la lupa



Figura 37. Ous a través de la lupa



Figura 38. Ous en la farina a través de la lupa



Figura 39. Dipòsit de 25 ous en la farina

12 d'agost fins al 20 d'agost

Es procedeix a l'observació de les larves a través de la lupa. Es calcula que en uns quatre dies els ous ja s'han desenvolupat, però és un valor orientatiu perquè les larves són de mida tan petita que resulta impossible comptar-les una per una. Aquest procediment ha de repetir-se cada dia.



**Figura 40. Primeres larves**



**Figura 41. Primeres larves**

20 d'agost

Han arribat més ous, però continuen sent insuficients.

S'haurà de dur a terme el mateix procés explicat anteriorment: comptar els ous i dipositar-los.

Finalment s'han aconseguit omplir 10 repeticions de panís 100% isogènic en total, 7 repeticions de panís 50% isogènic 50% transgènic i 6 repeticions de panís 100% transgènic.

Tot i la varietat, l'important és poder observar l'efecte del panís en la plaga en més d'una repetició, per això el resultat serà vàlid.

A partir d'aquí es continua observant cada dia les larves per detectar si es produeix algun canvi.

27 d'agost

S'han trobat fongs en les restes dels ous que s'havien utilitzat en un principi. Per tal de desinfectar-ho tot correctament: primer cal buidar el contingut amb fongs del recipient en una bossa de plàstic. Després situar la bossa en el congelador, a -20 graus, així s'evita que continuï el desenvolupament dels fongs. Al cap de 24 hores els organismes ja s'hauran desactivat. El recipient es desinfectarà amb sabó i alcohol i s'haurà de submergir en lleixiu.



Figura 42. Imatge dels fongs



Figura 43. Congelador a -20 graus

1 de setembre

S'ha dut a terme un seguiment diari i es pot observar que després d'un temps en el que les larves s'han alimentat de la farina del panís transgènic i les del panís 50%-50%, de moment no han mort.

Tot i això s'observa clarament que les larves del panís isogènic són més grosses i d'un color més vermellós que les altres, a més són molt més actives, tenen molt moviment. En canvi les del panís transgènic i 50%-50% mantenen el color groguenc, són de mida més petita i pràcticament no es mouen.



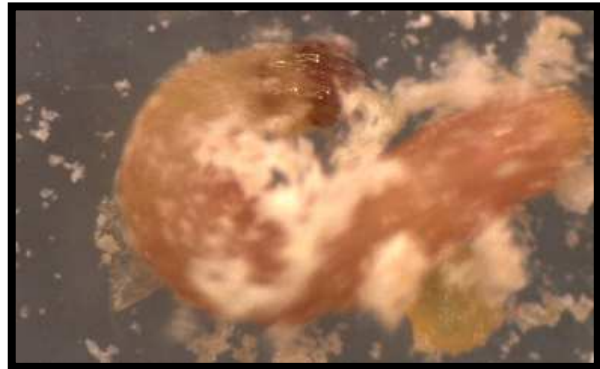
**Figura 44. Larva del panís isogènic**



**Figura 45. Larva del panís isogènic**



**Figura 46. Imatge en la que s'aprecia el moviment d'una larva del panís isogènic**



**Figures 47 i 48. Comparació entre una larva de panís transgènica (dreta) i una del panís isogènic (esquerra)**

2 de setembre

Cada dia es poden localitzar menys larves perquè estan formant els capolls de seda per tal de convertir-se en pupes.





Figura 49. Larva formant capoll

8 de setembre

Ja es poden observar les primeres pupes del panís isogènic.

Com que una dels aspectes que compararem entre els individus de cada tipus de transgènic serà el pes, caldrà extreure la pupa del capoll, així, a més de pesar-la amb exactitud, podrem determinar el sexe.



Figura 50. Capoll amb una pupa

Primer caldrà abocar el contingut d'una repetició en una placa de Petri, desinfectada prèviament amb alcohol. I amb uns guants de plàstic s'haurà de tocar amb molt de compte el panís. Quan es troba panís aglomerat significa que en l'interior hi ha una pupa o una

larva formant el capoll per a formar la pupa.

Es necessitaran dues pinces: unes més primes amb una punta afilada per tal de poder esquinçar el capoll de seda, i una de més gruixuda i més tova per poder manipular la pupa, ja que la més fina les podria perjudicar (fer un tall a causa del qual moren).



**Figura 51. Capoll amb una pupa**

Quan ja hem extret el capoll amb molt de compte i amb delicadesa (es tracta d'una tasca força difícil -es pot dir que és la més difícil de tota la pràctica- ja que sovint per un petit moviment o per pressionar una mica més del compte, la pupa mor), amb les pinces més gruixudes es disposa en una caixeta PVC, a la tapa de la qual s'ha d'escriure la data en la que s'ha trobat i el número de la repetició a la qual pertany (com que a cada repetició s'han ficat 25 ous, per poder-les identificar en la gràfica que es farà al final, i poder comparar el pes, etc... caldrà numerar cada caixeta PVC, és a dir la primera larva de la repetició 1, li pertocarà el número 1-1, a la segona larva 1-2... i així en totes les caixes de totes les repeticions). A la vegada també s'ha d'anar comptant el número de larves que han esdevingut pupa i les que encara queden per fer-ho per tal de detectar les que han sobreviscut o les que han mort.



**Figura 52. Pupa (a l'esquerra) i capoll (a la dreta)**



**Figura 53. Pupa del panís isogènic**

Una altra cosa que s'ha d'afegir en l'interior de cada caixeta és una dieta (està feta de llevat de cervesa, germen de blat, sèmola de panís, àcid sòrbic, agar i aigua, i normalment s'utilitza per alimentar les larves, però en aquest cas s'utilitzarà per a mantenir la humitat de les pupes, ja que sinó es poden secar) proporcionada per l'IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries).

Cal comentar que durant el procés d'extracció del capoll s'han trobat pupes malformades, de manera que ja no arribaran a adult.



**Figura 54. Pupa malformada**



**Figura 55. Pupa malformada**

10 de setembre



Figura 56. Balança de precisió

S'ha establert que les pupes es pesaran i se'ls determinarà el sexe cada dos dies, perquè quan ja fa dos dies que estan formades, estan més dures i són més fàcils de manipular.

S'ha d'utilitzar una balança de precisió (pesa un màxim de 120 grams i un mínim de 0,01 grams), la qual estarà protegida contra fluxos d'aire, que puguin provocar un augment de pes.

Per a determinar el sexe (s'ha de tenir en compte que en les malformades i en les mortes per manipulació és molt difícil determinar el sexe) pot fer-se de dues maneres:

- 1) Una consisteix en comptar els segments des de la terminació fins a la zona on es trobarien les ales. Si es compten 4 segments és femella, si es compten 5 segments és mascle.



En realitat tant mascles com femelles tenen el mateix nombre de segments, però les femelles es pleguen més i per això només se'n compten 4.

Figura 57. Sexe de les pupes

2) El segon mètode, no tan fiable, consisteix en la forma de la terminació de la pupa. Si acaba amb una forma rodona és mascle, si acaba amb forma punxeguda és femella.

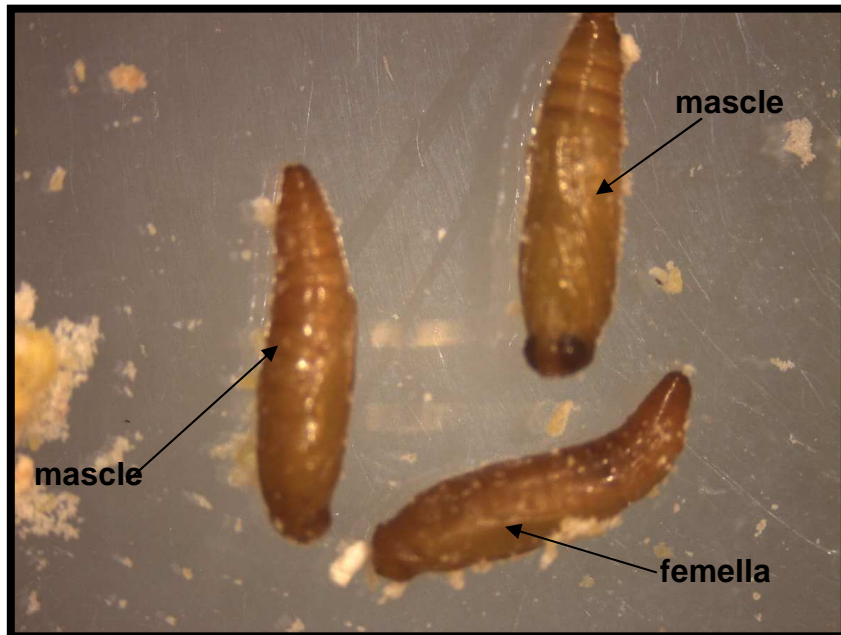


Figura 58. Sexe de les pupes

14 de setembre

Ja s'han trobat les primeres pupes del panís 50% transgènic 50% isogènic.

Les diferències respecte les pupes del panís isogènic a simple vista són mínimes.

16 de setembre

S'ha recollit el primer adult d'una pupa del panís isogènic.



Figura 59. Adult isogènic



**Figura 60. Adult isogènic**

20 de setembre



S'han trobat les primeres pupes 100%transgèniques i els primers adults del panís 50%-50%.

A mesura que passen els dies s'observa que les pupes es desenvolupen abans de convertir-se en adult.

**Figura 60. Pupa del panís isogènic més desenvolupada**

14 d'octubre

Després de moltes pupes malformades, s'han desenvolupat els primers adults del panís transgènic.

També s'han trobat al llarg dels dies diversos casos d'adults malformats dels tres tipus de panís.



**Figura 62. Adult malformat (panís isogènic)**



**Figura 63. Adult malformat (panís isogènic)**





Figura 64. Adult malformat (panís transgènic)

17 de novembre

Les larves que restaven encara, del panís transgènic, han esdevingut pupes malformades (aquesta és una de les diferències principals entre els individus del panís isogènic i del panís transgènic, en el que la duració del cicle ha estat molt més llarga i lenta) i algunes pupes que quedaven han desenvolupat adults malformats, que sovint s'han quedat atrapats a l'exuvi.



Figura 65. La diferència entre les pupes dels tres tipus de panís és mínima

## 5. Resultats i Conclusions

### Avaluació de la supervivència

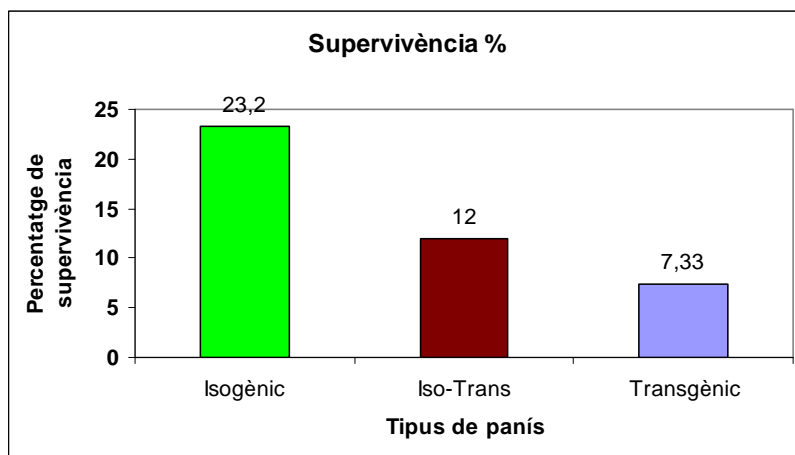


Figura 66. Gràfic del percentatge de supervivència de *Plodia* en cada tipus de panís

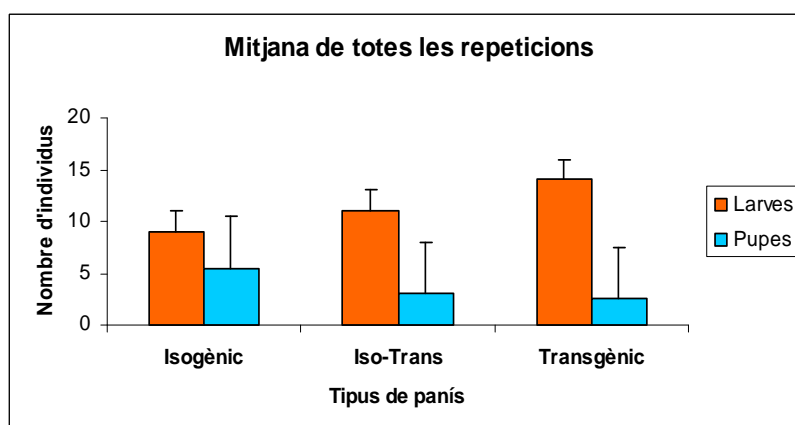


Figura 67. Gràfic de la mitjana de supervivència de *Plodia* en cada fase

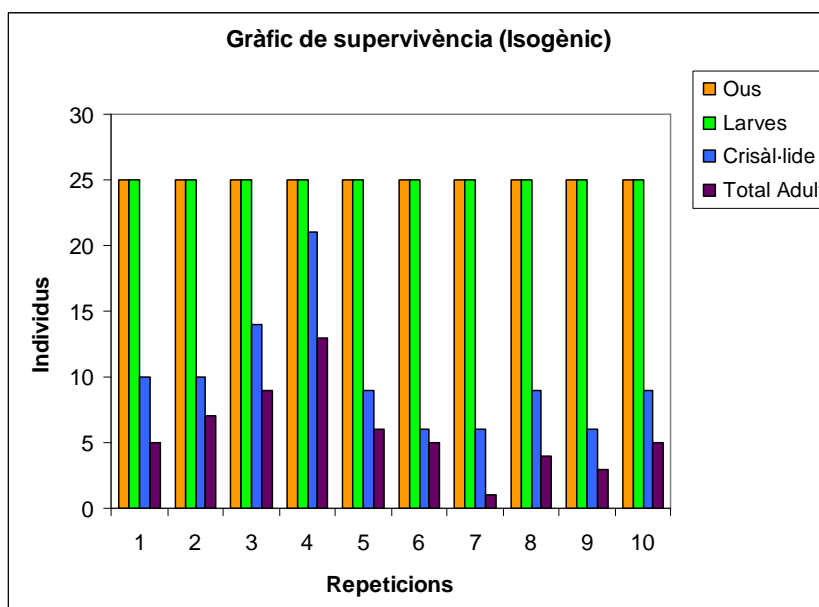


Figura 68. Gràfic de la supervivència en cada mostra de panís isogènic

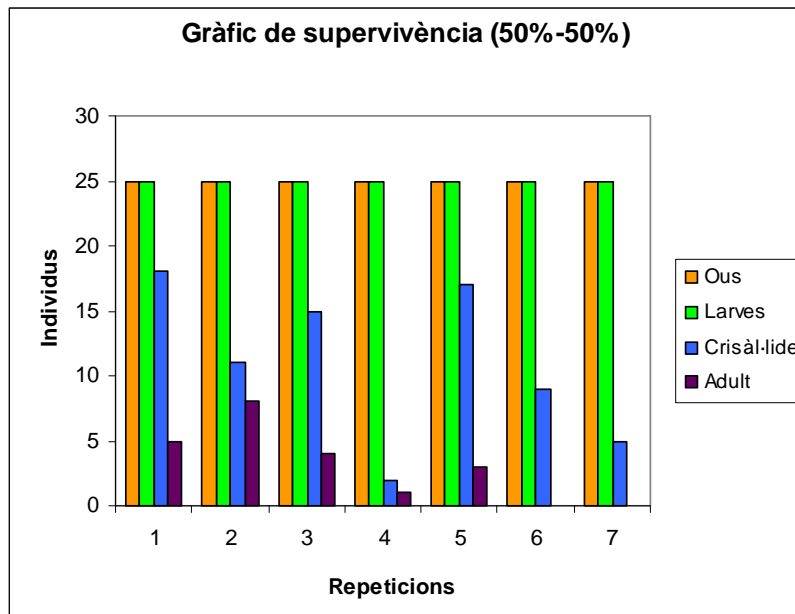


Figura 69. Gràfic de la supervivència en cada mostra del panís 50%transgènic-50%isogènic

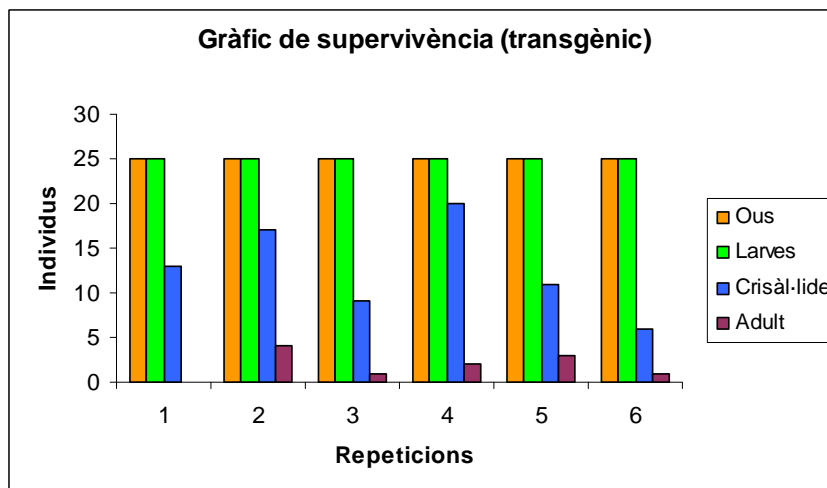


Figura 70. Gràfic de supervivència en cada mostra del panís transgènic

- Les gràfiques de supervivència mostren que el major nombre d'individus que ha arribat a adult es troba en el panís isogènic, seguit del panís 50% transgènic 50% isogènic i el menor nombre és en el panís transgènic. Per tant es pot dir que el panís transgènic evita la plaga.
- Tot i que sembli contradictori en el gràfic en el qual he avaluat la supervivència en cada fase, han sobreviscut més larves al panís transgènic que a l'isogènic, però quan s'avalua la supervivència de les pupes es mostra que els valors s'ha invertit.

## Avaluació del pes

En les gràfiques en què l'avaluació es realitza a través de mitjanes s'han introduït unes línies que ens indiquen l'error de càlcul comès.

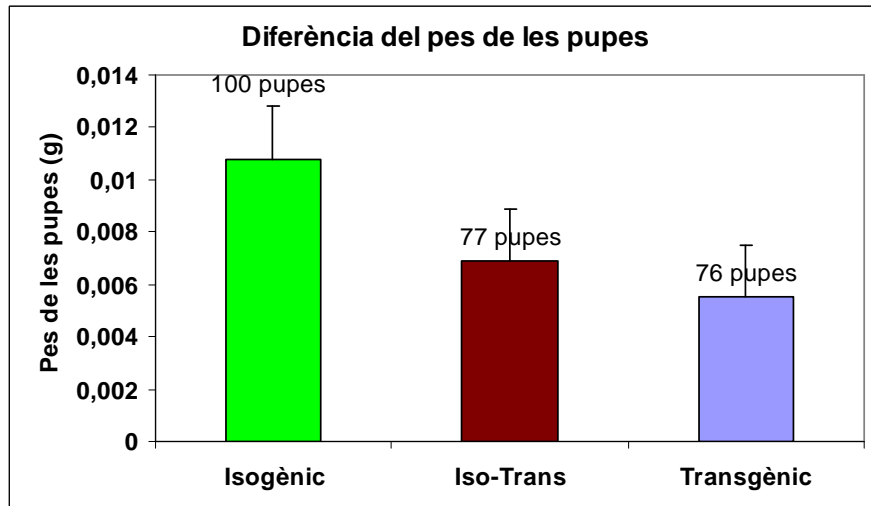


Figura 71. Gràfic de la diferència de pes de les pupes en cada tipus de panís.

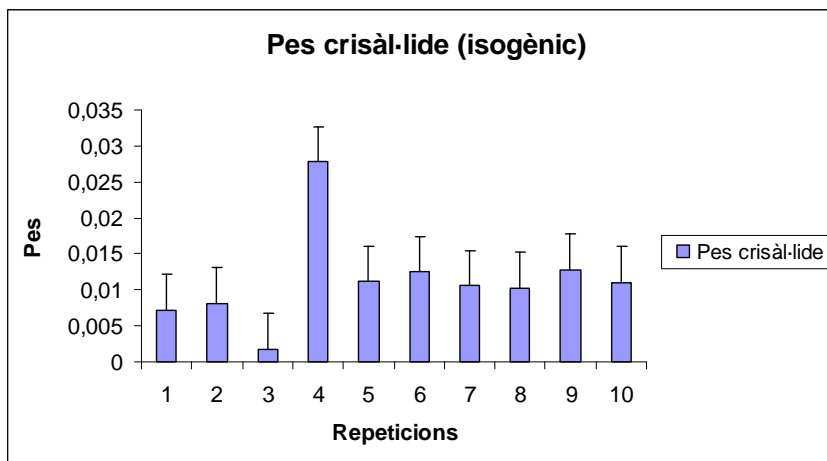


Figura 72. Gràfic del pes de les pupes en les mostres del panís isogènic,

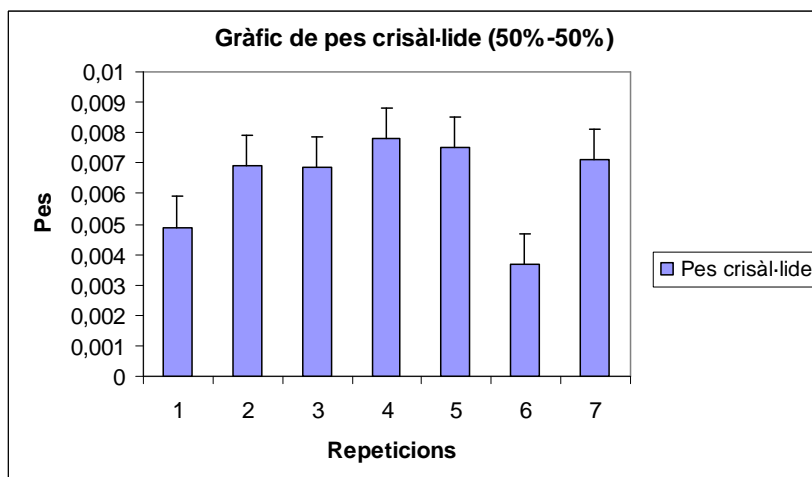


Figura 73. Gràfic del pes en les pupes en les postres del panís 50%transgènic-50%transgènic

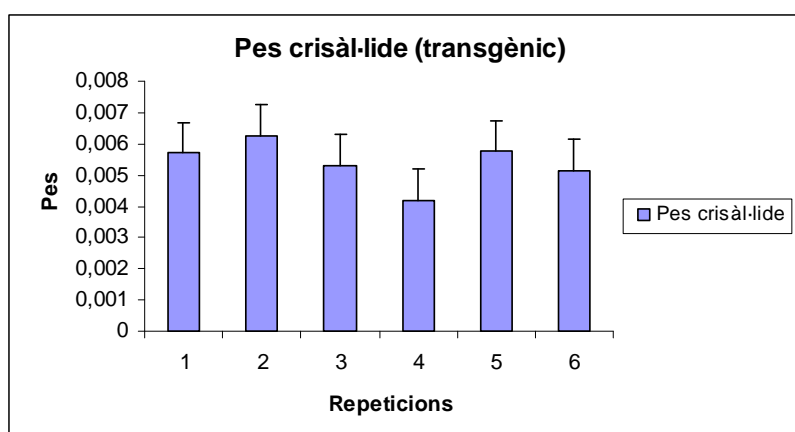


Figura 74. Gràfic del pes de les pupes en les mostres del panís transgènic

- Avaluant el pes, es demostra que les pupes del panís isogènic pesen més que les del transgènic i les del 50%-50%, per tant s'evidencia que un dels efectes del panís *Bt* és la disminució del pes de la pupa.

## Avaluació de la malformació

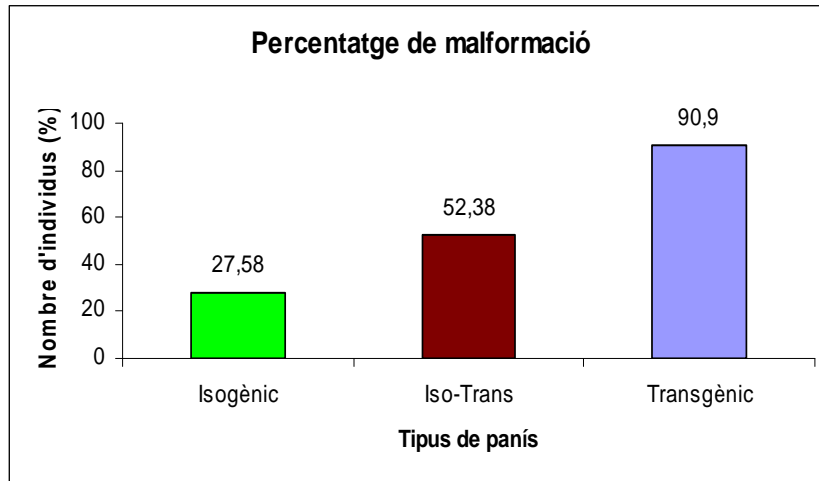


Figura 75. Gràfic del percentatge de malformació en funció del panís

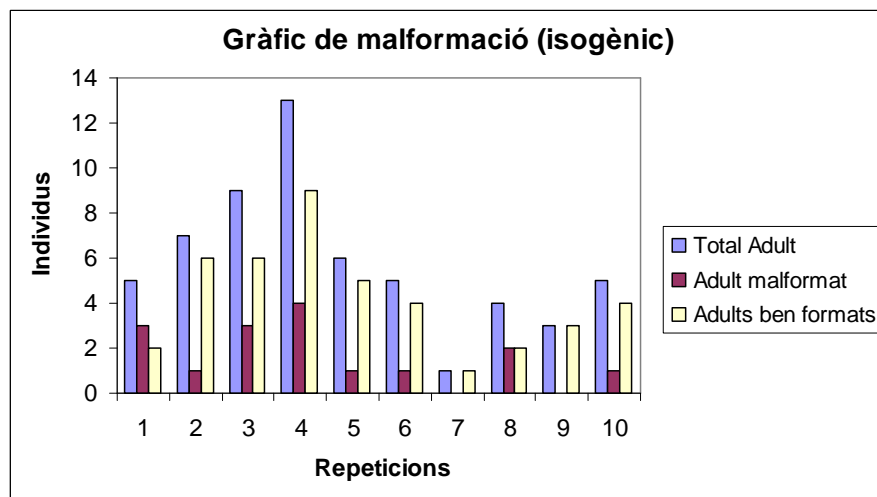


Figura 76. Gràfic de la malformació en cada mostra del panís

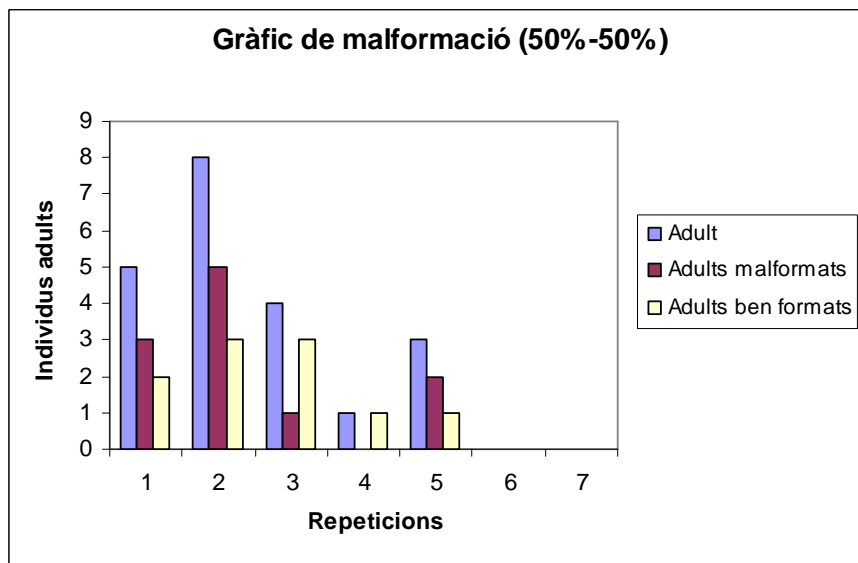


Figura 77. Gràfic de la malformació en cada mostra del panís 50%transgènic-50%isogènic

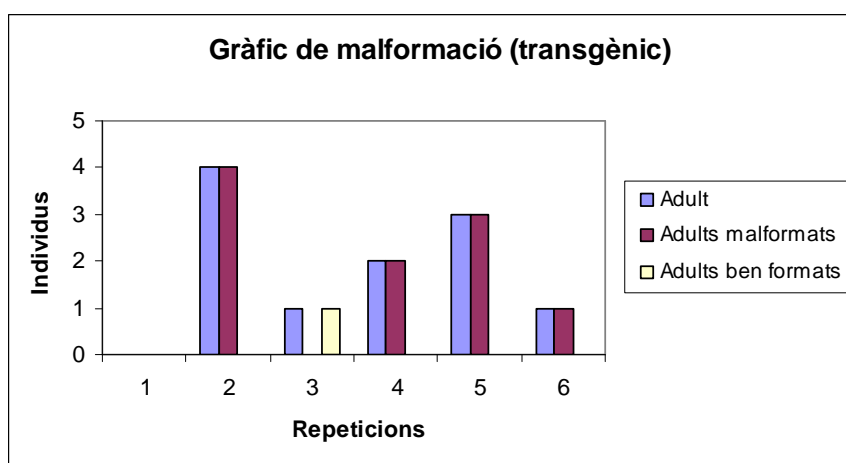


Figura 78. Gràfic de la malformació en les mostres del panís

- En els gràfic de malformació, tal i com s'esperava, la malformació és major en els individus del panís transgènic i 50%-50% que en els del panís isogènic.

## Avaluació de la duració

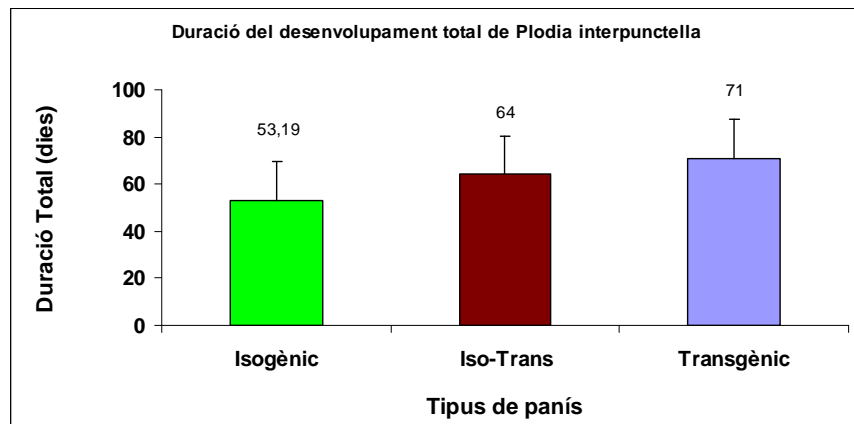


Figura 79. Gràfic de la diferència de dies pel que fa al desenvolupament de *Plodia* en cada tipus de panís

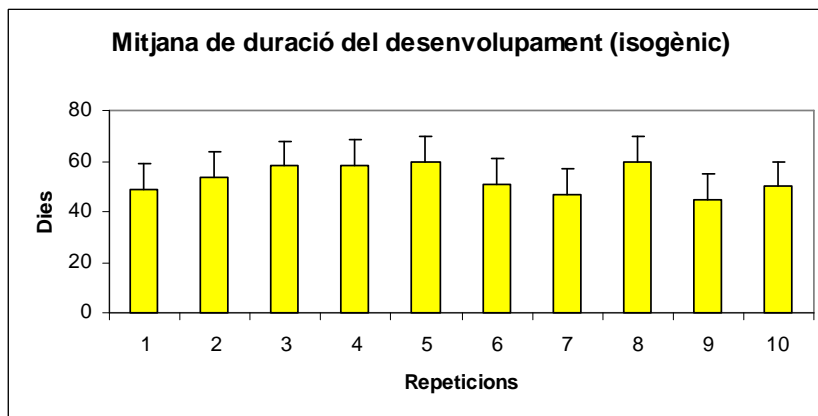
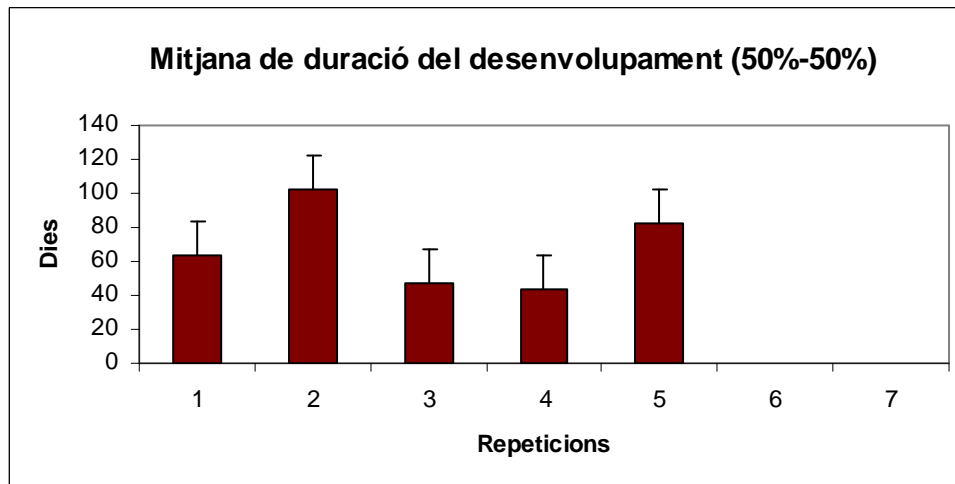
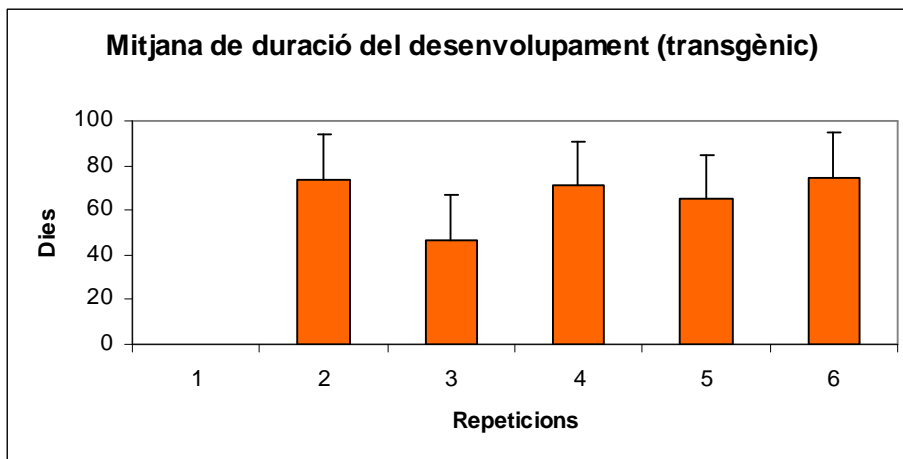


Figura 80. Gràfic de la duració del desenvolupament en les repeticions del panís isogènic





Gràfic de la duració del desenvolupament en les mostres del panís 50%transgènic-50%isogènic



Gràfica de la duració del desenvolupament en les repeticions del panís transgènic

- En el gràfic de la duració de tot el procés es pot comprovar que els individus del panís transgènic necessiten més temps per arribar a adult.

## 6. Reflexions Finals

- A partir de l'experiència realitzada i dels resultats obtinguts podem dir que el panís transgènic sí que afecta en el control de la plaga *Plodia interpunctella*. He pogut comprovar la disminució del pes, de la supervivència i l'augment de malformacions i de dies del desenvolupament en tots els individus sotmesos a panís *Bt*.
- La intenció d'aquest projecte ha estat donar un visió sobre el món dels organismes transgènics i la repercussió que tenen en concret en el control de plagues que poden afectar la nostra alimentació.
- A partir d'aquesta experiència he pogut comprovar que la genètica és una eina que junt amb els procediments tradicionals de selecció de varietat de plantes pot ser molt útil per la humanitat.
- Podem pensar que els transgènics no sempre són perjudicials. Els organismes modificats genèticament només són un pas més de la constant evolució científica. No podem renunciar al progrés perquè ens ajuda a millorar la qualitat de vida, malgrat que no podem eliminar el risc mediambiental que comporten els conreus manipulats o que un gen es desenvolupi de forma no desitjada.
- Les plantes transgèniques no poden contenir nivells de substàncies tòxiques per sobre d'uns límits permesos, però sempre arribaran productes transgènics sense etiquetar al mercat. Segons la meua opinió no s'hauria d'adquirir mai un producte que no estigués correctament etiquetat.

- A partir de la documentació consultada i l'experiència realitzada es pot considerar que no hi ha massa estudis fiables sobre la composició real dels transgènics. Hi ha estudis parcials que depenen del grup d'investigadors que l'han realitzat segons si estan a favor o en contra. Un transgènic no té només el gen que produeix la toxina *Bt*, sinó que té altres gens sintètics (són gens que no existeixen naturalment, sinó que s'ha modificat la seva estructura per tal d'optimitzar l'expressió del gen i a més a més s'han fet canvis per tal de poder inserir-lo a la planta). Per tant són molècules noves per al nostre organisme que poden ser potencialment al·lèrgiques i produir canvis metabòlics. Aquesta és una de les raons per les que, per exemple, el panís *MON810* produeix reaccions al·lèrgiques al intestí de ratolins de laboratori i la soja resistent a l'herbicida *glifosat* afecta al funcionament del pàncrees i del sistema reproductiu femení. Aquestes experiències fan que actualment a Europa només està aprovat per la producció comercial els de tipus *MON810* que contenen la toxina *Cry1Ab* (un dels tipus de toxina *Bt*) en quantitats més o menys gran depenent de la planta. Aquesta toxina és la que té un efecte insecticida. Tradicionalment s'utilitza com qualsevol altre insecticida (en aplicacions aèries) però s'ha demostrat que produeix reaccions al·lèrgiques en treballadors agrícoles exposats a aquestes aplicacions. No podem excloure la possibilitat de certa toxicitat per l'home, ja que malgrat que els cereals transgènics estan bastant controlats i només s'utilitza per l'alimentació animal, nosaltres consumim aquests animals.
- Es confiava que amb aquests avenços de manipulació genètica es podria, sinó eradicar, pal·liar la fam en el tercer món. Però a la pràctica no ha estat possible, ja que els transgènics disponibles actualment (panís, arròs, civada i soja) no són ni més productius ni més nutritius i a la vegada es produeixen pressions per part de

multinacionals de la biotecnologia per controlar l'agricultura i l'alimentació mundial.

També crec que resulta impossible acabar amb la fam al món només amb cereals.

- La posició a adoptar respecte els OGM no és senzilla i crec que no existeix una posició única, hi ha avantatges i desavantatges que depenen de les necessitats de cada país.
  
- Considero que la societat actual no pot abastir les seves necessitats alimentàries només amb l'agricultura ecològica i excloent productes químics i manipulació genètica. No ens plantejem que els aliments, tant a nivell animal com vegetal, es poden acabar i una manera d'augmentar la productivitat alimentària és l'utilització de la biotecnologia. També hem de pensar que avui dia no estem acostumats a consumir només productes de temporada. No és que cregui que l'agricultura ecològica sigui un retrocés en la modernització de l'agricultura; es tractaria de fer compatible les dues pràctiques i respectar el medi ambient.
  
- Malgrat tots els avantatges que trobo quan avaluo els aliments transgènics sempre em provoquen certa desconfiança. Després d'aquesta experiència examino més les etiquetes dels productes que consumeixo.
  
- Una reflexió del Doctor en biologia i especialista en genètica, David Bueno i Torrens, en la seva obra titulada *Convivint amb transgènics* podria resumir la controvèrsia existent en l'actualitat sobre el tema dels transgènics: <<no podem tenir-ho tot a canvi de res. La societat ha de decidir el seu futur, però per fer-ho cal informar-se i assumir la necessitat de ser conseqüent amb si mateixa.>>.

## **Bibliografia**

DAVID BUENO TORRENS, *Convivint amb transgènics*. Ed UBe omniscellula

ANDY REES, *Alimentos genéticamente modificados. Una guía breve para las personas confundidas*. Ed Intermón Oxfam editorial

MAE-WAN HO i LIM LI CHING, *En defensa de un mundo sustentable sin transgénicos*. Publicat per Institute of Science in Society

ASSAMBLEA PAGESA DE CATALUNYA, GREENPEACE I PLATAFORMA TRANSGÈNICS FORA!, *La impossible coexistència*

MAE-WAN HO, *Ingeniería genética: ¿Sueño o pesadilla?*. Ed Gedisa editorial

HENK HOBELINK, *Más allá de la revolución verde. Las nuevas tecnologías genéticas para la agricultura: ¿Desafío o desastre?*. Ed LERNA/ ICDA

RAJ PATEL, *Obesos y famélicos. El impacto de la globalización en el sistema mundial*. Ed los libros del lince

RAMON HERRERA CAMPOS i MARÍA JOSÉ CAZOLLA GONZÁLEZ, *Agricultura transgénica y medio ambiente. Perspectiva legal*. Ed REUS

AMAT LLOMBART i PABLO VALENCIA, *Derecho de la biología y los transgénicos (especial referencia al sector agrario y alimentario)*

KNUT J. HELLER, *Genetically engineered food: methods and detection*. Ed Willey-VCH

ROBERT E. EVENSON, *Consumer acceptance of genetically modified food*

RAMÓN TAMAMES, *Los transgénicos: conózcalos a fond. Ed CABI Publishing*

LORENZO MALLADO RUIZ, *Derecho de la biotecnología vegetal: la regulación de las plantas transgénicas. Ed INAP Minsiterio de Medioambiente*

JORGE RIECHMANN, *Qué son los alimentos transgénicos: ¿Cómo van a influir en la economía mundial?. Ed Integral*

FRANCINE CASSE, *OGM: description, méthodes d'obtention, domaines d'application. Ed Frances Agricole*

LUKE ANDERSON, *Transgénicos: ingeniería genética, alimentos y nuestro medio ambiente. Ed Gate*

JORGE RIECHMANN, *Cultivos y alimentos transgénicos: una guía crítica. Ed Catarata*

MATTHEW METZ, *Bacillus thuringiensis: a cornerstone of modern agriculture. Ed FPP*

NATALIE FERRY and ANGHARAD M.R., *Environmental impact of genetically modified crops. Ed Cabi*

JOSÉ PÍO BELTRÁN, FRANCISCO GARCÍA OLMEDO, PERE PUIGDOMÉNECH, *Plantas transgénicas. Ed Salamanca*

J.ANTONIO SARRATOS, MARTHA C.WILLCOX i FERNANDO CASTILLO, *Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico.*

PRIMITIVO CABALLERO i JUAN FARRÉ, *Bioinsecticidas: fundamentos y aplicaciones de Bacillus thuringiensis.* Ed PHYTOMA- Universidad pública de Navarra

DENNIS S. HILL, *Pests of storved products and their control.* Ed CRC press

DAVID W. HAGSTRUM and BHADRIRAJU SUJRAMANYAM, *Fundamental of stored –product entomology-.* Ed AACC International

FRANKLIN R. HALL i JULIUS J. MENN, *Biopesticides –use and delivery-.* Ed Humana Press

ROY AVN DRIESCHE, MARK HODDLE i TED CENTER, *Control pests and weeds by Natural enemies.* Ed Blackwell publishing

FRANK G.ZALOM and WILLIAM E.FRY, *Food, crop, pests and the environment.* Ed APS PRESS

IAN GAULD and BARRY BOLTON, *The Hymenoptera.* Ed BM (NH) OUP

A.S. BALACHOWSKY, *Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome II. Lépidoptères.* Ed Masson et Cie.

