



EPS

Escola Politècnica

UdG Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Eng. Tècn. Agrícola Ind.Agràries i Aliment. Pla 99

Títol:

Avaluació de la pèrdua de qualitat de la poma “Fuji” deguda al dany produït pel cop de sol.

Document: Memòria i Annexos

Alumne: Anna Remus Mallorquí

Director/Tutor: Mariona Casals i Rispau / Pere Vilardell Coderch

Departament: Eng. Química, Agrària i Tec. Agroalimentària

Àrea: Producció Vegetal

Convocatòria (mes/any): Abril, 2008

ÍNDEX

INDEX DE FIGURES

INDEX DE TAULES

RESUM

PARAULES CLAU

AGRAÏMENTS

1. INTRODUCCIÓ.....	1
1.1. El conreu de la pomera, situació actual i perspectives.....	1
1.2. Paràmetres de qualitat de la poma.....	6
1.3. Característiques de la varietat “Fuji”.....	8
1.4. Coloració dels fruits.....	10
1.5. Cop de sol.....	14
1.5.1. Introducció.....	14
1.5.2. Definició i tipus.....	14
1.5.3. Repercussió econòmica.....	16
1.5.4. Causes i mecanismes fisiològics.....	18
1.5.5. Mesures preventives.....	19
1.6. Objectius.....	21
2. MATERIALS I MÈTODES.....	22
2.1. Plantejament general.....	22
2.2. Material vegetal.....	23
2.3. Medi físic.....	23
2.4. Presa de mostres i classificació severitat cop de sol.....	28
2.5. Anàlisi de pigments per espectrofotometria.....	30
2.5.1. Preparació de la mostra per l'obtenció de l'extracte.....	30
2.5.2. Preparació de l'extracte per a la realització de la lectura espectrofotomètrica.....	33
2.6. Anàlisi estadístic de les dades.....	35

3. RESULTATS.....	36
3.1. Depuració de les dades.....	36
3.2. Contingut de clorofil·les	39
3.3. Contingut de carotens	40
3.4. Contingut d'antocians	41
3.5. Relació Antocians – Carotens.....	43
4. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS.....	46
5. CONCLUSIONS.....	49
6. BIBLIOGRAFIA	50
7. ANNEXOS.	55

INDEX DE TAULES

Taula 1. Evolució (en percentatge) de la producció mundial de les principals varietats de poma en el període 1993-2005.....	3
Taula 2. Sensibilitat de les principals varietats de pomera.....	19
Taula 3. Localització i característiques de les 5 finques utilitzades en l'estudi.....	23
Taula 4. Mostres eliminades en la fase de metanol. Es marquen en vermell, els valors que sobrepassen els nivells establerts en el criteri de depuració de dades.....	37
Taula 5. Mostres eliminades en la fase de cloroform. Es marquen en vermell, els valors que sobrepassen els nivells establerts en el criteri de depuració de dades.....	38
Taula 6. Quantitats de clorofil·les presents en la pell de pomes amb diferent grau de cop de sol.....	39
Taula 7. Quantitat de carotens presents en la pell de pomes amb diferent grau de cop de sol.....	41
Taula 8. Quantitat d'antocians presents en la pell de pomes amb diferent grau de cop de sol.....	42

INDEX DE FIGURES

Figura 1. Distribució de la producció mundial de poma l'any 2003.....	1
Figura 2. Distribució provincial de les produccions percentuals de pomera a Catalunya l'any 1997.....	4
Figura 3. Evolució de la producció de la poma Fuji a Catalunya, Espanya i la Unió Europea dels 25 del 1990 al 2004.....	8
Figura 4. Representació d'una molècula de clorofil·la.....	10
Figura 5. Representació de la via de degradació de les clorofil·les.....	11
Figura 6. Estructura bàsica d'un antocià. El nom concret vindrà determinat pels grups que tinguin els radicals R3 i R5.....	12
Figura 7. Evolució de la producció d'antocians durant la vida del fruit. Els dos pics en la formació d'antocians estan representats per les fletxes.....	12
Figura 8. Diferents graus de cop de sol. (A) Decoloració de l'epidermis (B) Necrosis.....	15
Figura 9. Esquema proposat dels mecanismes corresponents als símptomes de cop de sol.....	18
Figura 10. Plantejament general de l'estudi.....	22
Figura 11. Evolució de les T ⁰ mitjana, mínima i màxima diàries durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.....	24
Figura 12. Evolució de la Humitat Relativa diària durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.....	24
Figura 13. Evolució de la velocitat del vent diària durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.....	25
Figura 14. Precipitació diària durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.....	25
Figura 15. Evolució de la radiació global diària durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.....	26
Figura 16. Mapa de situació de les finques.....	26

Figura 17. Classificació de les pomes en funció del grau d'afectació del cop de sol.....	28
Figura 18. Repetició número 7 de l'anàlisi de pigments, on F és el número de la finca i C el grau d'afectació de cop de sol.....	30
Figura 19. Preparació dels dos reactius utilitzats per l'extracció de pigments....	31
Figura 20. Operació d'eliminació d'impureses en la pell de la poma.....	31
Figura 21. Extracció dels pigments dels discs mitjançant la mà de morter.....	31
Figura 22. Filtrat i separació de les diferents la solucions.....	32
Figura 23. Separació de les dues fases.....	33
Figura 24. Solucions obtingudes.....	34
Figura 25. Relació de carotens i antocians presents en la pell de pomes agrupades en classes de severitat de cop de sol.....	44
Figura 26. Resultat de l'índex antocians/carotens de les diferents classes de severitat de cop de sol.....	45

RESUM

La producció de pomes en el nostre país, està directament relacionada amb la satisfacció dels consumidors, pel que la qualitat del producte final és cada vegada més important.

L'aspecte visual de la poma és un dels paràmetres més importants a l'hora d'avaluar aquest fruit per part del consumidor, així que el color, la uniformitat d'aquest i la manca de defectes són factors claus que cal tenir en compte en les tècniques utilitzades pel desenvolupament del fruit.

El cop de sol, és una afectació molt important en la producció de la poma "Fuji", ja que pot afectar significativament a la qualitat de l'aspecte final d'aquesta i pot representar grans pèrdues econòmiques.

Per la realització d'aquest estudi, es varen seleccionar pomes de la varietat "Fuji", les quals es varen classificar en cinc grups diferents, en funció del grau d'afectació de cop de sol que patien, obtenint 18 pomes de cada classe d'afectació.

Es va realitzar l'extracció dels pigments de la part afectada pel cop de sol de cada una de les pomes estudiades, determinant la concentració de clorofil·la *a* i *b*, carotens i antocians de la pell de cada poma.

Es va observar que el contingut de clorofil·les *a* i *b* disminuïa de forma poc significativa en les pomes amb un grau d'afectació al cop de sol més elevat.

Pel que fa a la concentració de carotens de la pell dels fruits, s'observà un augment significatiu i constant d'aquests en funció del grau d'afectació al cop de sol, mostrant els valors més alts de carotens en les pomes més afectades.

Els antocians, disminuïen de forma molt important en les pomes amb una afectació de cop de sol més gran, essent doncs, el pigment que mostrava una evolució més significativa.

La relació antocians / carotens mostrà una evolució decreixent, degut a la forta oscil·lació del contingut d'antocians i el poc augment del contingut de carotens en les mostres més afectades pel cop de sol. També s'observà que la poca homogeneïtat en la concentració d'aquests pigments en cada una de les classes d'afectació al cop de sol, va provocar que no s'apreciés una relació lineal entre aquests valors en les gràfiques de relació d'aquests pigments.

PARAULES CLAU

Fuji

Cop de sol

Pigments

Antocians

Carotens

Clorofil·la *a*

Clorofil·la *b*

AGRAÏMENTS

A la Mariona i en Pere, que m'han donat els millors consells i tot el recolzament que he necessitat per fer aquest projecte.

A l'Estació Experimental Fundació Mas Badia, que m'ha ofert la possibilitat de participar en aquest estudi.

A la Universitat de Girona, que m'ha permès fer aquest projecte.

Als productors de les 5 finques que han aportat les pomes per a la realització d'aquest projecte.

A la meva família, en especial a la meva mare, que m'han fet costat i m'han animat cada dia.

A l'Anna, la Montse, la Sílvia, l'Anna Maria, en Marcel, en Vily, en Josep, l'Edu Díaz i a l'Edu Muixach, per estar sempre al meu costat.

A l'Eva i en Xavier per formar part de la meva llista de *grocs* i no fallar-me mai.

A l'Anna i en Noé pel seu suport tècnic i l'amistat que ens uneix.

A l'Olga i a l'Alba per ajudar-me a superar els moments més difícils i treure'n la part positiva.

A en Cesc , la Montse i a en Francesc, el millor equip per arribar al cim.

A en Quico, per la seva paciència inacabable, per ajudar-me i animar-me constantment a seguir endavant tot i els obstacles que ens ha portat la vida.

En especial al *cordó umbilical*, el regal solidari més important que m'han fet.

Moltes gràcies a tots!

1. INTRODUCCIÓ

1.1. El conreu de la pomera, situació actual i perspectives

La pomera és una de les espècies més cultivades al món, amb una producció de 57.967.282 tones l'any 2003, només superada pel cultiu del plàtan i les taronges. Àsia és el major productor seguit per Europa, Amèrica, Àfrica i Oceania (figura 1).

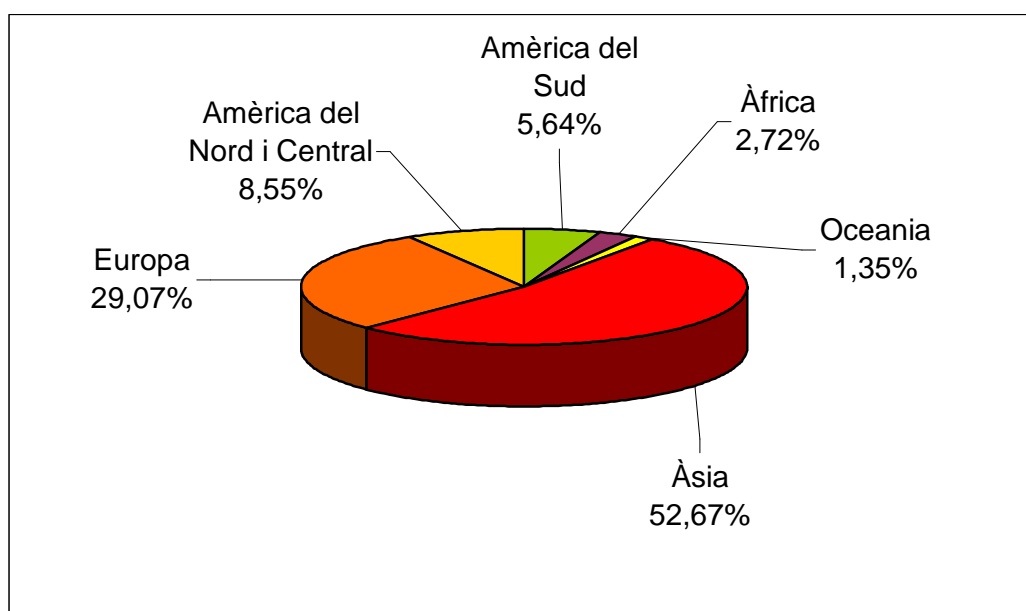


Figura 1. Distribució de la producció mundial de poma l'any 2003. (Font: Iglesias et al., 2000).

Observem que el rendiment de la producció és molt variable en funció del continent de producció. Així, Europa Occidental mostra un rendiment aproximat de 25.000 kg/ha, mentre que Amèrica del Nord és de 24.000 kg/ha, Oceania és de 21.000 kg/ha, Àfrica és de 11.000 kg/ha i Àsia és de 9.000 kg/ha. (Font: Iglesias et al.,2000).

L'any 2003 al continent Europeu, la producció total de pomes va ser de 16.848.526 tones. El major productor fou Polònia (2.42 milions de tones), seguit per França (2.40 milions de tones), Itàlia (1.94 milions de tones), Alemanya (1.57 milions de tones) i Espanya (0.79 milions de tones) (Font: Iglesias et al.,2000).

Entre els anys 1993 i 2005, es varen produir una sèrie de canvis en la producció dels diferents grups varietals (taula 1). Amb això s'observà el següent:

- El grup “Golden Delicious” experimentà una davallada constant i considerable tot i que continuà sent el grup més produït, amb una representivitat del 17,3% del total.
- El grup “Red Delicious” , a partir de l'any 1993, va patir una forta davallada.
- El grup “Fuji” ha anat augmentant paulatinament. Tot i així, a nivell mundial, encara no ha entrat de ple en els principals països productors, a excepció de la Xina i el Brasil.
- Les produccions de “Granny Smith” varen patir una lleu disminució.
- El grup “Gala” ha mostrat una evolució creixent de la seva producció, passant a ser una de les varietats més cultivades l'any 2005.
- Les pomes del grup “Idared” han mantingut una producció estable.
- La producció del grup “Jonagold” es va mostrar variable, tot i ser el cinquè grup més important en producció a l'any 1993.
- El grup “Mc Intosh” va patir una caiguda important en la seva producció.
- El grup “Morgenduft” va evolucionar també de forma decreixent al llarg d'aquests anys.

- El grup “Braeburn” va tenir un lleuger increment tot i que s’ha mantingut en uns nivells de producció molt baixos.
- El grup “Elstar” va experimentar una caiguda l’any 1998 però es va mantenir estable fins l’any 2005.

Taula 1. Evolució (en percentatge) de la producció mundial de les principals varietats de poma en el període 1993-2005. (Font: Irta, 2000).

	1993	1998	2005
Golden Del.	29,5	18,8	17,3
Red Delicious	17,8	14,8	12,8
Fuji	4,5	9,9	11,9
Granny Smith	5,2	4	3,3
Gala	1,4	2,3	2,8
Idared	2	2	1,9
Jonagold	2,8	1,6	1,9
Mc Intosh	2,1	1,6	1,3
Morgenduft	2,1	1,4	1,2
Braeburn	0,3	0,7	0,8
Elstar	1,1	0,7	0,8

A Espanya les diferents espècies de fruita dolça ocupen una superfície de 236.959 ha, on el presseguer és l’espècie més cultivada amb 71.271 ha, seguit de la pomera amb 49.373 ha i el perer amb 39.391 ha (M.A.P.A., 2000).

Dins l’estat espanyol, Catalunya és la comunitat amb més producció de poma, produint 421.734 tones, en una superfície de 18.627 ha, les quals representen el 34% de la producció i el 34% de la superfície nacional (DARP, 2003).

Estudiant la dispersió del conreu de poma a Catalunya, es pot observar la forta polarització d'aquest a les comarques de Lleida, on es concentra més del 80% de la producció. Girona és la segona província productora, seguida de Barcelona i Tarragona on el conreu de pomera està poc implantat (figura 2).

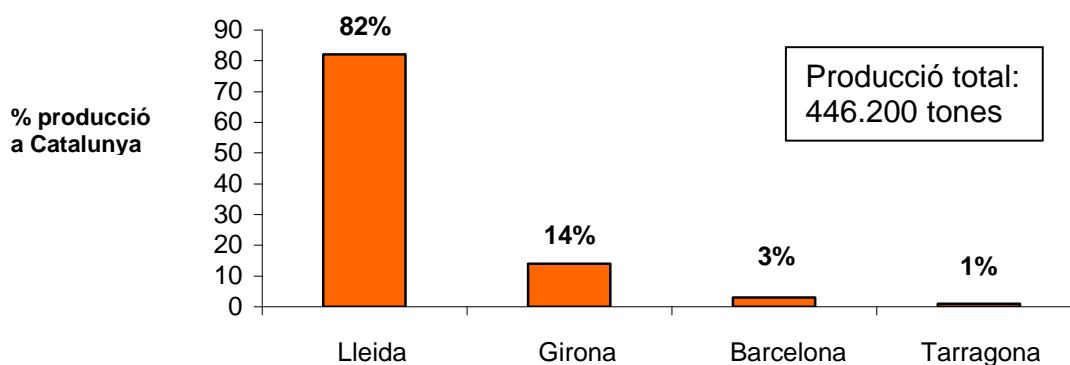


Figura 2. Distribució provincial de les produccions percentuals de pomera a Catalunya l'any 1997 (Iglesias et al., 2000 referenciats per DARP, 1997).

El sector fruiter a la Unió Europea, especialment el de la pomera, ha experimentat canvis i millores substancials en els darrers anys degut bàsicament a aquests quatre factors polítics i organitzatius:

- L'entrada en vigor de l'Acta Única l'any 1992 i la ratificació del Tractat de Maastricht l'any 1993, varen impulsar el Tractat de la Unió Europea. Això va suposar un fort impuls liberalitzador pels intercanvis comercials entre els diferents països membres, amb la consegüent supressió de fronteres, la lliure circulació de mercaderies i l'increment de la competència entre països productors, al trobar-se en igualtat de condicions en un dels espais comercials més grans del món amb més de 420 milions de consumidors.

- La creació de la nova organització comuna de mercats (OCM) del sector hortofructícola, (juliol del 1996) que ha comportat una notable disminució tant de la quantitat com del preu de retirada de la fruita.
- Les noves polítiques de la PAC (Política Agrària Comuna) reorienten la concessió d'ajuts cap a la millora d'estructures, millores en renda, agricultura sostenible i el medi rural. Fins al moment aquestes anaven orientades principalment a la producció.
- Juntament amb tot això cal considerar la creació de la nova Europa dels 25 estats membres, (maig del 2004) que obrí nous mercats però també noves zones productores. Així, s'incrementà la superfície agrària útil (SAU) en 38,6 milions d'hectàrees, s'amplià el mercat de consum i finalment, la producció agrícola i ramadera s'incrementà entre un 10 i un 20%. Els diferents membres de la Unió, van començar a rebre ajuts europeus l'any 2004 però no serà fins el 2013 que en tindran el ple dret (del Campo, 2004).

Aquesta millora contínua de la qualitat de la fruita i la implantació de noves tècniques i procediments com la Producció Integrada i la certificació EUREPGAP, han fomentat l'interès creixent dels països de la Unió Europea per la fruita del nostre país, de manera que s'han anat obrint nous mercats i es disposa de molt bones expectatives en el volum d'exportació.

1.2. Paràmetres de qualitat de la poma

Els paràmetres de qualitat més destacats són els següents:

- Aspecte i color: La valoració del color es troba molt lligada als factors socials i culturals. Les zones mediterrànies, més temperades, solen preferir fruites més colorades que les zones cantàbriques, més humides i fredes.
- Textura i fermesa: La duresa sol apreciar-se principalment amb el tacte en la manipulació i el pelat previs, però és bàsicament en el moment del seu consum quan s'aprecien tant la duresa com la textura mitjançant les sensacions dentals, palatals, etc., que detecten tant la resistència mecànica (fermesa) dels teixits com el moviment de la massa per l'interior de la cavitat bucal (textura).
- Sucres i àcids: En el fruit es troben tres substàncies responsables del sabor: tanins, sucres i àcids. Els primers tenen un sabor aspre i astringent i només es troben presents en la fruita excessivament verda. Per tant en condicions normals manquen d'interès ja que la presència excessiva de tanins ens indica que hi ha una maduresa insuficient.
- Aroma: L'aroma es percep per l'olfacte mitjançant dues vies. La primera es produeix en el moment del consum al destruir-se les cèl·lules i quedar lliure el seu contingut volàtil, el qual es percep via retronasal. La segona, és la via nasal, on també mitjançant l'olfacte es poden percebre els compostos volàtils que emet la fruita i són transportats per l'aire.

Cal fer dues reflexions respecte els paràmetres de qualitat de les pomes:

- En les pràctiques comercials, es solen tenir en compte només els aspectes externs i el calibre, però no es dóna la suficient importància a altres paràmetres com són el gust, l'aroma, etc. Aquest fet fa que aquests paràmetres organolèptics no tinguin els valors recomanats per un consum satisfactori. Estem doncs, davant un problema real de qualitat des d'un punt de vista general i la tendència en el futur és la de impulsar aspectes qualitius de la producció i no només quantitius.
- Cal tenir en compte que la fermesa i els àcids disminueixen progressivament mentre que els sucres i l'aroma augmenten al llarg de la maduració. Cal doncs determinar amb precisió el punt òptim de recol·lecció en funció d'aquestes característiques desitjables.

1.3. Característiques de la varietat “Fuji”

La poma “Fuji”, és una varietat que va néixer l’any 1939 de l’encreuament entre les varietats “Ralls Janet” i “Golden Delicious”, realitzat per la “Fruit Tree Research Station” de Morioka (Japó). Fins l’any 1958 els productors no en van poder disposar i el 1962 es va registrar amb el nom de “Fuji”. Aquest nom commemora la ciutat de Fujisachi, on es van realitzar els encreuaments i la seva selecció. Poc després de la seva obtenció va anar guanyant adeptes, ja que reunia moltes de les principals qualitats que es buscaven en una poma: bon calibre, alta qualitat gustativa i sobretot, una llarga conservació. Per això “Fuji” es va anar introduint en tots els països productors i actualment és una de les varietats amb major expansió mundial. Al Japó, l’expansió a escala comercial de la varietat “Fuji” no va tenir lloc fins a principis de l’any 1970 i va adquirir un fort impuls a partir de l’any 1985. L’any 1995 representava el 50% de la poma produïda. En els últims quinze anys la producció de “Fuji” a la UE ha crescut de forma molt important (figura 3).

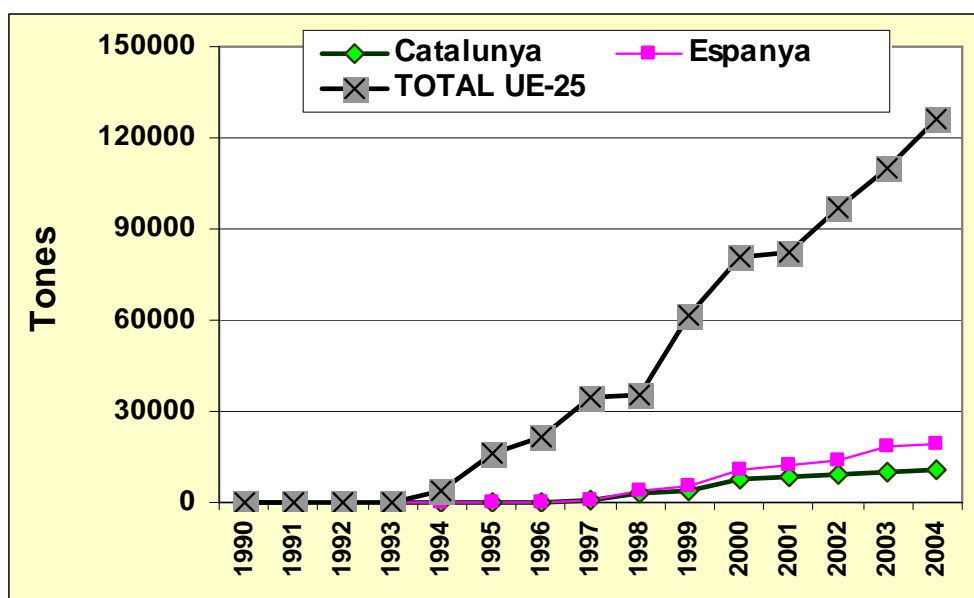


Figura 3. Evolució de la producció de la poma Fuji a Catalunya, Espanya i la Unió Europea dels 25 del 1990 al 2004 (Font: Prognosfruit, 2004).

La producció de la pomera “Fuji” es caracteritza per ser una varietat de vigor superior a la de “Golden Delicious”, de ràpida entrada en producció i elevada productivitat; la seva elevada sensibilitat a l'alternança pot reduir-se amb l'utilització de patrons dèbils (Echeverría, 2003). L'aclarit químic és imprescindible per regular les produccions, essent *Etefon*, *ANA* i *Carbaryl* els productes més utilitzats per efectuar-ho.

Les característiques del fruit corresponen a un calibre mitjà-alt, de forma lleugerament xata i de color vermell-marró (estriat o llis, segons el clon). Els aspectes comercialment més destacats de la poma “Fuji” són una bona aptitud a la frigoconservació i una excel·lent qualitat organolèptica (amb una polpa cruixent, sucosa, dolça i aromàtica) (Echeverría, 2003). De totes maneres, s'ha de tenir en compte que la seva pell es pot deteriorar fàcilment amb la manipulació mecànica.

En el moment de la recol·lecció (habitualment entre els dies 10 i 20 d'octubre), el fruit sol arribar a uns 5 mm addicionals respecte al que s'obté amb pomes de la varietat “Golden Delicious”, degut al caràcter tardà d'aquesta varietat. De totes maneres, aquests grans calibres (en general superiors a 80 mm) depenen de la càrrega de l'arbre i de l'aclarit realitzat.

Un dels aspectes més importants a tenir en compte en les diferents varietats de “Fuji” és la coloració dels fruits. La deficient coloració (habitual en condicions ambientals amb poca amplitud tèrmica) és un dels principals problemes d'aquesta varietat, pel que s'han obtingut un elevat nombre de seleccions de major coloració en les últimes dècades, principalment al Japó.

1.4. Coloració dels fruits

No només el consumidor associa un major color vermell en la pell de les pomes amb una superior qualitat organolèptica del fruit, sinó que diversos estudis ho han confirmat. S'ha demostrat que una major coloració de la superfície és equivalent a un alt nivell de sucres, aroma i fermesa (Saure, 1990). Per això els fruits ben acolorits, obtenen preus de mercat més elevats.

Els principals pigments responsables del color de les pomes són els següents:

Pigments Cloroplàstics: Els més destacables són les clorofil·les (*a* i *b*) responsables de la coloració verda dels fruits, la seva estructura s'observa en la figura 4. Del grup dels carotenoides cal destacar els carotens (color vermell) i xantofil·les (color groc). Tots aquests pigments fotosintètics són els responsables de la coloració verda – groguenca que predomina en el fruit quan madura. Aquesta coloració s'obté gràcies a la degradació de les clorofil·les i la desemmascaració i síntesi dels carotenoides (figura 4).

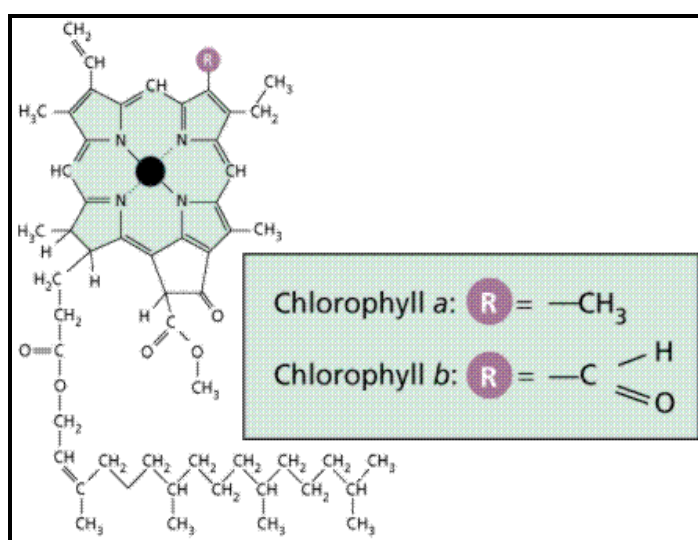


Figura 4. Representació d'una molècula de clorofil·la (Font: Iglesias, 1996).

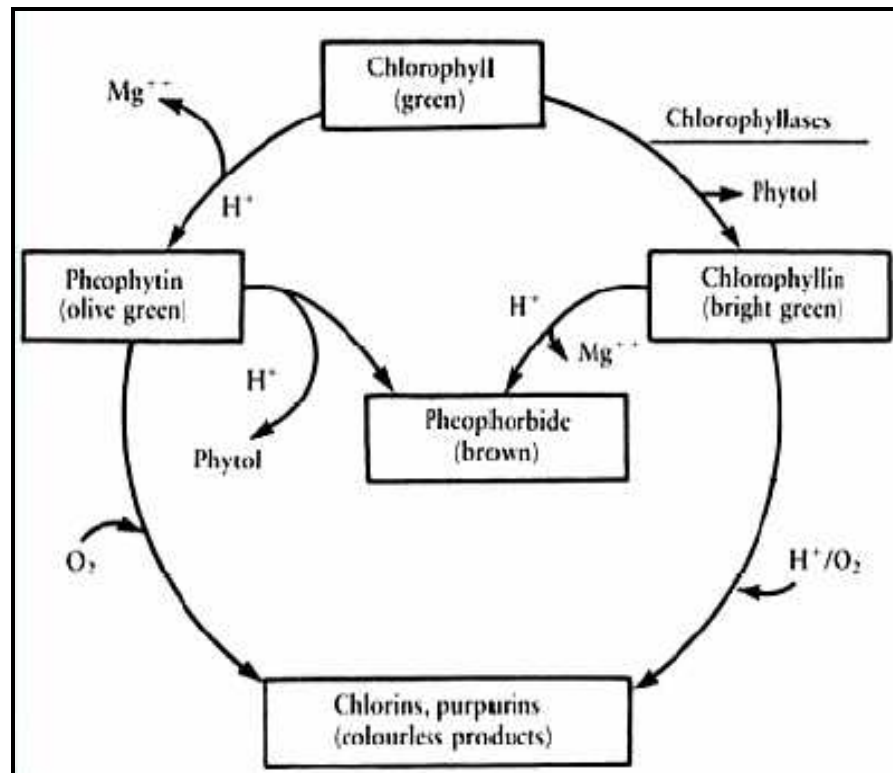


Figura 5. Representació de la via de degradació de les clorofil·les (Font: Iglesias, 1996).

Pigments Vacuolars: Els pigments vacuolars són del tipus flavonoide i són els antocians, flavonoides (figura 5), flavones i proantocianidines (Lancaster, 1992). En la poma els més importants són els antocians (antocianidines), que també actuen com a antioxidants.

Els antocians s'acumulen a les vacuoles de les cèl·lules de la pell. Aquests, no deixen travessar els raigs UV, ja que tenen una elevada capacitat d'absorció. Així doncs, podem dir que la seva funció en el fruit és protectora.

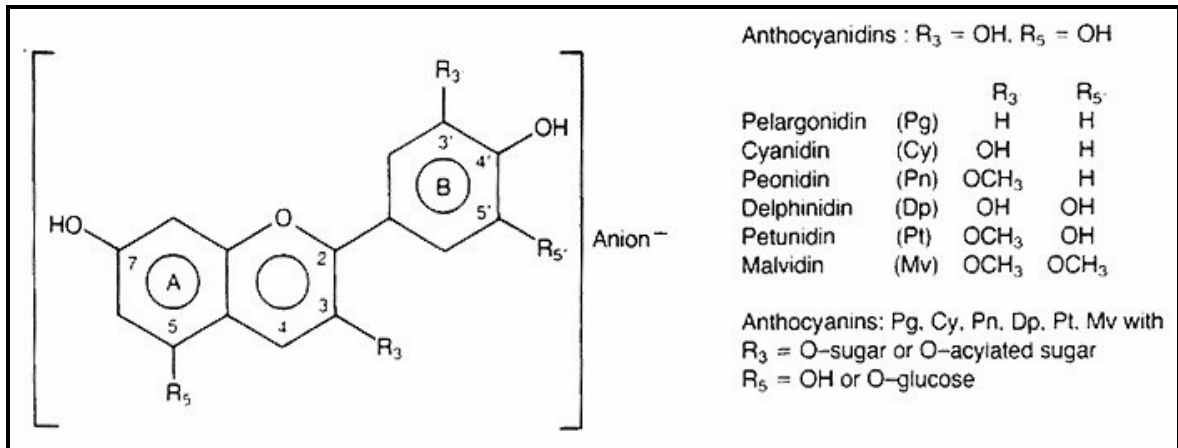


Figura 6. Estructura bàsica d'un antocià. El nom concret vindrà determinat pels grups que tinguin els radicals R₃ i R₅. (Font: Iglesias, 1996).

Durant el desenvolupament del fruit, la síntesi d'antocians té dos pics, un correspon a la fase de multiplicació cel·lular i l'altre a la fase de maduració (figura 7).

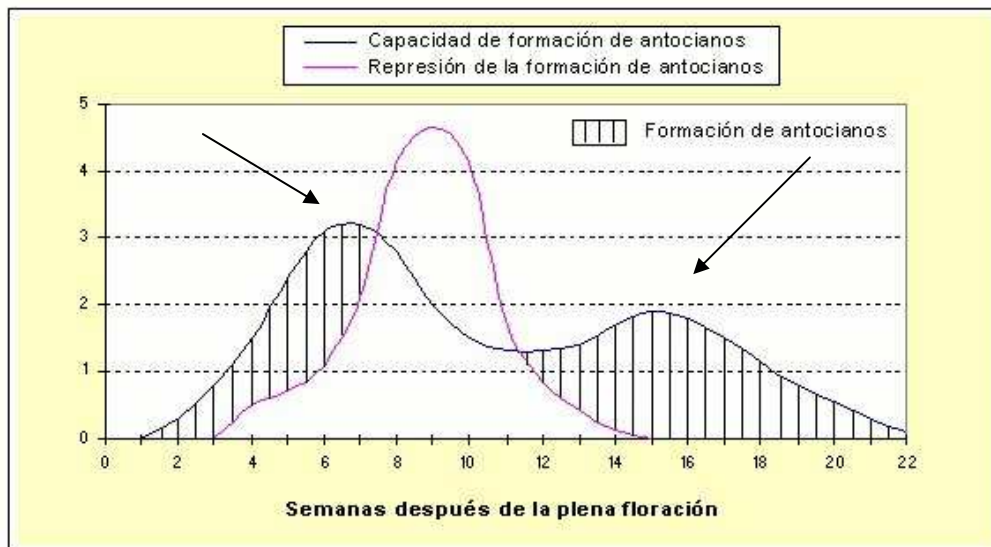


Figura 7. Evolució de la producció d'antocians durant la vida del fruit. Els dos pics en la formació d'antocians estan representats per les fletxes (Font: Iglesias, 1996).

Durant la fase de multiplicació cel·lular es produeix, a nivell quantitatiu, un pic important. Això pot ser degut a la capacitat que tenen els antocians de protegir dels raigs UV les cèl·lules que s'estan dividint. Aquest pic és important quantitativament però no qualitativament, ja que aquests pigments es formen i es degraden molt ràpidament.

L'altre pic important es produeix durant la maduració del fruit. En aquesta etapa es degraden les clorofil·les i es sintetitzen i desemmascaren els carotenoides. També es sintetitzen els antocians a nivells molt elevats. La formació d'antocians en aquesta etapa de la vida del fruit és molt important i depèn de les característiques genètiques, de l'efecte de l'ambient, de les pràctiques culturals i molts altres factors interns del fruit (Lancaster, 1992).

1.5. Cop de sol

1.5.1. Introducció

Una de les alteracions més importants que afecten a la coloració del fruit és la del cop de sol. En les condicions climàtiques del Sud d'Europa, el cop de sol és un dels factors que més incideixen en la reducció del percentatge de fruits de primera categoria, especialment en certes varietats com “Granny Smith”, “Fuji” o “Gala”. Existeixen encara certs dubtes respecte les causes del desenvolupament del cop de sol, tot i que està àmpliament acceptat que les altes temperatures del fruit hi juguen un paper important. En canvi, existeix més debat pel que fa al paper de la radiació. Els mecanismes fisiològics causants dels símptomes del cop de sol no són del tot clars. Existeixen diferents hipòtesis, des de la necrosi dels teixits fins a la degradació de pigments en funció del grau de cop de sol.

1.5.2. Definició i tipus

El cop de sol en pomera es descriu com una degradació variable del color normal de l'epidermis des d'una lleu decoloració o engrogiment fins a un total ennegriment causat per la necrosi dels teixits del fruit.

La necrosi deguda al cop de sol ha sigut el típic símptoma en algunes varietats (“Golden Delicious”), tot i que la incidència d'aquest tipus extrem de cop de sol és bastant reduït i la seva importància queda restringida, durant determinats anys, a zones de clima molt càlid.

Els símptomes de cop de sol més lleugers són més freqüents, tot i que en varietats de coloració groga com “Golden Delicious”, no són una raó suficient per a una devaluació de la qualitat comercial. No obstant, en varietats de coloració verda com “Granny Smith” o bicolors com “Fuji”, aquest tipus de cop de sol és molt més perjudicial per la qualitat final del fruit.

Schraeder (2001), creu que existeixen dos tipus de cop de sol amb certes diferències en quant als factors causants. Segons l'autor, el tipus de cop de sol més extrem, cop de sol necròtic, es desenvoluparia quan la temperatura de la superfície del fruit supera els 52°C i seria un procés letal, resultant el teixit necrosat. El cop de sol amb una simptomatologia més lleugera, decoloració de l'epidermis amb aparició de coloracions marrons, apareixeria amb temperatures de l'epidermis del fruit per sobre els 47-48°C, amb certes diferències entre varietats i requeriria molt probablement radiació UV del tipus B, pel seu desenvolupament (figura 8). Altres autors com Wünsche et al. (2001) i Yuri et al. (2000), suggereixen que en qualsevol cas el factor més important continua essent les temperatures altes del fruit.

Avaluacions realitzades al camp han mostrat que, sota condicions extremes, la temperatura de la pell dels fruits exposats directament al sol pot superar entre 5 - 15°C la temperatura de l'aire que els envolta (Bergh et al., 1980; Parchomchuck i Meheriuk, 1996; Andrews i Johnson, 1997; Andrews, 1997).

El cop de sol en pomes es produeix quan la temperatura de l'aire supera els 30 °C, i el dany es pot generar durant un sol dia d'exposició (Bergh et al., 1980).

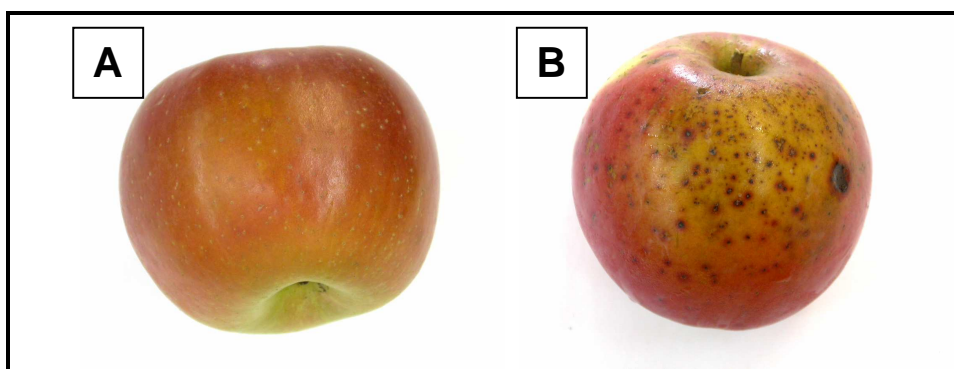


Figura 8. Diferents graus de cop de sol. **(A)** Decoloració de l'epidermis **(B)** Necrosis (Font: Elaboració pròpia).

1.5.3. Repercussió econòmica

En les pomes vermelles, el color de l'epidermis és un atribut important, ja que determina de forma directa la seva acceptació pel consumidor i conseqüentment el seu valor comercial (Smith i Frye, 1964; Crassweller i Hollendar, 1989; Graell et al., 1993). Una coloració insuficient pot disminuir el valor comercial dels fruits, podent afirmar que el preu depèn en gran mesura del color. Per altra banda les normes de qualitat vigents en els principals països productors de fruita, estableixen que els fruits de categories extra o primera han de tenir el color característic de la varietat.

De fet no es tracta només d'un major atractiu del fruit, sinó que el consumidor sap que una major coloració ve associada, en general, a una major qualitat gustativa del fruit, major duresa, contingut més elevat en sucres i millor sabor. Diverses investigacions han confirmat l'existència d'aquestes relacions (Godrie, 1982; Shumacer i Stadler 1985). Una baixa coloració és la principal causa de depreciació de les varietats vermelles (Mayles, 1989; Baugher et al., 1990), i constitueix un dels principals problemes del sector productor en àrees de producció sotmeses a climes secs i calorosos.

Actualment, l'adequada coloració de les varietats vermelles i bicolors, és un fet que adquireix una especial importància en un context de liberalització progressiva dels intercanvis i generalment de superproducció. L'entrada als nostres mercats de fruita d'alta coloració i duresa, procedent de tercers països ha induït al consumidor a associar ambdues característiques; pel que cada vegada més, els operadors comercials exigeixen fruits amb una adequada coloració, tant en benefici propi com del consumidor. Per altra banda, nombrosos estudis de mercat realitzats recentment, posen de manifest que el consumidor està disposat a pagar preus més elevats per aquestes pomes.

Es dedueix que la competitivitat del sector productor de la poma vermella, passa per obtenir produccions òptimes tant quantitativament com qualitativament. La qualitat dependrà fonamentalment del calibre, del color i de la fermesa, aquest fet obliga a realitzar la recol·lecció en un estat òptim de maduresa del fruit.

Els requeriments de color per aconseguir les millors cotitzacions són variables i depenen de les quantitats ofertades i del color dels fruits en cada campanya (determinat per les condicions climàtiques).

La diferència de preu entre els fruits que aconseguen o superen els percentatges mínims establerts i aquells amb una coloració insuficient suposa disminucions de preu al voltant del 30%. Aquest percentatge pot arribar a valors del 70% en campanyes amb superproducció i amb condicions climàtiques adverses a la coloració.

És evident doncs, la repercussió econòmica que suposa el dany produït pel cop de sol en el sector productor de varietats vermelles de poma. Això justifica, en plantacions ja establertes, les nombroses tècniques culturals tradicionalment utilitzades per la millora del color i la disminució dels efectes produïts pel cop de sol, com l'aplicació de reguladors de creixement, podes en verd, reg refrescant per aspersió, aplicació de productes nutricionals, l'embolicat de fruits, les xarxes antipendra, etc.; tècniques també aplicades en altres països productors de poma vermella com els Estats Units, Israel, Japó, Nova Zelanda, Itàlia, França, etc. No obstant això, és evident que, en totes les circumstàncies, la millor alternativa la constitueix l'elecció adequada d'aquelles varietats que aportin una millor coloració.

1.5.4. Causes i mecanismes fisiològics

Les hipòtesis fetes a partir dels mecanismes fisiològics involucrats en el dany pel cop de sol són variades. Existeix un acord generalitzat que el cop de sol extrem és el resultat de la necrosi del teixit de l'epidermis del fruit, degut a un dany per temperatura. La decoloració del fruit degut al cop de sol més lleuger, sembla que seria el resultat de processos oxidatius generats pels radicals lliures o la degradació dels pigments de l'epidermis. (figura 9).

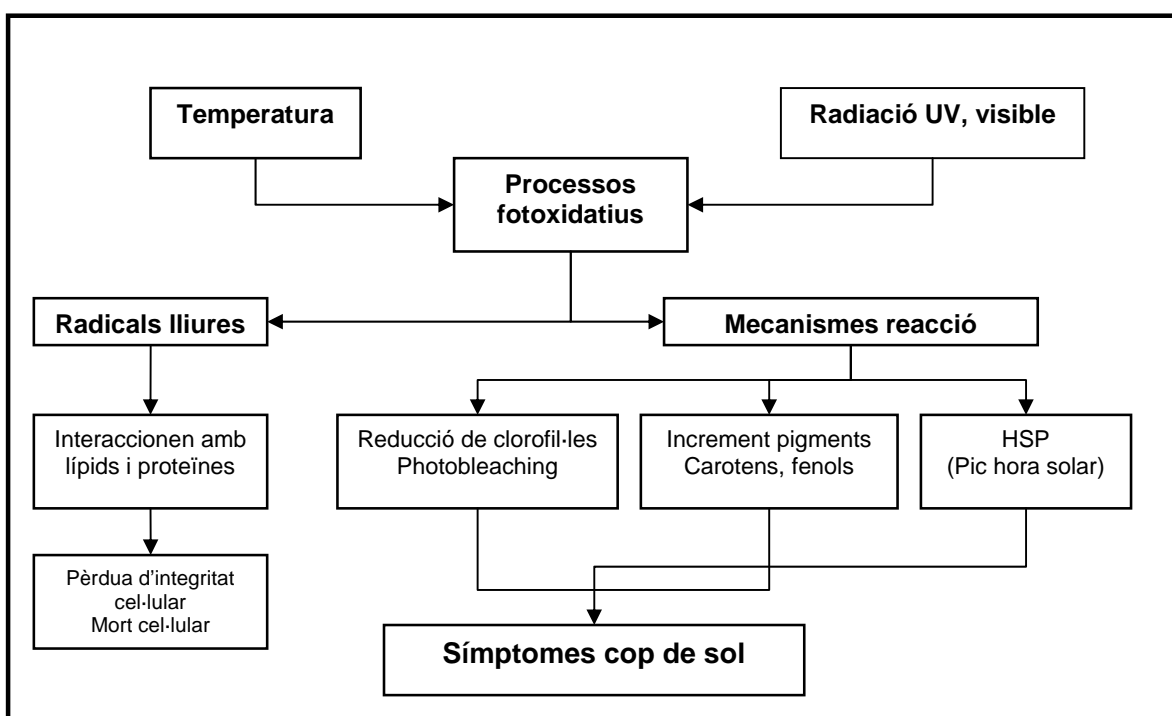


Figura 9. Esquema proposat dels mecanismes corresponents als símptomes de cop de sol (Font: J. Carbó et al., 2004).

La diferent sensibilitat observada en els cultius de diverses varietats de poma es deu a les propietats físico-químiques de la pell del fruit. (taula 2).

Taula 2. Sensibilitat de les principals varietats de pomera (Font: J. Carbó et al., 2004).

Grup varietal	Sensibilitat
'GOLDEN DELICIOUS'	++
'PINK LADY'	++
'ROYAL GALA'	++
'RED DELICIOUS' – tipus llis	++
'RED DELICIOUS' – tipus estriat	+++
'GRANNY SMITH'	++++
'FUJI' – tipus llis	++++
'FUJI' – tipus estriat	+++++

La homogeneïtat, el gruix i la composició de la cera de l'epidermis, la presència de pèls i la concentració i quantitat de pigments ofereixen una protecció contra el dany per cop de sol, incrementant la reflexió de la llum visible i infraroja i disminuint d'aquesta manera la temperatura (Wünsche et al., 2004).

1.5.5. Mesures preventives

Les experiències de control avaluades en diferents zones del món inclouen la protecció amb xarxes antipetra, refrescament evaporatiu mitjançant reg per aspersió i aplicació d'un film de partícules de caolí amb diferents graus d'èxit i implementació.

Xarxes antipetra: Actualment, la cobertura de les plantacions amb xarxes antipetra està essent àmpliament utilitzada, obtenint un efecte satisfactori en el control d'aquest problema. Aquestes xarxes s'han d'extendre sobre les plantacions abans que es presentin els primers dies calorosos (T° aire a l'ombra superior a 29°C). La xarxa es recull immediatament després de la collita de fruita amb la finalitat de permetre que les fulles captin una major intensitat lumínica.

Refrescament evaporatiu: Dins les pràctiques de control utilitzades per reduir el dany per cop de sol, es troba el refrescament evaporatiu per aspersió d'aigua. El seu fonament consisteix en disminuir la temperatura dels fruits a través de l'evaporació d'aigua a les hores del dia amb més calor. Al evaporar-se l'aigua aquesta és capaç d'eliminar 80 cal/cm^3 , la qual cosa li dona el seu gran efecte refrigerant.

Film de partícules de caolí: Un altre dels mètodes proposats per reduir el dany per cop de sol és l'aplicació de partícules processades de caolí per produir una pel·lícula en l'epidermis del fruit per reduir la càrrega de calor i consegüentment reduir el dany per cop de sol (Glenn et al., 2002).

1.6. Objectius

Aquest projecte s'ha realitzat per ampliar els coneixements sobre el dany produït pel cop de sol a la poma "Fuji", per conèixer la concentració dels pigments en post collita i per avaluar la sensibilitat dels fruits al cop de sol.

Els objectius d'aquest projecte són:

- Determinar la concentració de pigments de la pell del fruit associats al dany pel cop de sol.
- Relacionar el contingut de pigments amb la intensitat de dany per cop de sol.

2. MATERIALS I MÈTODES

2.1. Plantejament general

Tal com s'indica en el diagrama de la figura 10, es varen collir 5 caixes de pomes de la varietat "Fuji", cadascuna en una finca diferent.

Després de portar els fruits a frigoconservació, es varen classificar les pomes en 5 classes diferents en funció del grau d'afectació del cop de sol, escollint 20 mostres per a cada una de les classes.

Un cop classificades les pomes, es va realitzar l'anàlisi mitjançant un espectrofotòmetre del contingut de pigments en cadascuna de les mostres, relacionant aquest contingut de pigments dels fruits en post collita amb el grau d'afectació del cop de sol.

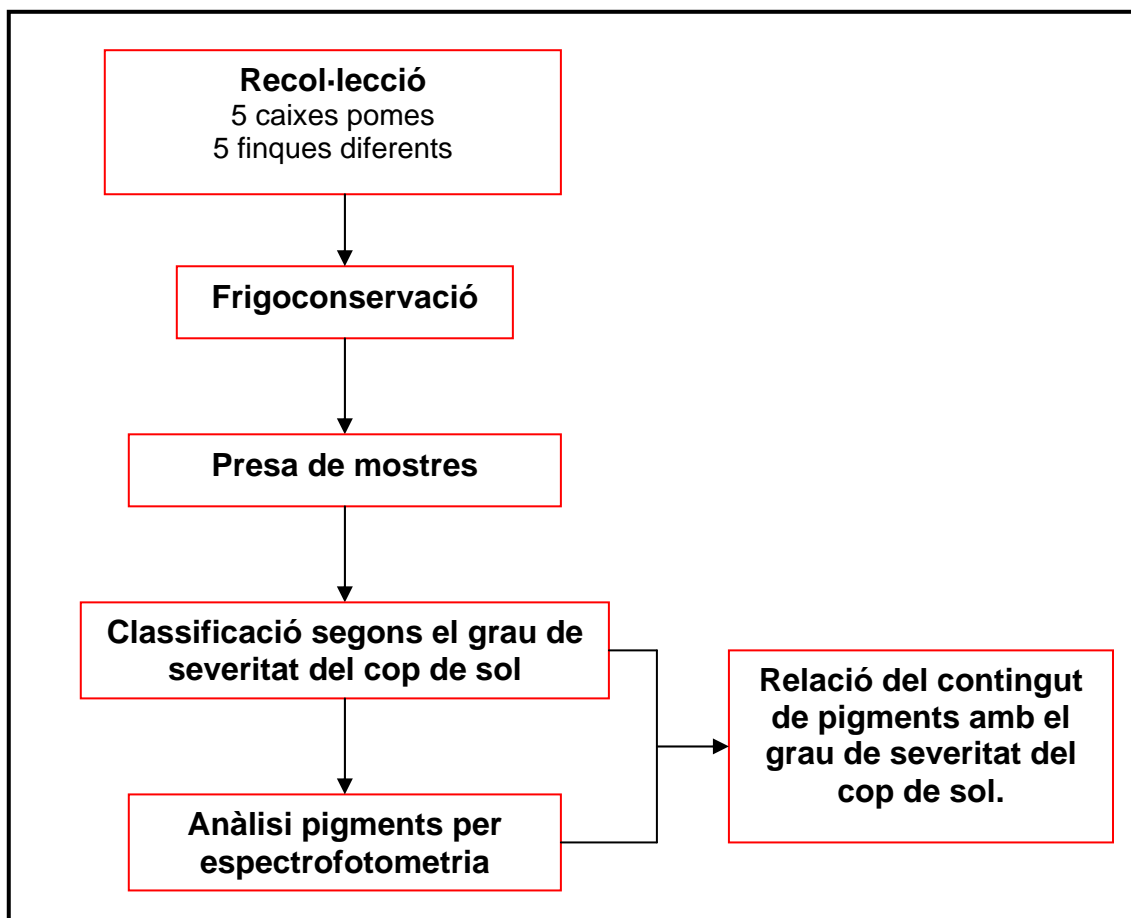


Figura 10. Plantejament general de l'estudi.

2.2. Material vegetal

Les pomes utilitzades en aquest estudi provenen de 5 finques comercials diferents de la província de Girona, totes elles productores de poma de la varietat “Fuji”. Les característiques de cada finca es detallen a la Taula 3.

Taula 3. Localització i característiques de les 5 finques utilitzades en l'estudi.

Font: elaboració pròpia.

Finca	Municipi	Comarca	Cooperativa associada	Any plantació	Sistema de reg
F1	Parlavà	Baix Empordà	Costa Brava	2002	A manta
F2	Sant Pere Pescador	Alt Empordà	Costa Brava	2000	Degoteig
F3	Sant Pere Pescador	Alt Empordà	Costa Brava	2000	Degoteig
F4	Sant Pere Pescador	Alt Empordà	Costa Brava	2000	Degoteig
F5	La Tallada d'Empordà	Baix Empordà	Costa Brava	2002	A manta

2.3. Medi físic

El clima existent a la zona de l'Empordà es classifica segons la metodologia Papadakis en Mediterrani Temperat (Llasat, 1997).

El Servei Meteorològic de Catalunya de l'any 2003 (any en què es va realitzar la presa de mostres utilitzades per aquest estudi), a l'estació agroclimàtica de Mas Badia, a la Tallada de l'Empordà ens indiquen les temperatures mitjanes, màximes i mínimes, la humitat relativa, la velocitat del vent, precipitació i la radiació global diàries tal com es mostra a les figures 11,12,13,14 i 15.

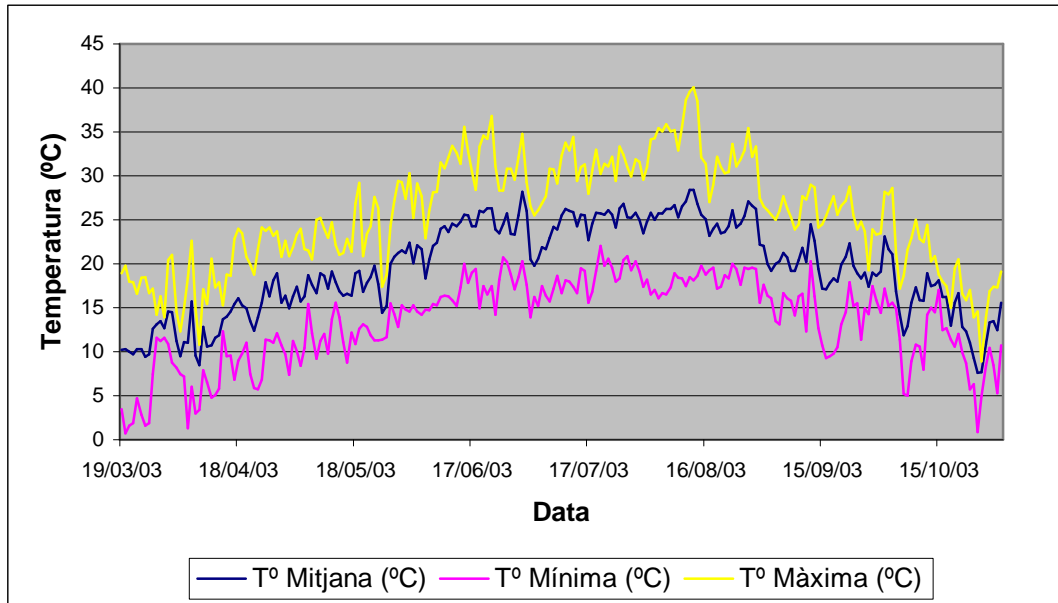


Figura 11. Evolució de les T° mitjana, mínima i màxima diàries durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.

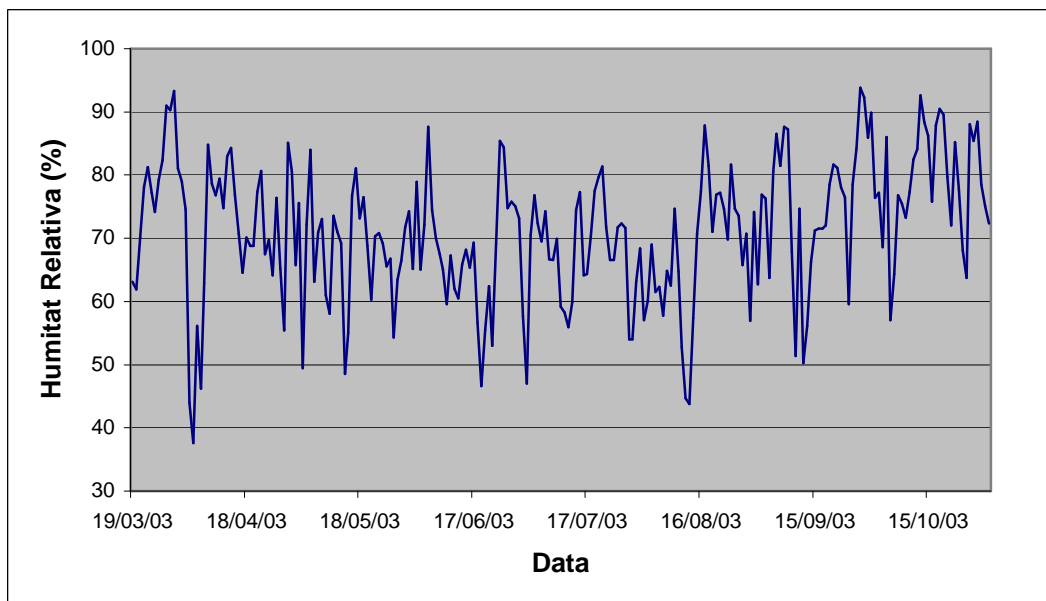


Figura 12. Evolució de la Humitat Relativa diària durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.

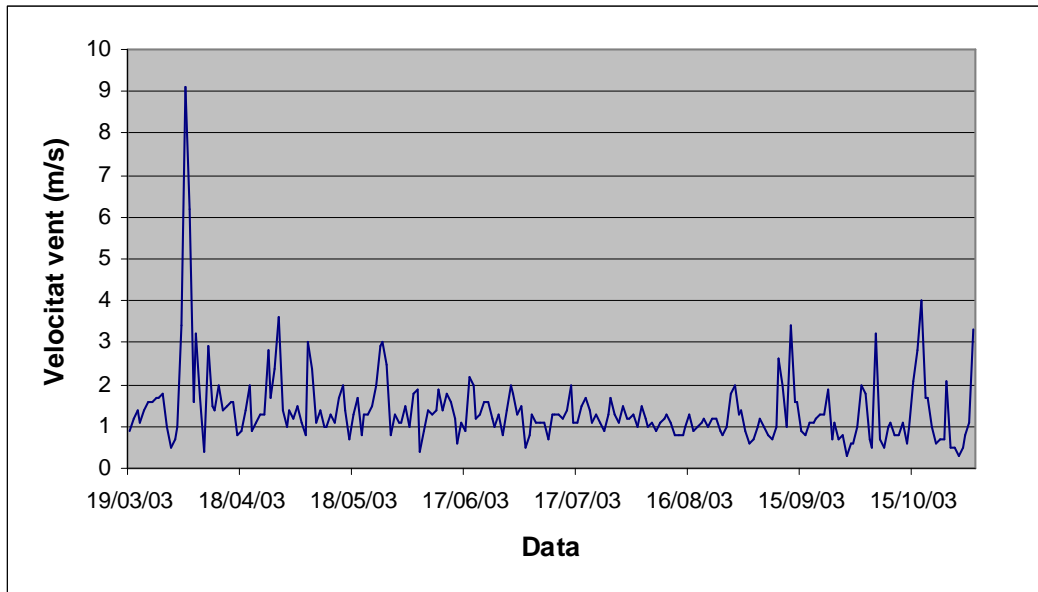


Figura 13. Evolució de la velocitat del vent diària durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.

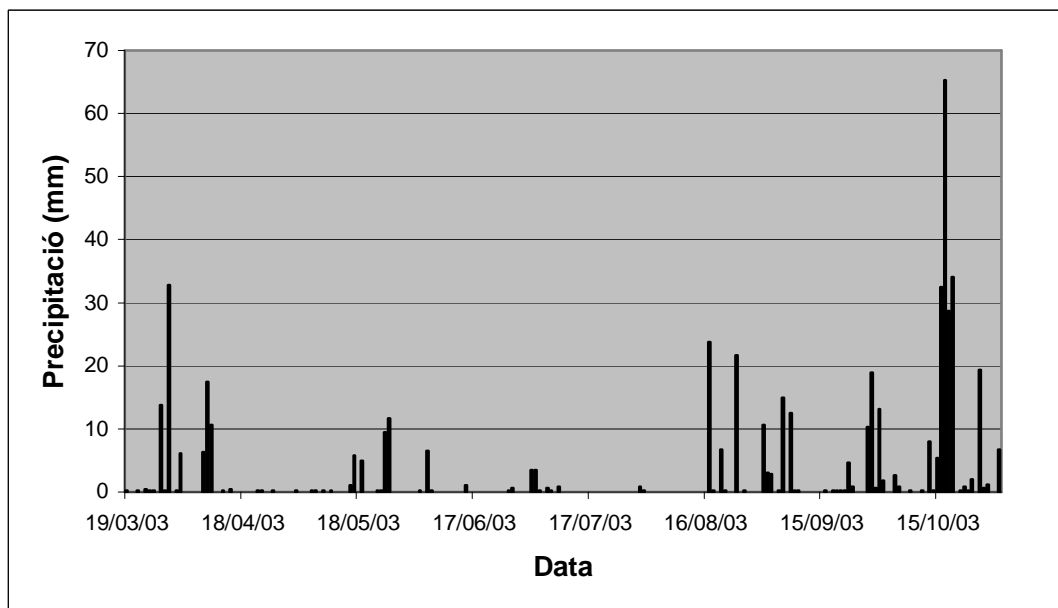


Figura 14. Precipitació diària durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.

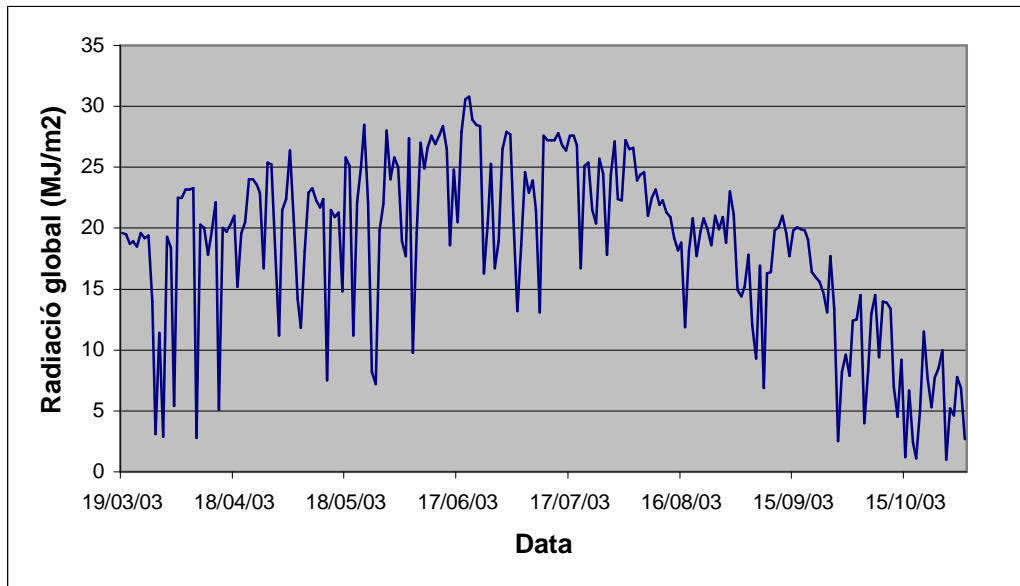


Figura 15. Evolució de la radiació global diària durant el període comprès entre el 19/03/03 al 31/10/03.

Les finques d'aquesta zona es troben a la Plana d'Empordà, formada al nord per la plana de l'Alt Empordà, regada pels rius Fluvià i Muga, i al sud per la plana del Baix Empordà, en dominis dels rius Ter i Daró (figura 16).



Figura16. Mapa de situació de les finques.

El caràcter al·luvial de la plana ha permès l'existència de recursos hídrics, tant superficials com subterranis, que al llarg dels temps han estat aprofitats per la població. Encara avui dia es conserven algunes antigues sèquies, utilitzades per a distribuir aigües de reg. La qualitat de l'aigua no té restriccions d'ús per a agricultura tret de la franja litoral i de zones palustres interiors corresponents a antics estanys dessecats on l'aigua presenta una elevada conductivitat elèctrica.

Llevat dels sòls de la franja litoral, on l'elevada salinitat constitueix un obstacle pel cultiu, els sòls situats a la plana són els més valorats per l'agricultura, per la profunditat del perfil i les característiques físico-químiques. És sobre aquests sòls on es situen les plantacions de fruiters. Són sòls joves molt heterogenis pel què fa a la seva granulometria, on la textura predominant és la franco-llimosa i tenen bons continguts de matèria orgànica (d'un 1.2 a un 4%). La presència del nivell freàtic prop de la superfície dona lloc a símptomes d'hidromorfia, esdevenint aquest el caràcter més limitant que es pot senyalar d'aquests sòls.

2.4. Presa de mostres i classificació severitat cop de sol

Partint de cinc caixes de pomes de la varietat “Fuji” obtingudes després de frigoconservació, cada una pertanyent a una finca diferent, es van classificar les pomes de cada finca en funció del grau de severitat del cop de sol. Es varen establir cinc classes diferents, de menys a més cop de sol (figura 17). Essent:

C0: el fruit no presentava cap indicati de cop de sol. Color vermell viu, intens i brillant.

C1: S'intuïa que el fruit patia cop de sol. Color apagat, tons marronosos.

C2: El fruit presentava un lleuger indicati de cop de sol. Taca clara ataronjada.

C3: El fruit mostrava cop de sol moderat.

C4: El fruit presentava cop de sol sever.

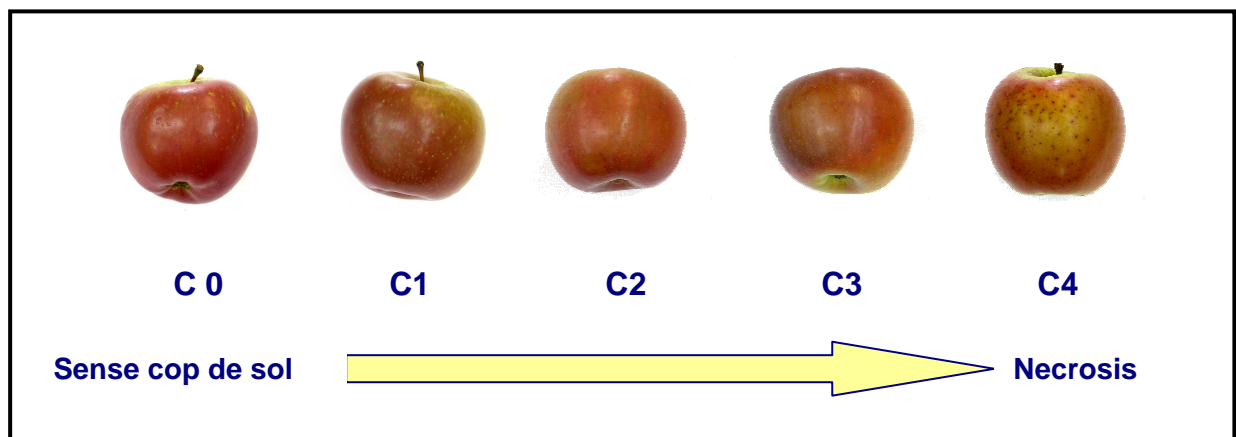


Figura 17. Classificació de les pomes en funció del grau d'afectació del cop de sol.

Una vegada realitzada l'anterior classificació s'escolliren 20 fruits de cada classe, independentment de la finca de procedència. Així s'obtingueren cinc plafons de 20 pomes cadascun, on cada un contenia una classe diferent de grau de severitat.

En primer lloc, es va considerar molt important establir un ordre, pel que es numeraren les pomes de cada plafó, per després procedir a realitzar les anàlisis.

Aquests anàlisis sempre es varen realitzar seguint l'ordre preestablert, de manera que totes les mesures realitzades sobre una poma corresponguessin sempre a la mateixa, i no hi hagués confusions. D'aquesta manera cada poma es va numerar en funció de la finca d'on provenia i la classe que corresponia. A més d'això cada poma fou classificada amb un número per ser identificada dins de cada plafó.

Així doncs, s'obtingueren 18 repeticions de 5 pomes. Cada una d'aquestes pomes corresponia a una classe de severitat de cop de sol.

Un cop feta la classificació individualitzada de cada poma es va realitzar una fotografia de la part afectada pel cop de sol de cadascuna (annex 1).

2.5. Anàlisi de pigments per espectrofotometria

2.5.1. Preparació de la mostra per l'obtenció de l'extracte

Per determinar la concentració de pigments per espectrofotometria, es va agafar una poma de cada classe, independentment de la finca de procedència. Es varen efectuar 20 repeticions, cada una de les quals constava de 5 pomes corresponents a cada classe (figura 18).

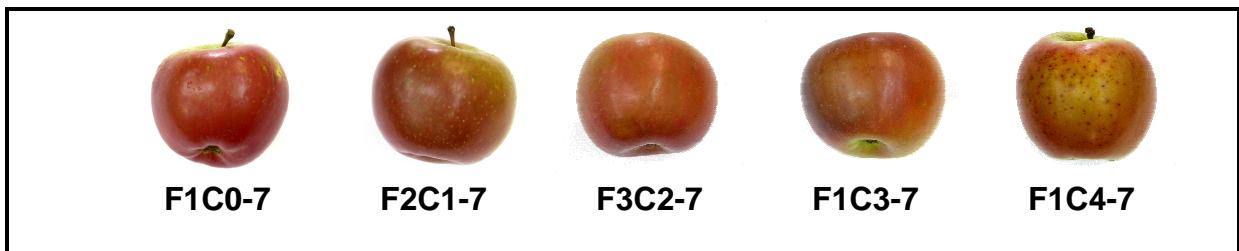


Figura 18. Repetició número 7 de l'anàlisi de pigments, on F és el número de la finca i C el grau d'afectació de cop de sol.

Del total de les cinc pomes es determinaren set anàlisis dels quals cinc corresponien a la part afectada de cada poma, i els dos restants a la part no afectada pel cop de sol de la classe 2 i 3. Així doncs tinguérem set mostres per analitzar: C0,C1,C2T,C2V,C3T,C3V i C4. Aquests anàlisis es varen repetir 20 vegades, ja que es disposava d'una mostra de 100 pomes, per tal d'obtenir uns resultats més fiables i contrastats. Per problemes tècnics al laboratori es varen descartar dues repeticions de manera que l'anàlisi final constà de 18 repeticions.

Inicialment es van preparar els dos reactius necessaris per a l'extracció de pigments (figura 19):

Solució A: 67 ml metanol + 133 ml cloroform + 4 grams MgO.

Solució B: 199,4 ml metanol + 0,57 ml HCl (35%).

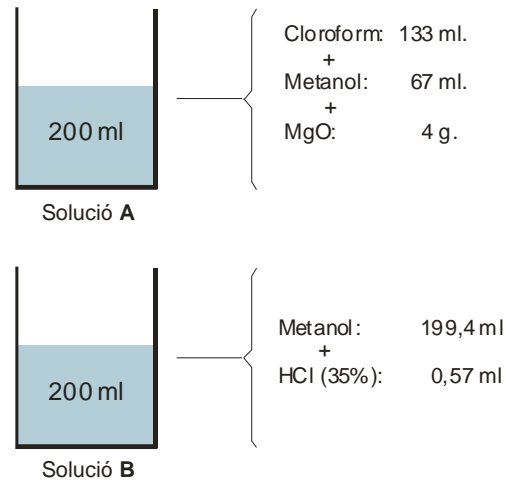


Figura 19. Preparació dels dos reactius utilitzats per a l'extracció de pigments.

Per fer la determinació de pigments, es va extreure la pell de la part afectada de la poma mitjançant l'ajuda d'un ganivet. Amb un trepant es van treure 25 discs de diàmetre 0,7mm de la pell extreta anteriorment. Cada un d'aquests discs es va submergir amb cloroform durant un minut per tal d'eliminar les ceres i impureses de la pell. Aquesta operació es va repetir novament per tal d'assegurar l'eliminació total d'impureses (figura 20).

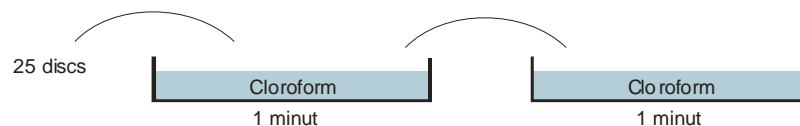


Figura 20. Operació d'eliminació d'impureses en la pell de la poma.

Després de rentar els discs es varen triturar amb sorra en un morter juntament amb 5ml de la solució A (figura 21).

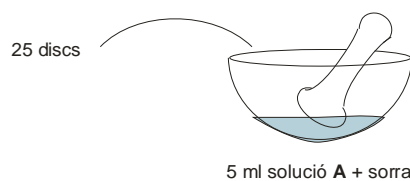


Figura 21. Extracció dels pigments dels discs mitjançant la mà de morter.

Tot seguit la solució va ser filtrada, per aconseguir arrossegar tots els pigments presents en el triturat rentant el morter i el filtre amb solució A. Un cop recollida tota la solució filtrada, el residu retingut en el filtre fou rentat novament amb la solució B, la qual ens va permetre extreure els antocians retinguts en el residu del filtrat (figura22).

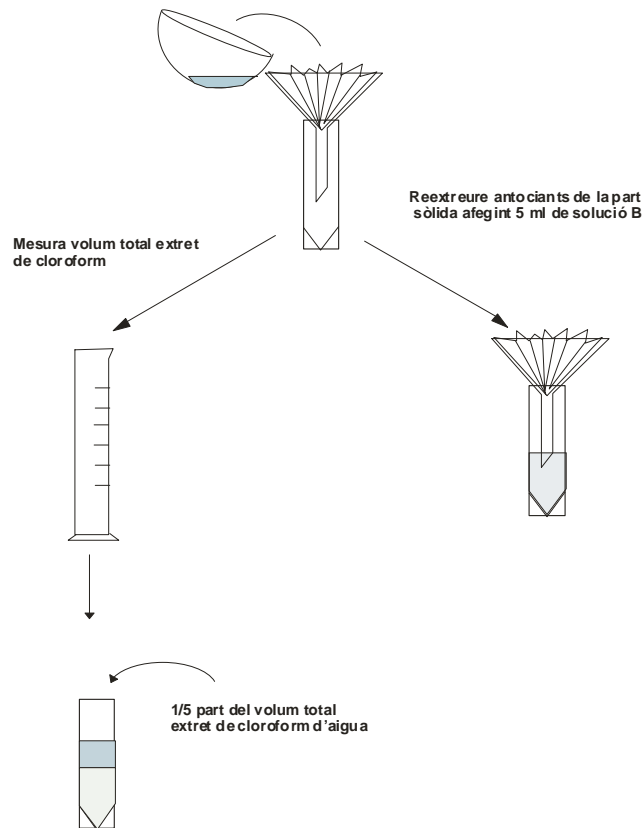


Figura 22. Filtrat i separació de les diferents la solucions.

S'obtingueren dos filtrats, el filtrat 1 obtingut amb la solució A (cloroform+metanol) i el filtrat 2 a partir de la solució B (metanol).

Aquest procediment es va fer per a cadascuna de les cinc pomes, obtenint així 14 filtrats de cada repetició (7 del filtrat 1 i 7 del filtrat 2).

2.5.2. Preparació de l'extracte per a la realització de la lectura espectrofotomètrica.

Un cop obtinguts els 14 filtrats, es varen centrifugar en una centrifugadora JJOUAN CR 312 durant 15 minuts a 4000 rpm i a 10°C per tal d'eliminar els elements en suspensió i separar els compostos solubles en els diferents dissolvents. Del filtrat 1 s'obtingueren dues fases, una amb compostos orgànics solubles en cloroform (a partir d'ara fase cloroform) més densa que s'acumulava en la base dels tubs d'extracció. I una segona fase amb elements solubles en aigua i metanol (a partir d'ara fase metanol o fase aquosa) de menor densitat. Per tal de extreure les dues fases s'utilitzava una pipeta Pasteur, amb la qual s'extreia la part de cloroform amb molta cura i precisió per tal d'evitar-ne la terbolesa. Un cop separades, es va mesurar el volum de cada fase i s'afegia una gota d'HCl en la fase de metanol (figura 23).

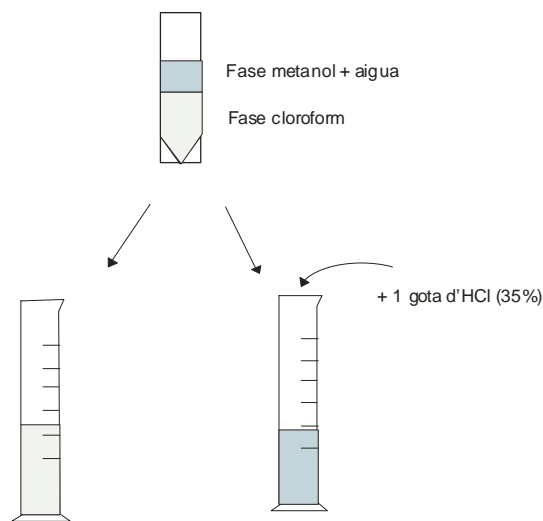


Figura 23. Separació de les dues fases.

Finalment, obtindrem tres solucions: la de cloroform, la de metanol+HCL provinent del filtrat 1 i la de metanol provinent del filtrat 2 (figura 24).

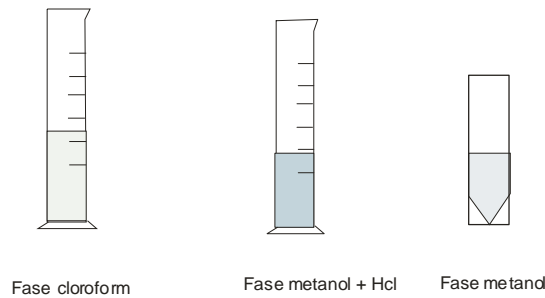


Figura 24. Solucions obtingudes.

Amb aquestes tres solucions, es varen fer lectures d'absorbància amb l'espectrofotòmetre (SHIMADZU UV-160 A). Per la lectura del cloroform s'utilitzaren tres longituds d'ona: $\lambda_1 = 665,6$, $\lambda_2 = 647,6$, $\lambda_3 = 480$ nm i pel metanol se n'utilitzà una: $\lambda = 530$ nm.

La concentració de clorofil·les i carotens per ml de solució de cloroform, es calcula mitjançant les següents equacions (Lichtenthaler, 1987):

$$C_a = 11.47 A_{665.6} - 2 A_{647.6} \quad \text{nmol/cm}^2 \text{ clorofil-la } a$$

$$C_b = 21.85 A_{647.6} - 4.53 A_{665.6} \quad \text{nmol/cm}^2 \text{ clorofil-la } b$$

$$C_{x+c} = (1000 A_{480} - 1.33 C_a - 23.93 C_b) / 202 \quad \text{nmol/cm}^2 \text{ carotens}$$

Mitjançant la llei de Wien determinarem la concentració d'antocians:

$$\text{Absorbància} = K * e^x$$

$$\text{Abs. } (\lambda=530\text{nm}) = a * b * c$$

On :

a = coeficient d'absorció molecular (30 l / nmol cm)

b = pas de la llum (1 cm)

c = concentració

En tots els casos determinarem el contingut dels pigments existents en cada cm^2 de pell de les pomes.

2.6. Anàlisi estadístic de les dades

En primer lloc, es va realitzar una depuració de les dades per tal d'eliminar els *outliers* propis que podien desviar el resultat de l'estudi, eliminant les dades obtingudes amb valors d'absorbància superiors a 1 i de les dades obtingudes amb un coeficient de variació superior a 3, en el cas del metanol i superior a 10 en el cas del cloroform.

Es van dur a terme anàlisis de la variància (ANOVA) mitjançant el programa SAS Institute, Inc., 1990, on es van avaluar els efectes que ocasionaven el grau de severitat i les diferents repeticions sobre la concentració de pigments

3. RESULTATS

3.1. Depuració de les dades

El treball va consistir en analitzar els pigments de diferents mostres de pomes classificades en 5 graus o classes de severitat de cop de sol (C0, C1, C2, C3 i C4). De cada classe de cop de sol es varen efectuar 18 repeticions d'anàlisi, en cada una de les quals s'estudiaren els pigments presents. Així doncs, es realitzà l'anàlisi a un total de 126 mostres. Per les classes dels nivells de severitat C2 i C3 es varen estudiar les dues cares del fruit, diferenciant així les classes C2T i C3T, corresponents a la cara taronja dels fruits i les classes C2V i C3V, corresponents a la cara vermella dels fruits.

Abans del tractament estadístic dels resultats corresponents a aquestes mostres, es va realitzar una depuració de les dades obtingudes en l'espectrofotòmetre (annex 2). D'aquesta manera, s'eliminaren els *outliers* propis que podien desviar el resultat de l'estudi degut a possibles errors humans en la realització de les diverses operacions fetes al laboratori. Per a la depuració d'aquestes dades, es van establir els següents criteris:

- Eliminació de les dades obtingudes amb valors d'absorbància superiors a 1. Aquest criteri, es va establir pel fet que en el procés de separació de fases (fase de metanol + aigua i fase de cloroform), s'originaren errors de precisió degut a la terbolesa que mostraren algunes de les mostres.
- Eliminació de les dades obtingudes amb un coeficient de variació superior a 3, en el cas del metanol i superior a 10 en el cas del cloroform, a qualsevol de les longituds d'ona mesurades. (taules 4 i 5)

En el cas de les mostres analitzades de la fase de metanol, es varen eliminar les mostres C2T i C3T corresponents a les repeticions 16 i 1 respectivament, per una absorbància fora de rang en els dos casos i per un coeficient de variació superior a 3 en la mostra C3T-1 (taula 4).

Taula 4. Mostres eliminades en la fase de metanol. Es marquen en vermell, els valors que sobrepassen els nivells establerts en el criteri de depuració de dades.

Classe	Nº Repetició	Absor. (530nm) Antocians	Absor. (530nm) Antocians filtrats	Coef. Var. Antocians	Coef. Var. Antocians filtrats
C2T	16	1,096	0,076	0,516	0
C3T	1	1,839	0,070	5,299	0

Les mostres eliminades en la fase de cloroform per presentar valors d'absorbància fora de rang per alguna de les longituds d'ona utilitzades van ser C2T-9, C0-10, C1-17 i C3V-1. Les mostres C0-17, C1-11, C2T-1, C2T-2, C2T-5, C3V-4 i C3V-7 es van desestimar al presentar un coeficient de variació superior a 10 entre les repeticions de les lectures d'absorbància.

Les mostres C2V-6, C2V-7, C3V-2 i C4-12 es varen eliminar per una combinació dels dos criteris de depuració de les dades.

Així doncs, s'eliminaren un total de 15 mostres corresponents a la fase de cloroform (taula 5).

Taula 5. Mostres eliminades en la fase de cloroform. Es marquen en vermell, els valors que sobrepassen els nivells establerts en el criteri de depuració de dades.

Classe	Nº Repetició	Absor. (665,6nm)	Absor. (647,6nm)	Absor. (480nm)	Coef. Var. (665,6nm)	Coef. Var. (647,6nm)	Coef. Var. (480nm)
C0	10	1,769	1,648	1,999	0,174	2,834	0,118
C0	17	0,381	0,347	0,744	22,234	25,254	17,121
C1	11	0,322	0,212	0,613	8,691	12,550	3,935
C1	17	0,674	0,570	1,038	3,526	2,933	1,950
C2T	1	0,409	0,283	0,593	7,294	10,156	4,664
C2T	2	0,530	0,425	0,763	10,600	12,490	5,508
C2T	5	0,219	0,146	0,381	14,917	18,595	0,654
C2T	9	0,475	0,433	0,749	1,753	1,808	1,006
C2V	6	0,820	0,725	1,372	10,728	9,872	3,959
C2V	7	0,756	0,663	1,017	18,277	20,685	16,256
C3V	1	1,572	1,448	1,795	4,730	5,206	4,652
C3V	2	0,803	0,630	1,140	8,517	10,079	6,324
C3V	4	0,388	0,368	0,617	25,912	31,232	39,412
C3V	7	0,172	0,122	0,302	15,721	22,633	7,850
C4	12	0,140	0,091	1,117	10,070	15,221	0,662

3.2. Contingut de clorofil·les

Els valors d'absorbància mesurats es varen transformar mitjançant les equacions proposades per Lichtenthaler en el contingut de clorofil·les expressat en nmols/cm² de pell.

$$C_a = 11.47 A_{665.6} - 2 A_{647.6} \quad \text{nmols/cm}^2 \text{ de Clorofil·la } a$$

$$C_b = 21.85 A_{647.6} - 4.53 A_{665.6} \quad \text{nmols/cm}^2 \text{ de Clorofil·la } b$$

Els continguts de clorofil·la *a* i *b* presents a la pell de les pomes afectades per diferents graus d'afectació per cop de sol, no es mostraren estadísticament significatius, no apreciant una tendència a variar el contingut de clorofil·les en funció del cop de sol sofert per la poma. Per la clorofil·la *a* s'obtingueren valors que oscil·laren entre 1.691 i 1.256 nmols/cm². El valor més elevat va correspondre a la classe C0 i el més baix a la classe C3T. Per a la clorofil·la *b* els valors oscil·laren entre 1.184 i 0.962 nmols/cm², essent el valor més elevat per la classe C4 i el més baix per la classe C3T (taula 6).

Taula 6. Quantitats de clorofil·les presents en la pell de pomes amb diferent grau de cop de sol.

Classes de severitat del cop de sol	Clorofil·la <i>a</i> (nmols/cm ²)	Clorofil·la <i>b</i> (nmols/cm ²)
C0	1,691 a	1,111 a
C1	1,400 a	1,017 a
C2T	1,455 a	1,100 a
C2V	1,485 a	1,062 a
C3T	1,256 a	0,962 a
C3V	1,504 a	1,108 a
C4	1,510 a	1,184 a
P valor	0,297	0,612

Les xifres seguides de la mateixa lletra no difereixen significativament segons el test de Tukey-Kramer ($P < 0.05$).

3.3. Contingut de carotens

El contingut de carotens es va determinar mitjançant l'equació proposada per Lichtenthaler transformant els valors de l'absorbància mesurada a nmols/cm² de carotens en la pell (taula 7).

$$C_{x+c} = (1000 A_{480} - 1.33 C_a - 23.93 C_b) / 202 \quad \text{nmols/cm}^2 \text{ de carotens}$$

El contingut de carotens presents a la pell de pomes afectades per diferents graus d'afectació per cop de sol, es mostrà estadísticament significatiu, apreciand-se una tendència a augmentar el contingut de carotens amb la severitat del cop de sol sofert per la poma. La concentració de carotens mesurats oscil·laren entre 2.809 i 1.958 nmols/cm², essent el valor de la classe C4 significativament més alt que el de classe C1. Els carotens per la resta de classes mostraren valors similars entre 2-1 i 2-6 nmols/cm², diferències sense significació estadística. Respectivament, els valors menors van correspondre a les pomes sense cop de sol i els continguts més alts a les pomes més afectades.

Així doncs, les pomes amb un grau d'afectació de cop de sol molt baix o nul, mostraren uns nivells de concentració de carotens baixos. Així mateix, les pomes classificades amb un nivell de severitat de cop de sol molt elevat, mostraren la major concentració de carotens a la superfície de la seva pell. Es va observar doncs, una evolució creixent en el contingut de carotens de la pell del fruit a mesura que n'augmentava el grau d'afectació al cop de sol.

Taula 7. Quantitat de carotens presents en la pell de pomes amb diferent grau de cop de sol.

Classes de severitat del cop de sol	Carotens (nmols/cm²)
C0	2,178 ab
C1	1,958 b
C2T	2,364 ab
C2V	2,323 ab
C3T	2,470 ab
C3V	2,670 ab
C4	2,809 a
P valor	0,082

Les xifres seguides de diferent lletra difereixen significativament segons el test de Tukey-Kramer ($P < 0.05$).

3.4. Contingut d'antocians

Mitjançant l'equació de la llei de Wien, es varen transformar els valors d'absorbància mesurada en el contingut d'antocians expressat en nmols/cm² de pell.

El contingut d'antocians presents a la pell de pomes afectades per diferents graus d'afectació per cop de sol es mostrarà estadísticament significatiu, apreciand-se una tendència a disminuir el contingut d'antocians en funció del cop de sol sofert per la poma.

La concentració d'antocians de la classe C1, pomes sense cop de sol, va ser significativament més alt, 6.035 nmols/cm² al de la classe C4 amb 2.961 nmols/cm². Les pomes sense cop de sol o graus lleuger del mateix, classe C0 i C2V van mostrar valors més alts d'antocians, 6.0 i 4.4 nmols/cm², que les pomes afectades en les classes C2T, C3T i C3V, 3.8, 4.0 i 4.1 nmols/cm² respectivament, si bé els valors no van ser significativament diferents entre ells (taula 8).

Les pomes amb un grau d'afectació de cop de sol molt baix o nul, mostraren uns nivells de concentració d'antocians molt elevats. Així mateix, les pomes classificades amb un nivell de severitat de cop de sol molt elevat, mostraren una menor concentració d'antocians a la superfície de la seva pell. Es va observar doncs, una disminució en el contingut d'antocians de la pell del fruit a mesura que augmentava el grau d'afectació al cop de sol.

Taula 8. Quantitat d'antocians presents en la pell de pomes amb diferent grau de cop de sol.

Classes de severitat del cop de sol	Antocians (nmol/cm²)
C0	5,808 ab
C1	6,035 a
C2T	3,868 bc
C2V	4,407 abc
C3T	4,061 abc
C3V	4,177 abc
C4	2,961 c
P valor	0,265

Les xifres seguides de diferent lletra difereixen significativament segons el test de Tukey-Kramer ($P < 0.05$).

3.5. Relació Antocians – Carotens

El contingut de carotens i antocians de les pomes analitzades no s'ajustà a una relació lineal, donada l'elevada dispersió dels punts, variant la relació entre aquests continguts en funció del grau de cop de sol sofert per la poma (figura 25).

La forma en la distribució dels punts de la relació no indicava una transformació dels pigments, antocians per carotens, sinó a una destrucció dels pigments cap a altres compostos no identificats en aquest treball.

Les pomes poc afectades pel cop de sol, classificades com a C0 i C1, no presentaren la relació lineal entre els continguts de carotens i antocians, els punts d'intersecció dels continguts es distribuïen verticalment en paral·lel a l'eix d'ordenades. Per aquestes mostres el contingut de carotens era molt homogeni, oscil·lava entre 1 i 3 nmol/cm², mentre els antocians variaven entre 2 i 12 nmol/cm². La relació per les pomes amb un grau d'afectació elevat de cop de sol (C3 i C4), tampoc s'ajustava a una relació lineal i els punts es distribuïen horitzontalment en paral·lel a l'eix de les abscisses. La concentració de carotens oscil·lava entre 1 i 5 nmol/cm², mentre la d'antocians entre 1 i 4 nmol/cm².

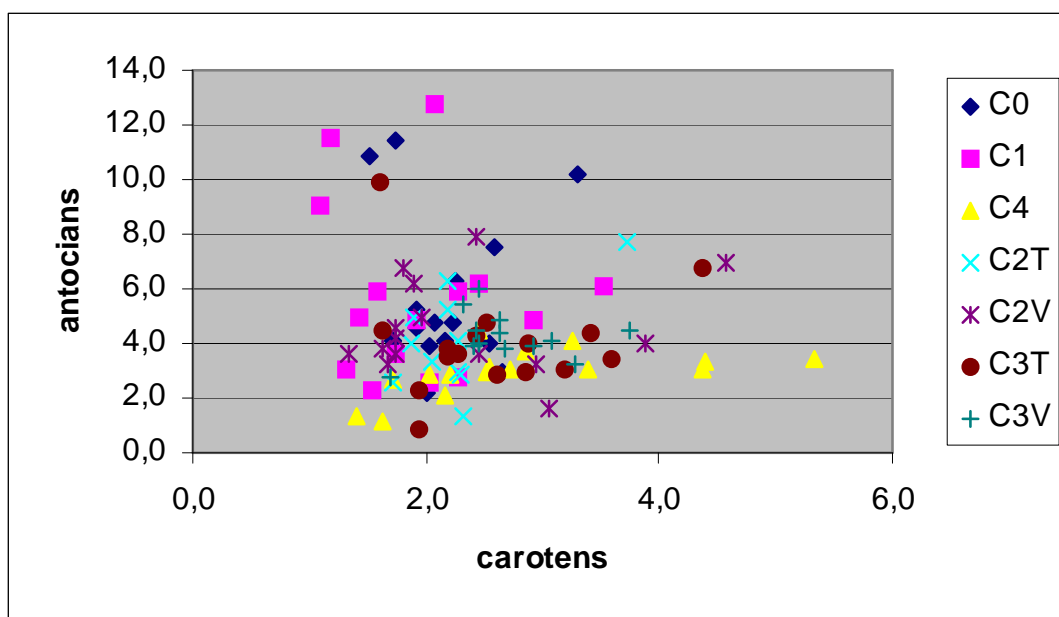


Figura 25. Relació de carotens i antocians presents en la pell de pomes agrupades en classes de severitat de cop de sol.

L'índex antocians / carotens va ser significativament diferent en funció de les classes de cop de sol. Els valors més alts s'obtingueren en pomes sense afectació per cop de sol, classes C0 i C1 amb índex 2,8 i 3,4 respectivament, els més baixos van ser els de les pomes més afectades. En les diferents classes es comprovà una distribució significativa, especialment en la classe C1 i C4 (figura 26).

Es va observar com aquesta relació augmentava en aquelles mostres amb un grau d'afectació al cop de sol molt baix, on hi havia una concentració d'antocians elevada i una concentració de carotens més baixa. Així mateix, en les mostres amb un grau d'afectació al cop de sol més elevat, aquesta relació disminuïa ja que el contingut d'antocians era més baix i el de carotens més elevat.

La variació d'aquesta relació es va produir principalment a causa de la important disminució d'antocians en les diferents classes.

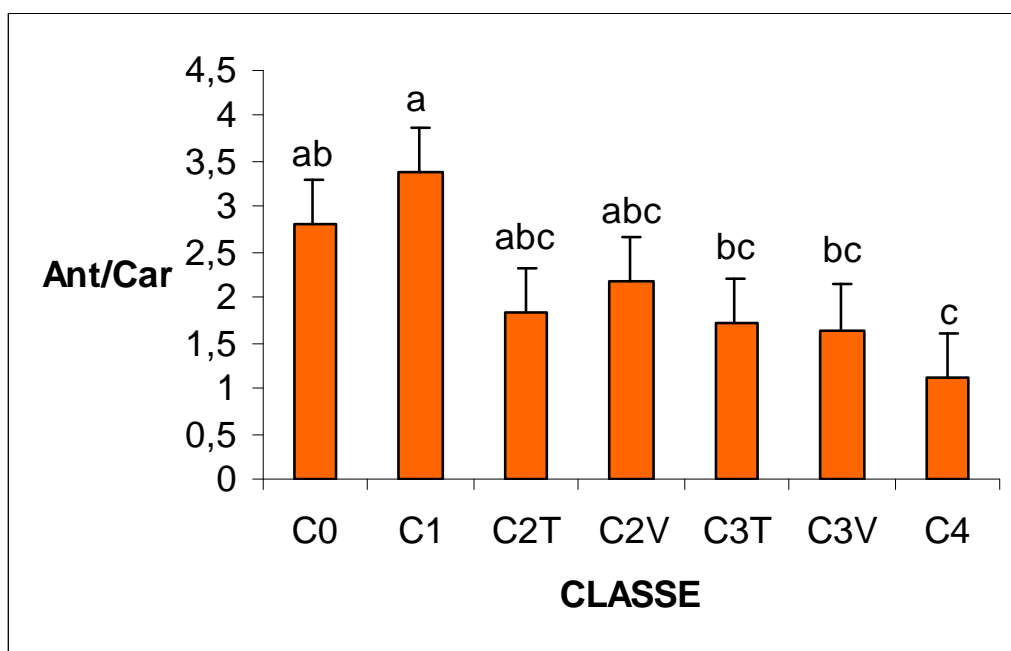


Figura 26. Resultat de l'índex antocians / carotens de les diferents classes de severitat del cop de sol.

El contingut de carotens en les diferents classes va oscil·lar molt poc (2-2.8 nmols/cm²), i per tant la concentració d'aquests no va ser tant significativa. Per altra banda, la disminució del contingut d'antocians es va produir per la seva destrucció a mesura que augmentava el grau de cop de sol.

4. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

Els resultats obtinguts en aquest treball mostren principalment l'evolució de clorofil·les, carotens i antocians presents en la pell de 126 pomes, classificades en diferents graus d'afectació per cop de sol.

La majoria dels investigadors coincideixen en què les principals causes del cop de sol de la poma, són l'exposició prolongada dels fruits a una alta radiació solar i a temperatures elevades (Bergh et al., 1980; Wilton, 1994; Andrews i Johnson, 1997; Yuri et al., 1996). Així, el cop de sol es produeix quan la temperatura de l'aire supera els 30 °C, i el dany es pot generar durant un sol dia d'exposició, arribant la pell a una temperatura de 50 °C (Bergh et al., 1980). En aquestes circumstàncies el contingut de pigments de les pomes, pateix canvis específics i direccionals, en el curs del creixement i desenvolupament del fruit, durant l'adaptació a condicions ambientals desfavorables i sota situacions d'estrès i d'afectació al cop de sol (Merzlyak et al., 2002).

L'any 2003 en el qual es va realitzar l'estudi, es donaren condicions meteorològiques a la zona de producció de Girona favorables a que es produís un elevat nombre de pomes afectades pel cop de sol (figures 11 i 15). Els anàlisis realitzats a pomes "Fuji" amb diferent grau d'afectació van permetre apreciar variacions notables en els continguts dels principals pigments de la pell.

Es va observar que substancialment el contingut de clorofil·les *a* i *b* no variava a mesura que augmentava el grau d'afectació del cop de sol (taula 6). Cal destacar que el contingut de clorofil·les és el responsable del color verd dels fruits i que aquest també disminueix progressivament al llarg de la maduració, de manera que en pomes recol·lectades els continguts haurien disminuït substancialment pel procés natural de maduració. No obstant, Wünsche et al., 2001 en un treball en pomes vermelles constata una reducció significativa en les concentracions de clorofil·les *a* i *b* a mesura que es bronzeja la pell del fruit degut a una fotodecoloració de les mateixes. Autors d'altres estudis han observat com tant en pomes de varietats verdes com en vermelles, es produïa una disminució elevada en

el contingut de clorofil·les al comparar pomes lliures i afectades de cop de sol. Així, es produí una disminució des de 6.98 nmols/cm² a 1.96 nmols/cm² en pomes afectades pel cop de sol de la varietat “Renet Simirenko”, essent aquesta una varietat vermella (Merzlyak et al., 2002). El contingut lleugerament superior de clorofil·les en la pell de les fruites que contenen antocians es deu probablement a una funció fotoprotectora dels antocians, que redueixen el perill del dany foto oxidatiu a través de la limitació de la quantitat de llum absorbida per la clorofil·la. (Gould et al., 2000; Merzlyak i Chivkunova, 2000; Pietrini et al., 2002).

Pel que fa al contingut de carotens, s’observà un augment lleuger i progressiu d’aquests a mesura que augmentava el grau d’afectació al cop de sol en les pomes estudiades (taula 7).

Altres estudis no han observat el mateix, en pomes verdes, varietat “Granny Smith” i vermelles, “Renet Simirenko” el cop de sol ha provocat la destrucció de carotens de la pell de les pomes (Merzlyak et al., 2002).

Les zones afectades pel cop de sol, s’identifiquen amb una taca de contorn irregular, que pot variar d’un color groc fins a un to marronós, la qual és present en la cara exposada del fruit (es produeix una decoloració de la porció de la pell) (Raffo, 2004).

Així doncs, l’augment de carotens es fa visible en la pell de les pomes afectades pel cop de sol ja que els carotens són els pigments responsables de donar un color groc-marronós al fruit.

Per altra banda, s’ha observat que existeixen canvis significatius en la composició dels carotens durant la maduració del fruit (Merzlyak et al., 2001).

Wünsche et al. (2001) varen determinar que l’augment de la concentració de carotens en pomes vermelles pot representar un mecanisme de protecció d’aquests cap a la radiació solar i a les altes temperatures.

Pel que fa al contingut d’antocians presents a la pell de les pomes afectades pel cop de sol, s’aprecià una disminució molt important d’aquests en les pomes que mostraren un grau d’afectació més elevat (taula 8).

En altres estudis, s’observà que en els nivells més alts de cop de sol els flavonoids (antocians) disminuïen, indicant una degradació amb l’inici del dany solar (Wünsche et al., 2001).

Marais et al. (2001) va observar que sota una irradiació elevada i a una temperatura de 37 °C, es va reduir el contingut d'antocians a la meitat en pomes de la varietat "Royal Gala", produint una pèrdua del color vermell. En contrast amb aquests resultats, la llum no va ser un requisit per la degradació d'antocians, encara que aquesta augmentava l'índex de degradació d'antocians i la pèrdua de color de les pomes (Steyn et al., 2004).

El fet que la variació del contingut de carotens, en les diferents classes de pomes, fos més limitada que la variació del contingut d'antocians en aquestes, va provocar, que l'índex de relació entre antocians / carotens mostrés una evolució decreixent significativa.

Igualment, la manca d'homogeneïtat entre els valors de concentració de cada un dels pigments, en les diferents mostres corresponents a cada classe d'afectació al cop de sol, va fer que no existís una relació lineal entre ells tal com s'observa en la figura 25.

La metodologia utilitzada en aquest estudi, per analitzar el contingut de pigments de la pell de la poma, utilitzant espectrofotometria, pot produir la destrucció de teixits. A més, és una tècnica lenta que requereix la utilització de diferents aparells. L'extracció de pigments pot ser incompleta i pot provocar la presència de impureses que absorbeixen la llum (Merzlyak et al., 2002).

La valoració no destructiva del contingut de pigments mitjançant mètodes òptics com el NIR, és una alternativa atractiva ja que permet la realització de mesuraments més ràpids sobre un nombre major de mostres, les quals queden intactes i poden ser utilitzades en altres anàlisis.

5. CONCLUSIONS

Les conclusions que es deriven en aquest projecte són les següents:

1. El contingut de clorofil·la *a* i clorofil·la *b* present en les diferents mostres de pomes, classificades en funció del grau d'afectació al cop de sol, no va mostrar una evolució significativa, tot i que es va observar que aquesta concentració presentava una certa disminució a mesura que el grau d'afectació al cop de sol augmentava. Els valors oscil·laren aproximadament entre 1.6 i 1.5 nmols/cm² en la clorofil·la *a* i entre 1.1 i 1.18 nmols/cm² en la clorofil·la *b*.
2. El contingut de carotens mostrà una evolució creixent a l'incrementar el grau de cop de sol en les mostres estudiades. Els valors oscil·laren entre 2 nmols/cm² en les mostres sense cop de sol (classes C0 i C1) i 2.8 nmols/cm² en les mostres amb un elevat grau de cop de sol (classes C3 i C4).
3. Els antocians, mostraren una evolució decreixent al incrementar el grau de cop de sol en les mostres estudiades. Es varen mostrar valors propers a 6 nmols/cm² en pomes amb un grau d'afectació al cop de sol nul o gairebé nul (C0 i C1) mentre que en pomes amb un elevat grau de cop de sol (classe C3 i C4) el contingut d'antocians disminuï cap a valors propers a 3 nmols/cm².
4. La variació en el contingut d'antocians i carotens de les diferents mostres de cada classe d'afectació per cop de sol, no s'ajustà a una relació lineal, variant la relació d'aquests continguts en funció del grau de cop de sol sofert per la poma.
5. L'índex antocians / carotens, va mostrar una evolució significativa degut a la important variació dels valors de concentració d'antocians en les diferents classes estudiades. Per altra banda, la variació dels valors de concentració de carotens en les diferents classes, va ser poc important i per tant no va mostrar una influència prou significativa en aquesta evolució.

6. BIBLIOGRAFIA

Andrews, P. 1997. Cures for Fuji sunburn may have side effects. Good Fruit Grower, January: 28.

Andrews, P.K. i Johnson, J.R. 1997. Apple fruit a unique model system for studying photooxidative stress. In: Proceedings of 3rd international conference on oxygen, free radicals and environmental stress in plants, 15-18 September 1997, Pisa, Italy,68.

Baugher, T.A.; Hogmire, H.W.; Lightner,T. 1990. Determining apple packout losses and impact of profitability. Applied Agric. Res. 5:23.

Bergh O., J. Franken, E.J. Van Zyl, F. Kloppers, A. Dempers. 1980. Sunburn on apples-preliminary results of and investigation conducted during the 1978/79 season. Delicious Fruit Grower 30: 8-22.

Carbó,J., M. Casals, I. Iglesias, J.M. Pagès, J. Bonany. 2004. El cop de sol en pomera: causes i control.

Catalonia Qualitat Prognosfruit, 2004. Informe de produccions de la Unió Europea 2004.

Crasweller, R.M.; Hollendar, R.A., 1989. Consumer evaluations of 'Delicious' apple strains. Fruit Varieties Journal, 43: 139-142.

Del Campo, I. 2004. La nueva Europa se pone en marcha. Laboreo, Revista de Agricultura y Mecanización, nº 414 mayo del 2004.

Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Inventari fructícola de Catalunya. [en línia] 2003 ; [consulta 20/12/2007].

Accesible a: <http://www.gencat.net/darp/c/camp/invfruct/invfru02.htm>

Echeverría, G., 2003. Evaluación instrumental y sensorial de la calidad en manzanas "Fuji" durante su maduración en campo y posterior almacenamiento en atmósfera controlada. Tesis Doctoral, ETSEA Udl.

Glenn, D.E. Prado, A. Erez, J. McFerson, G. Puterka. 2002. A reflective, processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127 (2): 188-193.

Godrie, P.D., 1982. Kleur en smack van 'Jonagold'. Fruitteelt, 45: 1314-1316.

Gould, K.J., Markham, K.R., Smith, R.H., Goris, J.J. 2000. Functional role of anthocyanins in the leaves of *Quintinia serrata* A. Cunn. Journal of Experimental Botany 51, 1107-1115.

Graell, J.; Iglesias, I.; Marti, R., 1993. Evaluación objetiva del color superficial en manzanas rojas del grupo 'Red Delicious'. Comunicación presentada al III Symposium Nacional sobre maduración y postrecolección de frutas y hortalizas. Sevilla, 3-5 de Junio de 1993.

Iglesias, I. 1996. Influencia del material vegetal y del riego por aspersión de variedades rojas de manzana (*Malus domestica* Borkh). Tesis Doctoral. Universitat de Lleida.

Iglesias, I., Carbó, J., Bonany, J., Dalmau, R., Guanter, G., Montserrat, R., Moreno, A., Pagès, J.M., 2000. Pomera. Les varietats de més interès 2000. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària.

Institut de recerca i tecnologia agroalimentària. Evolució de la producció mundial de les principals varietats de poma. . [en línia] 2000; [consulta 20/02/2008].

Accessible a: <http://www.irta.es>

Lancaster, J.E., 1992. Regulation of skin color in apples. Critical reviews in Plant Sciences, 10 (6): 487-502.

Lichtenthaler, H.K.,1987. Chlorophyll and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes, *Methods Enzymol.*,vol.148, pp.331-382.

Llasat, C., 1997. *Meteorologia agrícola i forestal a Catalunya*. DARP, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

Mapa. 2000. Boletín mensual de Estadística. Junio 2000. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Mayles, K., 1989. Optimizing red color development. *Proc. Wash. State Hortic. Assoc.*, Wenatchee, Wash.: The association (85 th); pàg.186.

Marais, F., G. Jacobs, and D.M. Holcroft.2001. Postharvest irradiation enhances anthocyanin synthesis in apples but not in pears. *HortScience* 36:738-740.

Merzlyak, M.N. i Chivkunova, O.B. 2000. Light-stress-induced pigment change and evidence for anthocyanin photoprotection in apples. *Journal of Photochemistry and Photobiology B55*, 154-162.

Merzlyak, M.N., Solovchenko, A.E., Chivkunova, O.B.2001. Patterns of pigment changes in apple fruits during adaptation to high sunlight and sunscald development.

Merzlyak, M.N., Gitelson, A.A., Chivkunova, O.B., Solovchenko, A.E., and Pogosyan.2002. Application of reflectance spectroscopy for analysis of higher plant pigments.

Parchomchuk, P., M. Meheriuk. 1996. Orchard cooling with pulsed overtree irrigation to prevent sol injury and improve fruit quality of 'Jonagold' apples. *HortScience*, 31: 802-804.

Pietrini, F., Iannelli, M.A., Massacci,A. 2002. Anthocyanin accumulation in the illuminated surface of maize leaves enhances protection from photo-inhibitory risks at low temperature, without further limitation to photosynthesis. *Plant, Cell and Environment* 25, 1251-1259.

Raffo, D. 2004. Efecto de las altas temperaturas sobre la calidad de los frutos. Rompecabezas tecnológico/INTA EEA Alto Valle. 10 (40):12-16.

Saure, M. 1990. External control of anthocyanin formation in apple. *Scientiae Horticulturae*, nº 42, pàg. 181-218.

Schrader, 2001. Two types of sunburn in apple caused by high fruit surface (peel) temperature. Online. *Plant Health Progress* doi: 10.1094/PHP-2001-1004-01-RS.

Schumacer, R.; Stadler, W., 1985. Einflu der Fruchtfarbe und verschiedener Ausdünnungs methoden auf die Fruchtqualität. *Schweiz. Z. Obst. Weinbau*, 121:478-483.

Servei Meteorològic de Catalunya. Resums meteorològics per estació de l'any 2003 [en línia] 2003; [consulta 20/03/2008].

Accessible a: http://www.meteocat.com/marcs/marcos_historia/marcs_dades.htm

Smith, H.M., Frye, R.E., 1964. How color of 'Red delicious' apples affects their sales. U.S. Dept. Agr. Mktg. Res. Rpt; pàg.618.

Steyn, W.J., D.M. Holcroft, S.J.E. Wand, and G.Jacobs. 2004. Anthocyanin degradation in detached pome fruit with reference to preharvest red color loss and pigmentation patterns of blushed and fully red pears. *Soc. Hort. Sci.* 129 (1): 13-19.

Wilton, J. 1994. Managing the sunburn problem. *The Orchardist*. Noviembre: 19-21.

Wünsche, J.N., D.H. Greer, J.W. Palmer, A.Lang, T.McGhie. 2001. Sunburn- the cost of a high light environment. *Acta Hort.* 557, p.349-356.

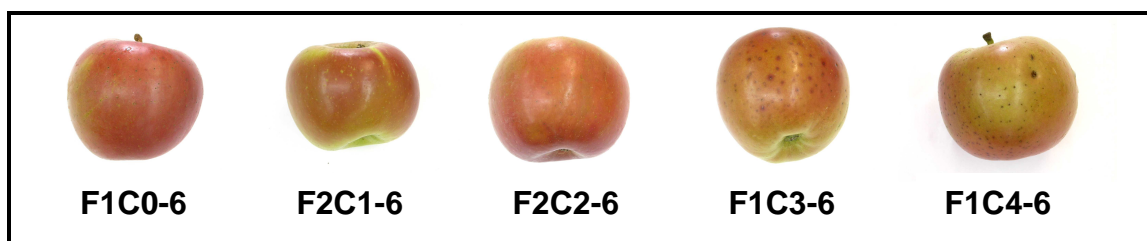
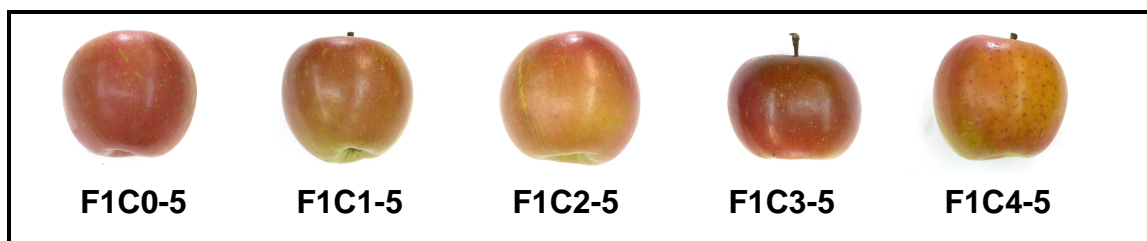
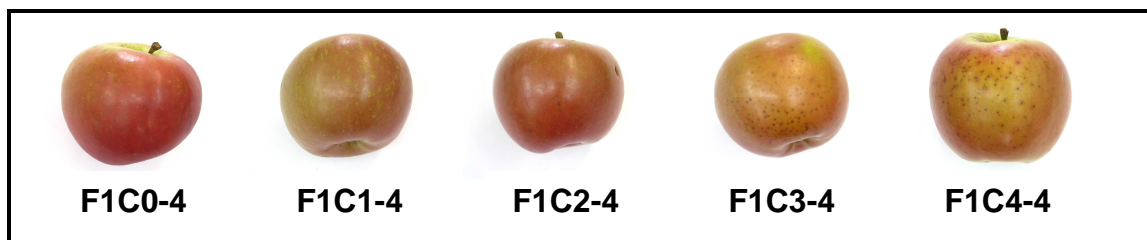
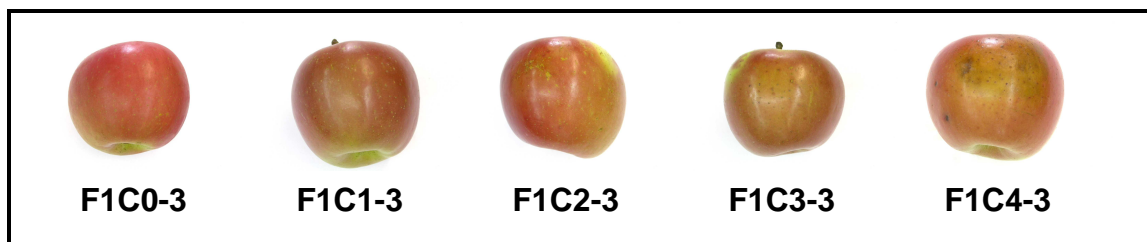
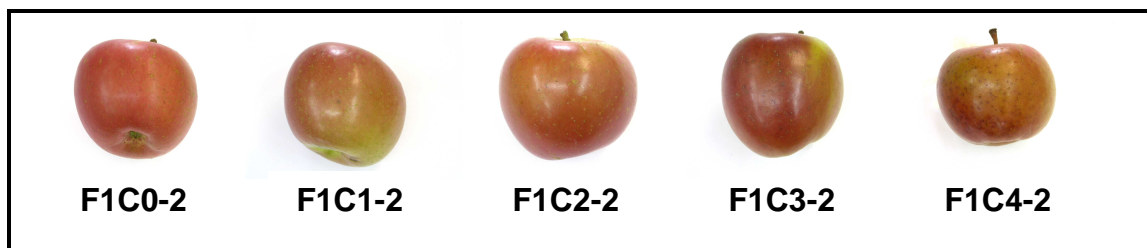
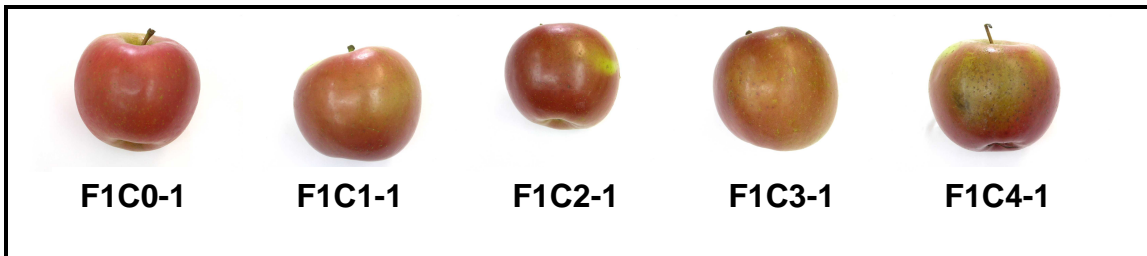
Wünsche, J.N., J. Bowen, I. Ferguson, Allan Woolf, T. McGhie. 2004. Sunburn on apples – causes and control mechanisms.

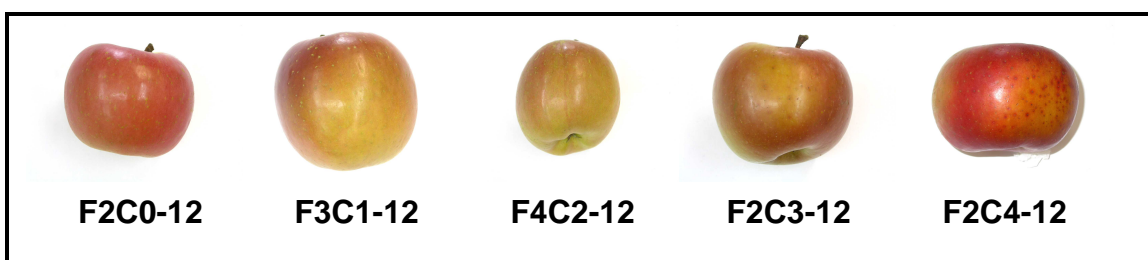
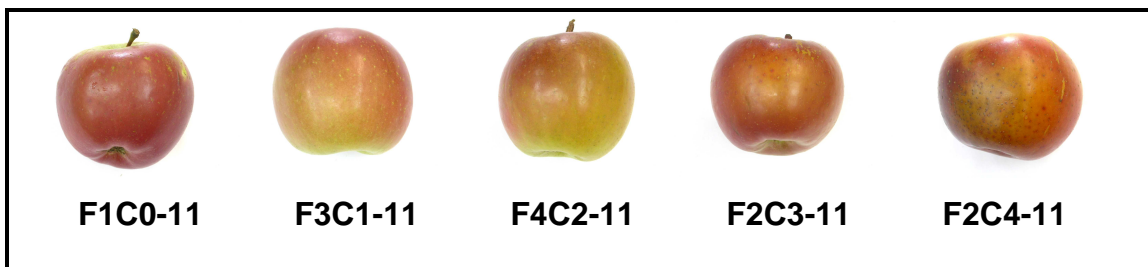
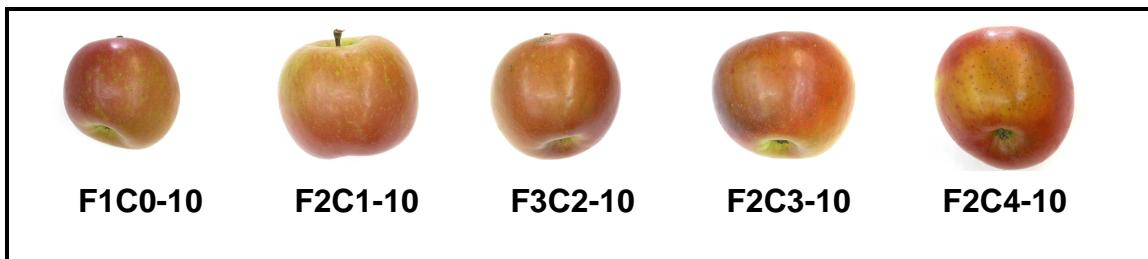
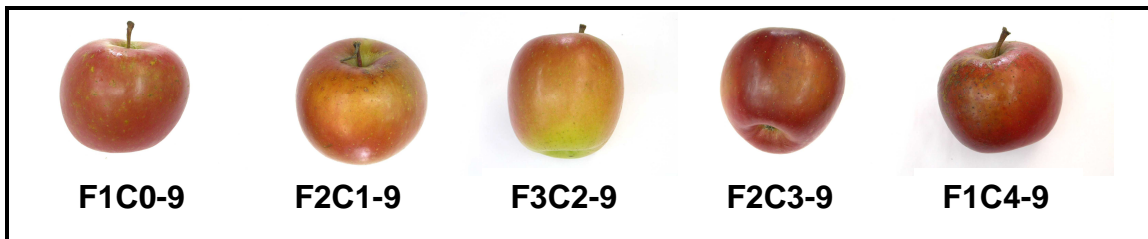
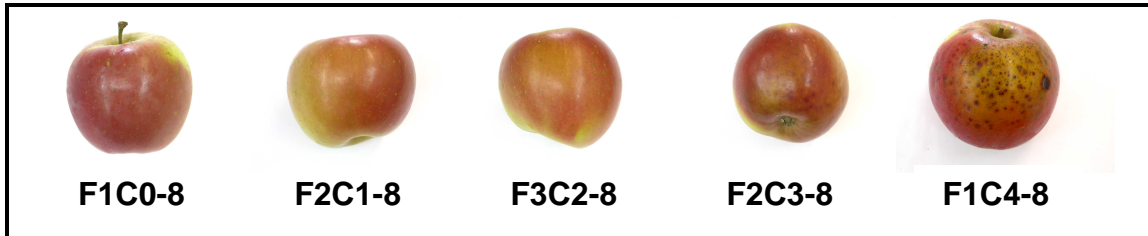
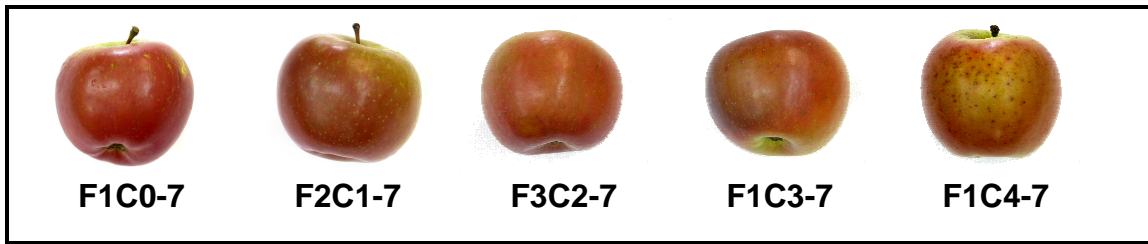
Yuri, J., Torres, C., Bastías, R., Neira, A. 2000. Golpe de sol en manzanas. Factores inductores y respuestas bioquímicas. *Agrociencia*. 16 (1): 23:32.

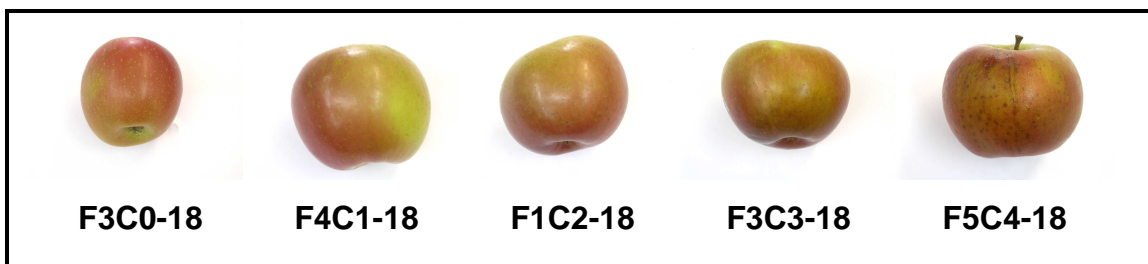
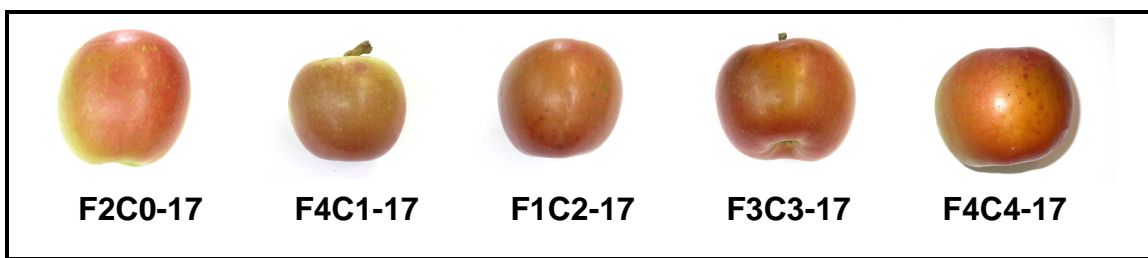
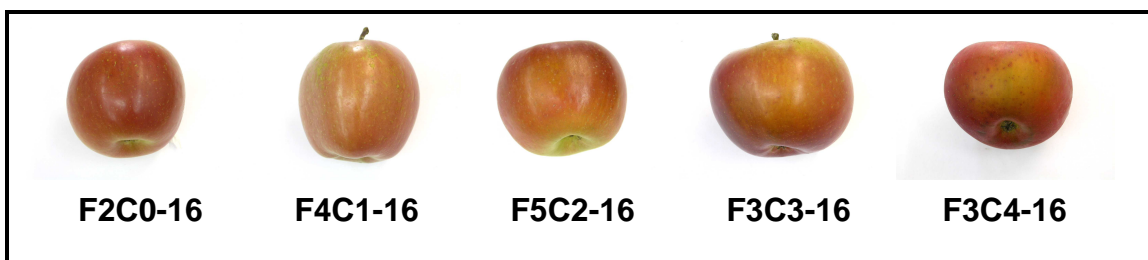
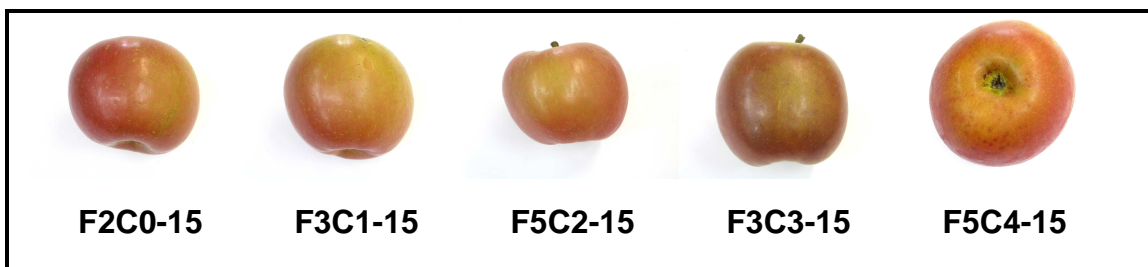
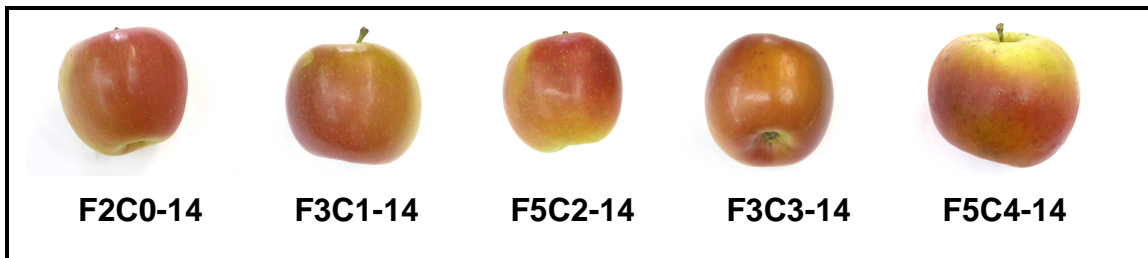
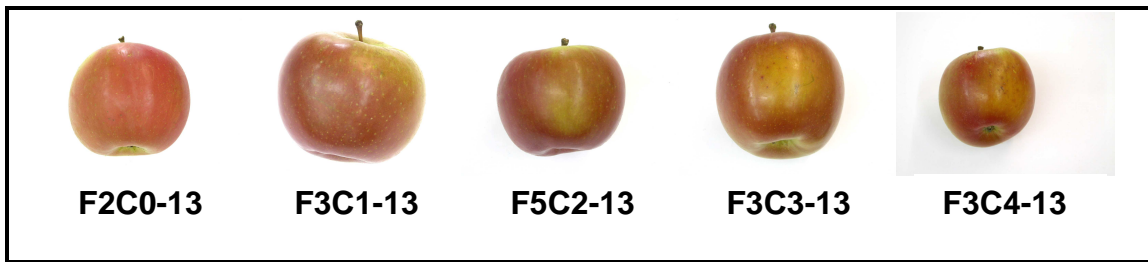
Yuri, J.A., Torres, C., Vazquez, J. And Vazquez, J.L.1996. Golpe de sol. La Experiencia Chilena. P. 75-101. En: Yuri, J.A., Moggia,C. Y Torres, C. Eds. Coloquio en Pomáceas: Golpe de sol, machucón, escaldado. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca. 101p.

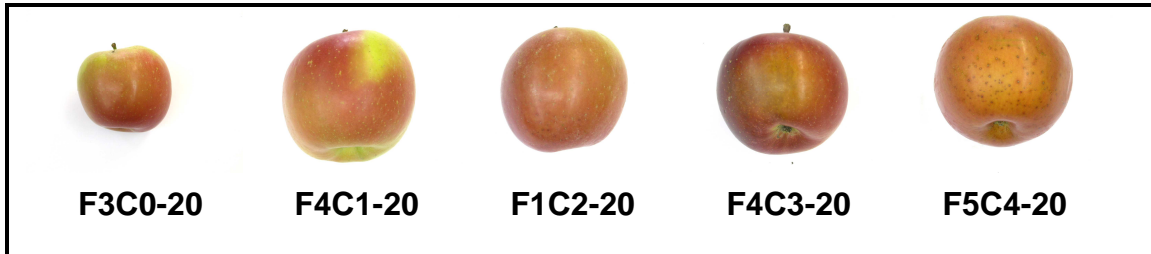
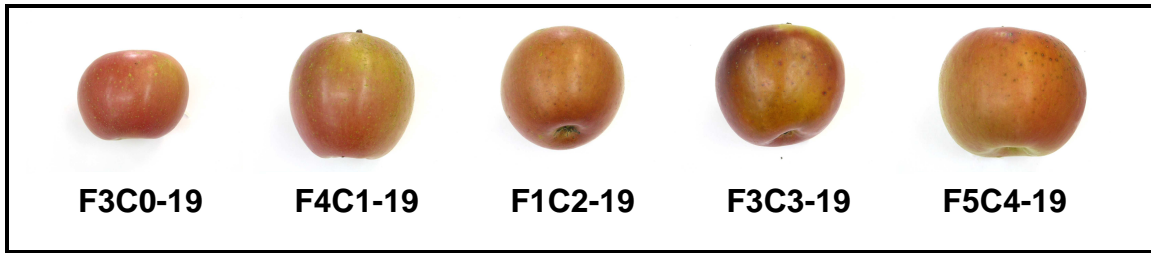
7. ANNEXOS

Annex 1. Relació de les pomes estudiades en aquest projecte ordenades per finques (F), classe de severitat de cop de sol (C) i nombre de repetició.









Annex 2. Mitjanes obtingudes en les lectures de l'absorbància i el seu coeficient de variació.

Taula Metanol:

Classe	Nº Poma	Absor.(530) Antocians	Absor. (530) Antocians filtrats	Coef. Var. Antocians	Coef. Var. Antocians filtrats
C0	1	0,245	0,0536	0	1,075
C0	2	0,235	0,1165	0,300	0,606
C0	3	0,142	0,044	0	0
C0	4	0,243	0,063	0,290	1,113
C0	5	0,355	0,321	0,398	0,440
C0	6	0,208	0,078	0	0
C0	8	0,191	0,099	0	1,428
C0	9	0,133	0,139	0,529	0
C0	10	0,293	0,060	1,204	0
C0	11	0,276	0,252	0	0,280
C0	12	0,785	0,073	0	0
C0	13	0,902	0,084	0	0,836
C0	14	0,294	0,089	0	0
C0	15	0,390	0,079	0,362	0
C0	16	0,095	0,097	0	1,457
C0	17	0,465	0,078	0,608	0
C0	18	0,286	0,091	0	0,772
C1	1	0,147	0,056	1,791E-06	0
C1	2	0,352	0,030	0	0
C1	3	0,185	-0,024	0,381	0
C1	4	0,810	0,083	1,832	0
C1	5	0,221	0,088	0	0
C1	6	0,283	0,078	0,499	0
C1	7	0,149	0,029	0	2,396
C1	8	0,698	0,083	0	0
C1	9	0,325	0,071	0	0
C1	11	0,578	0,097	0,366	0,725
C1	12	0,353	0,068	0,801	0
C1	13	0,106	0,096	0	0

Classe	Nº Poma	Absor.(530) Antocians	Absor. (530) Antocians filtrats	Coef. Var. Antocians	Coef. Var. Antocians filtrats
C1	14	0,359	0,083	2,363	0
C1	15	0,270	0,077	0	0,912
C1	16	0,761	0,066	0,278	0
C1	17	0,316	0,074	0,223	1,911
C1	18	0,229	0,078	0,308	0
C2T	1	0,163	0,083	0,613	1,586E-06
C2T	2	0,062	0,013	0	0
C2T	3	0,371	-0,024	0	0
C2T	4	0,198	0,083	0	0
C2T	5	0,189	0,076	0,373	0
C2T	6	0,407	0,073	0,694	0
C2T	7	0,067	0,038	3,948	0
C2T	8	0,141	0,079	0	0
C2T	9	0,086	0,071	0,817	0
C2T	11	0,087	0,089	0,808	0,790
C2T	12	0,892	0,068	0	0
C2T	13	0,103	0,107	0	0,657
C2T	14	0,158	0,218	1,338	0,323
C2T	15	0,229	0,084	0	0
C2T	16	1,096	0,076	0,516	0
C2T	17	0,122	0,239	0	0
C2T	18	0,132	0,078	0	0
C2V	1	0,184	0,050	0,626	1,139
C2V	2	0,160	0,226	0,440	1,251
C2V	3	0,112	-0,028	0	-2,481
C2V	4	0,195	0,086	0	0,817
C2V	5	0,178	0,088	1,589	0
C2V	6	0,272	0,083	0	0,846
C2V	7	0,090	0,041	0,639	0
C2V	8	0,282	0,106	0	0,663
C2V	9	0,125	0,081	0	0
C2V	11	0,117	0,163	0	0,432
C2V	12	0,385	0,066	0	0

Classe	Nº Poma	Absor.(530) Antocians	Absor. (530) Antocians filtrats	Coef. Var. Antocians	Coef. Var. Antocians filtrats
C2V	13	0,136	0,122	0	0
C2V	14	0,168	0,096	0	0
C2V	15	0,218	0,087	0,323	1,625
C2V	16	0,164	0,092	0	1,537
C2V	17	0,269	0,090	0	1,571
C2V	18	0,222	0,090	0	0
C3T	1	1,839	0,070	5,299	0
C3T	2	0,096	0,027	0	0
C3T	3	0,093	-0,024	0	0
C3T	4	0,171	0,142	0,412	0
C3T	5	0,132	0,100	0	0
C3T	6	0,664	0,088	0,212	0
C3T	7	0,379	0,046	0,548	0
C3T	8	0,218	0,161	0	0
C3T	9	0,098	0,081	0	0
C3T	11	0,182	0,088	0,387	0
C3T	12	0,123	0,094	5,153	0
C3T	13	0,161	0,093	0	0
C3T	14	0,156	0,082	0	0
C3T	15	0,134	0,091	0,525	0,772
C3T	16	0,100	0,076	0	0
C3T	17	0,105	0,105	0	0
C3T	18	0,088	0,090	0	0
C3V	1	0,158	0,041	0	1,606E-06
C3V	2	0,188	0,040	0	0
C3V	3	0,172	-0,034	0	0
C3V	4	0,083	0,078	0	0
C3V	5	0,107	0,108	0	0
C3V	6	0,127	0,076	1,113	0
C3V	7	0,278	0,108	0,945	0
C3V	8	0,362	0,117	0,390	0
C3V	9	0,212	0,083	0	0,846
C3V	11	0,179	0,106	0	0

Classe	Nº Poma	Absor.(530) Antocians	Absor. (530) Antocians filtrats	Coef. Var. Antocians	Coef. Var. Antocians filtrats
C3V	12	0,150	0,097	0	0
C3V	13	0,092	0,092	0	0
C3V	14	0,171	0,169	0,412	0,417
C3V	15	0,187	0,096	0,377	0
C3V	16	0,133	0,086	1,063	0
C3V	17	0,178	0,101	0,396	0
C3V	18	0,098	0,088	0	0
C4	1	0,093	0,108	1,636	0,531
C4	2	0,125	0,0425	0	1,663
C4	3	0,089	-0,024	1,589	0
C4	4	0,143	0,083	0,988	0
C4	5	0,122	0,088	0,577	0
C4	6	0,13	0,079	0	0
C4	7	0,076	0,019	1,506	0
C4	8	0,228	0,116	0	0,606
C4	9	0,117	0,086	0	0,817
C4	11	0,106	0,106	0	0
C4	12	0,083	0,080	0	0
C4	13	0,096	0,087	0	0
C4	14	0,100	0,089	0	0
C4	15	0,174	0,097	0,812	0,725
C4	16	0,110	0,091	0	0
C4	17	0,111	0,088	0	0
C4	18	0,106	0,098	0	0

Taula Cloroform:

Classe	Nº Poma	Absor. (665,6nm)	Absor. (647,6nm)	Absor. (480nm)	Coef. Var. (665,6nm)	Coef. Var. (647,6nm)	Coef. Var. (480nm)
C0	1	0,251	0,132	0,411	0,199	1,636	0,460
C0	2	0,379	0,183	0,632	3,774	7,752	2,041
C0	3	0,364	0,156	0,668	1,014	2,725	0,462
C0	4	0,280	0,143	0,463	1,705	3,141	0,871
C0	5	0,465	0,237	0,670	1,220	2,601	0,704
C0	6	0,456	0,215	0,698	0,328	1,104	0,143
C0	8	0,311	0,172	0,508	2,520	4,675	2,727
C0	9	0,224	0,120	0,470	1,377	2,834	0,501
C0	10	1,769	1,648	1,999	0,174	2,834	0,118
C0	11	0,338	0,167	0,588	3,075	6,019	1,376
C0	12	0,153	0,106	0,416	1,789	2,942	0,449
C0	13	0,181	0,099	0,518	1,713	2,518	0,427
C0	14	0,178	0,1	0,516	0	0	0
C0	15	0,204	0,134	0,559	1,755	2,311	0,252
C0	16	0,186	0,103	0,45	0,536	0	0
C0	17	0,381	0,347	0,744	22,234	25,254	17,121
C0	18	0,214	0,120	0,469	0,381	1,437	0,363
C1	1	0,198	0,106	0,290	0,481	0,470	0,563
C1	2	0,281	0,168	0,450	0,845	1,412	0,362
C1	3	0,319	0,145	0,536	0,903	1,621	0,443
C1	4	0,238	0,135	0,344	2,595	3,739	1,627
C1	5	0,257	0,157	0,413	3,658	6,575	1,457
C1	6	0,257	0,140	0,541	3,286	7,947	1,674
C1	7	0,149	0,067	0,335	0,386	1,390E-06	0,172
C1	8	0,204	0,131	0,418	3,080	5,049	4,756
C1	9	0,082	0,059	0,283	0,604	3,450	0,176
C1	11	0,322	0,212	0,613	8,691	12,550	3,935
C1	12	0,258	0,137	0,830	0,740	2,407	0,180
C1	13	0,289	0,14	0,552	0,489	0,884	0

Classe	Nº Poma	Absor. (665,6nm)	Absor. (647,6nm)	Absor. (480nm)	Coef. Var. (665,6nm)	Coef. Var. (647,6nm)	Coef. Var. (480nm)
C1	14	0,170	0,096	0,518	0,338	0,516	0,157
C1	15	0,178	0,109	0,492	0,280	1,297	0,101
C1	16	0,211	0,117	0,466	0,610	0	0,205
C1	17	0,674	0,570	1,038	3,526	2,933	1,950
C1	18	0,310	0,175	0,557	1,466	2,840	0,997
C2T	1	0,409	0,283	0,593	7,294	10,156	4,664
C2T	2	0,530	0,425	0,763	10,600	12,490	5,508
C2T	3	0,227	0,103	0,606	2,745	5,137	0,788
C2T	4	0,434	0,308	0,644	6,023	7,618	2,299
C2T	5	0,219	0,146	0,381	14,917	18,595	0,654
C2T	6	0,262	0,138	0,682	1,601	3,145	0,565
C2T	7	0,233	0,104	0,672	1,287	0	0,374
C2T	8	0,245	0,137	0,552	0,577	1,088	0,271
C2T	9	0,475	0,433	0,749	1,753	1,808	1,006
C2T	11	0,140	0,083	0,324	1,575	3,457	0,682
C2T	12	0,172	0,103	0,433	1,574	2,299	0,549
C2T	13	0,278	0,140	0,615	0,538	0,356	0,081
C2T	14	0,205	0,126	0,628	2,192	4,209	0,494
C2T	15	0,153	0,086	0,421	1,600	2,002	0,136
C2T	16	0,204	0,119	0,721	0,468	2,196	0,178
C2T	17	0,301	0,154	0,554	0,813	1,620	0,270
C2T	18	0,327	0,185	0,551	0,807	1,419	0,815
C2V	1	0,184	0,104	0,325	1,037	2,077	0,396
C2V	2	0,276	0,154	0,436	0,952	1,437	0,675
C2V	3	0,313	0,144	0,736	3,295	7,068	1,416
C2V	4	0,289	0,149	0,472	0,692	1,342	0,317
C2V	5	0,244	0,166	0,412	5,908	9,319	2,823
C2V	6	0,820	0,725	1,372	10,728	9,872	3,959
C2V	7	0,756	0,663	1,017	18,277	20,685	16,256
C2V	8	0,209	0,129	0,408	1,882	2,609	1,006

Classe	Nº Poma	Absor. (665,6nm)	Absor. (647,6nm)	Absor. (480nm)	Coef. Var. (665,6nm)	Coef. Var. (647,6nm)	Coef. Var. (480nm)
C2V	9	0,155	0,088	0,392	0,614	3,747	0,524
C2V	11	0,222	0,126	0,624	3,185	5,968	1,366
C2V	12	0,161	0,091	0,441	0	1,643	0,130
C2V	13	0,259	0,132	0,610	0,385	0,754	0,081
C2V	14	0,242	0,135	0,796	1,797	2,566	0,214
C2V	15	0,112	0,066	0,418	0	0,754	0
C2V	16	0,227	0,117	0,782	0,420	0	0
C2V	17	0,281	0,146	0,510	0,290	0	0
C2V	18	0,316	0,168	0,488	1,740	3,268	1,149
C3T	1	0,051	0,057	0,135	0	0	0
C3T	2	0,137	0,064	0,263	2,858	7,063	1,622
C3T	3	0,254	0,127	0,497	3,118	6,921	1,018
C3T	4	0,238	0,132	0,408	2,223	4,277	0,582
C3T	5	0,200	0,142	0,576	3,735	5,284	1,187
C3T	6	0,274	0,151	0,489	3,716	6,882	2,402
C3T	7	0,241	0,154	0,725	3,806	5,034	1,267
C3T	8	0,196	0,122	0,703	2,404	4,588	0,511
C3T	9	0,138	0,082	0,680	1,962	2,506	0,367
C3T	11	0,155	0,089	0,683	1,100	3,178	0,277
C3T	12	0,205	0,109	0,477	1,877	3,596	0,567
C3T	13	0,208	0,109	0,552	1,268	2,247	0,455
C3T	14	0,183	0,100	0,549	1,180	2,160	0,403
C3T	15	0,298	0,146	0,724	0	0,341	0
C3T	16	0,098	0,060	0,306	0	3,333	0,462
C3T	17	0,163	0,099	0,691	1,901	4,665	0,560
C3T	18	0,177	0,100	0,493	1,679	3,746	0,350
C3V	1	1,572	1,448	1,795	4,730	5,206	4,652
C3V	2	0,803	0,630	1,140	8,517	10,079	6,324
C3V	3	0,201	0,099	0,336	3,325	7,177	1,653
C3V	4	0,388	0,368	0,617	25,912	31,232	39,412

Classe	Nº Poma	Absor. (665,6nm)	Absor. (647,6nm)	Absor. (480nm)	Coef. Var. (665,6nm)	Coef. Var. (647,6nm)	Coef. Var. (480nm)
C3V	5	0,250	0,153	0,681	2,094	3,743	0,486
C3V	6	0,171	0,100	0,292	4,443	6,524	2,323
C3V	7	0,172	0,122	0,302	15,721	22,633	7,850
C3V	8	0,239	0,147	0,834	2,078	3,092	0,484
C3V	9	0,167	0,094	0,635	1,856	2,880	0,157
C3V	11	0,158	0,092	0,535	4,678	5,751	1,333
C3V	12	0,214	0,110	0,516	1,765	2,154	0,484
C3V	13	0,187	0,109	0,448	1,269	4,100	0,182
C3V	14	0,211	0,110	0,559	0,670	0,904	0,146
C3V	15	0,306	0,149	0,682	0,410	0	0
C3V	16	0,176	0,098	0,435	0	1,015	0
C3V	17	0,191	0,121	0,623	5,355	8,223	0,948
C3V	18	0,165	0,095	0,404	0,604	1,047	0,123
C4	1	0,401	0,261	0,611	3,682	5,663	2,252
C4	2	0,459	0,303	0,781	5,821	8,357	2,640
C4	3	0,238	0,112	0,523	3,256	4,675	1,023
C4	4	0,313	0,156	0,618	2,588	5,206	0,860
C4	5	0,267	0,165	0,516	1,260	3,216	0,730
C4	6	0,449	0,260	0,700	2,800	6,404	5,205
C4	7	0,188	0,095	0,376	2,318	4,383	1,063
C4	8	0,261	0,151	0,808	1,037	1,571	0,274
C4	9	0,238	0,122	1,010	1,386	3,014	0,261
C4	11	0,193	0,103	1,110	2,573	2,556	0,279
C4	12	0,140	0,091	1,117	10,070	15,221	0,662
C4	13	0,171	0,097	0,622	0	0,592	0,240
C4	14	0,171	0,100	0,750	2,904	7,575	2,489
C4	15	0,200	0,125	0,557	4,554	5,350	0,638
C4	16	0,176	0,108	0,498	2,091	3,646	0,685
C4	17	0,180	0,100	0,743	0,276	1,888	0,077
C4	18	0,219	0,133	0,457	0,435	1,121	0,309

Annex 3. Taules d'anàlisi de la variància.

- Resultat de les dades SAS de la fase de cloroform:

```

The SAS System          09:16 Thursday, May 19, 2005  35
The GLM Procedure
Class Level Information
Class      Levels  Values
classe     7      C0 C1 C2T C2V C3T C3V C4
poma       18     1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Number of observations    119
NOTE: All dependent variables are consistent with respect to the presence or absence of missing
      values. However only 104 observations can be used in this analysis.

```

```

The SAS System          09:16 Thursday, May 19, 2005  36
The GLM Procedure
Dependent Variable: _Ca  Ca

Source              DF          Sum of Squares    Mean Square    F Value    Pr > F
Model                22          7.73210491         0.35145931     1.82     0.0284
Error                81          15.67500174         0.19351854
Corrected Total      103          23.40710665

R-Square            Coeff Var      Root MSE      _Ca Mean
0.330332            29.96637      0.439907     1.468004

Source              DF          Type I SS      Mean Square    F Value    Pr > F
classe               6          1.62868867     0.27144811     1.40     0.2237
poma                 16         6.10341623     0.38146351     1.97     0.0251

Source              DF          Type III SS     Mean Square    F Value    Pr > F
classe               6          1.43273504     0.23878917     1.23     0.2978
poma                 16         6.10341623     0.38146351     1.97     0.0251

```

```

The SAS System          09:16 Thursday, May 19, 2005  37
The GLM Procedure
Dependent Variable: _Cb  Cb

Source              DF          Sum of Squares    Mean Square    F Value    Pr > F
Model                22          6.06920489         0.27587295     2.19     0.0059
Error                81          10.20179327         0.12594807
Corrected Total      103          16.27099817

R-Square            Coeff Var      Root MSE      _Cb Mean
0.373008            32.98487      0.354892     1.075922

Source              DF          Type I SS      Mean Square    F Value    Pr > F
classe               6          0.49959599     0.08326600     0.66     0.6811
poma                 16         5.56960891     0.34810056     2.76     0.0014

Source              DF          Type III SS     Mean Square    F Value    Pr > F
classe               6          0.56554791     0.09425798     0.75     0.6124
poma                 16         5.56960891     0.34810056     2.76     0.0014

```

The SAS System 09:16 Thursday, May 19, 2005 38

The GLM Procedure

Dependent Variable: _Cxc Cxc

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	22	26.98937980	1.22678999	2.39	0.0025
Error	81	41.55733890	0.51305357		
Corrected Total	103	68.54671871			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	_Cxc Mean
0.393737	29.87900	0.716278	2.397261

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
classe	6	7.48020535	1.24670089	2.43	0.0328
poma	16	19.50917446	1.21932340	2.38	0.0059

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
classe	6	5.99595593	0.99932599	1.95	0.0829
poma	16	19.50917446	1.21932340	2.38	0.0059

The SAS System 09:16 Thursday, May 19, 2005 39

The GLM Procedure

Dependent Variable: CHL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	22	25.36872988	1.15312409	1.98	0.0143
Error	81	47.10980888	0.58160258		
Corrected Total	103	72.47853876			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CHL Mean
0.350017	29.97842	0.762629	2.543926

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
classe	6	3.45818757	0.57636460	0.99	0.4370
poma	16	21.91054231	1.36940889	2.35	0.0064

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
classe	6	3.14649281	0.52441547	0.90	0.4980
poma	16	21.91054231	1.36940889	2.35	0.0064

- Resultat de les dades SAS de la fase de metanol:

```

The SAS System          11:43 Thursday, May 19, 2005 16
The GLM Procedure
Class Level Information
Class      Levels  Values
CLASSE    7      C0 C1 C2T C2V C3T C3V C4
POMA      18      1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
Number of observations  141

```

NOTE: All dependent variables are consistent with respect to the presence or absence of missing values. However only 116 observations can be used in this analysis.

```

The SAS System          11:43 Thursday, May 19, 2005 17
The GLM Procedure

```

Dependent Variable: _Manth Manth

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	202.9907274	8.8256838	2.76	0.0003
Error	92	293.7026386	3.1924200		
Corrected Total	115	496.6933661			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	_Manth Mean
0.408684	58.89290	1.786734	3.033871

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CLASSE	6	139.2929252	23.2154875	7.27	<.0001
POMA	17	63.6978022	3.7469295	1.17	0.3015

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CLASSE	6	135.8366158	22.6394360	7.09	<.0001
POMA	17	63.6978022	3.7469295	1.17	0.3015

```

The SAS System          11:43 Thursday, May 19, 2005 18
The GLM Procedure

```

Dependent Variable: _Mfanth Mfanth

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	33.57467794	1.45976861	2.46	0.0013
Error	92	54.64946576	0.59401593		
Corrected Total	115	88.22414370			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	_Mfanth Mean
0.380561	52.98768	0.770724	1.454535

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CLASSE	6	4.66811444	0.77801907	1.31	0.2607
POMA	17	28.90656350	1.70038609	2.86	0.0007

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CLASSE	6	4.63019143	0.77169857	1.30	0.2655
POMA	17	28.90656350	1.70038609	2.86	0.0007

The SAS System 11:43 Thursday, May 19, 2005 19

The GLM Procedure

Dependent Variable: Anth Anth

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	248.4116496	10.8005065	2.97	0.0001
Error	92	334.2545693	3.6332018		
Corrected Total	115	582.6662189			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Anth Mean
0.426336	42.46710	1.906096	4.488406

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CLASSE	6	120.3704736	20.0617456	5.52	<.0001
POMA	17	128.0411761	7.5318339	2.07	0.0144

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CLASSE	6	117.9374796	19.6562466	5.41	<.0001
POMA	17	128.0411761	7.5318339	2.07	0.0144

- Resultat de les dades SAS de la ratio antocians / carotens:

```

                                The SAS System
17:31 Friday, February 10, 2006 1
                                The GLM Procedure
                                Class Level Information

Class          Levels  Values
CLASSE         7      00 11 21 22 31 32 44
POMA          18      001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016
017 018

```

Number of observations 119

NOTE: Due to missing values, only 101 observations can be used in this analysis.

```

                                The SAS System          17:31 Friday, February
10, 2006 2

```

The GLM Procedure

Dependent Variable: RATIO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	22	86.7036656	3.9410757	2.04	0.0115
Error	78	150.5082219	1.9295926		
Corrected Total	100	237.2118875			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RATIO Mean
0.365511	66.23763	1.389098	2.097143

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CLASSE	6	53.42038526	8.90339754	4.61	0.0005
POMA	16	33.28328036	2.08020502	1.08	0.3899

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CLASSE	6	48.64509069	8.10751512	4.20	0.0010
POMA	16	33.28328036	2.08020502	1.08	0.3899