

# **Avaluació Ambiental sector cítrics a Terres de l'Ebre.**

**Autors: Marta Ruiz, Jose Miguel Fibla,  
Assumpció Antón**

**17 Setembre 2020**

# INDEX

|   |    |
|---|----|
| Resum executiu .....  | 3  |
| Introducció .....   | 4  |
| Objectiu i abast .....  | 5  |
| Inventaris:.....  | 9  |
| Producció primària .....  | 9  |
| Postcollita .....   | 11 |
| Qualitat de les dades .....   | 13 |
| Anàlisis sensibilitat .....   | 14 |
| Anàlisi de l'impacte .....  | 16 |
| Anàlisi sensibilitat metodologia consum aigua .....   | 20 |
| Anàlisi sensibilitat estimació impacte fitosanitaris genèrics vs fitosanitaris específics ..... | 21 |
| Interpretació .....   | 22 |
| Referències.....  | 26 |

## Resum executiu

L'any 2019 es van produir al voltant de 150 mil tones de cítrics a Catalunya, destacant particularment la mandarina, la qual va suposar més del 70% d'aquesta producció (Idescat, 2019). En concret a les Terres de l'Ebre, gairebé 10 mil hectàrees de les 85 mil hectàrees dedicades a cultius llenyosos estan destinades a el cultiu de cítrics (Idescat, 2019).

L'objectiu del present estudi és la quantificació de la petjada ambiental de la producció de mandarina a Catalunya, amb especial atenció als processos de producció agrícola i tractament postcollita, per la detecció de punts febles des del punt de vista ambiental i identificació de potencials millores.

L'anàlisi ambiental s'ha dut a terme en base a la eina de quantificació ambiental Anàlisi de Cicle de Vida, ACV (ISO 14040). Aquest és un mètode d'avaluació quantitativa dels impactes ambientals dels productes, amb un enfoc de cadena agroalimentària complerta incidint en tots el potencials efectes ambientals.

S'ha definit un escenari de producció representatiu localitzat a Terres de l'Ebre, d'on s'han obtingut les dades primàries pròpies de l'activitat agrícola a partir de dades directes de camp i de postcollita en base a la informació registrada en les centrals cooperatives. En relació a les dades secundàries, aquestes procedeixen dels valors per defecte proporcionats per base de dades, essent adaptades a les condicions locals si així es requereix, per exemple electricitat i fabricació fertilitzants.

Diferents anàlisis de sensibilitat es duen a terme per tal de delimitar la influència de paràmetres clau en la quantificació dels impactes: i) criteris quantificació impacte consum aigua de reg; ii) avaluació impacte fitosanitaris genèrics vs fitosanitaris específics.

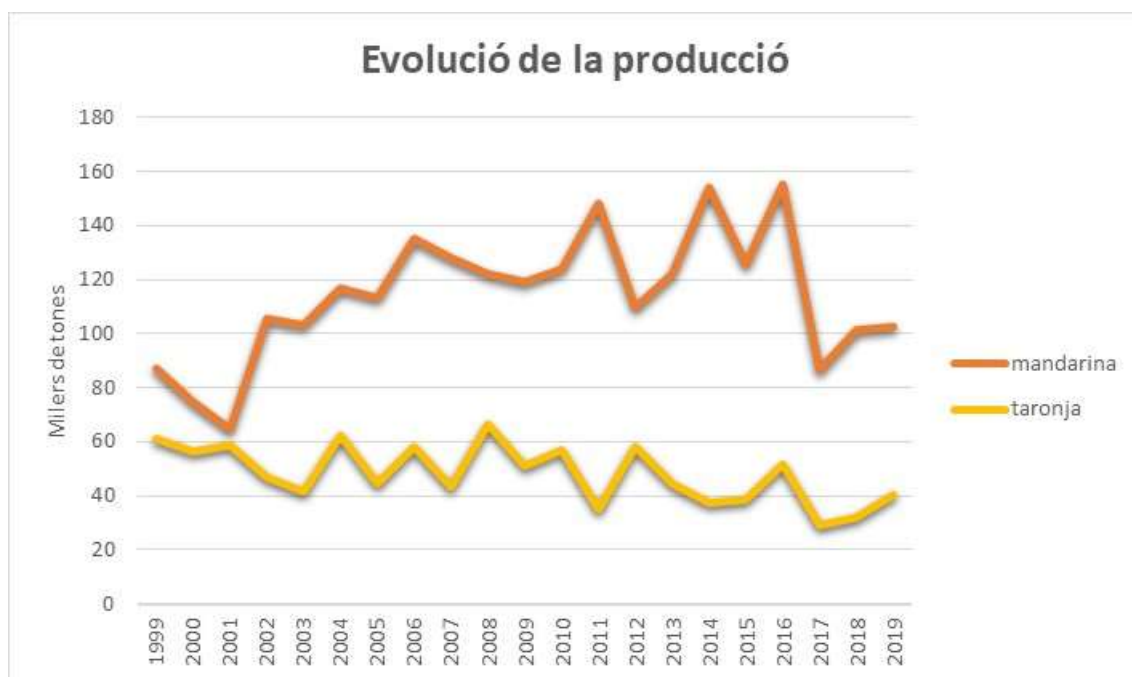
El resultats ambientals han mostrat la gestió de l'aigua com uns dels aspectes més crítics. Destaca particularment i en comparació a altres cultius/estudis la importància dels fitosanitaris emprats, especialment l'ús d'oli mineral. L'estudi també demostra la importància de la fertilització per una gran categoria d'impactes, essent un aspecte pel qual es recomanaria l'estudi d'alternatives.

Cal, però, fer esment que la metodologia emprada, Anàlisi de Cicle de Vida, tot i ser la recomanada per les autoritats científiques i polítiques, Comissió Europea i Programa Ambiental de les Nacions Unides, presenta encara mancances metodològiques, en vies de millora, cal per tant ser curosos en la interpretació dels valors absoluts i considerar els resultats presentats com un patró prospectiu.

De l'estudi realitzat es pot concloure que encara que la producció de mandarines a Catalunya està en els rangs d'impacte ambiental en què es troben la resta de regions productores, hi ha espai per a la millora del cultiu des del punt de vista ambiental, on hauríem de començar per millorar els processos relacionats amb el consum d'aigua, així com estudiar possibles millores en l'ús de fertilitzants i fitosanitaris durant la producció agrícola, i consum energètic i embalatge en les etapes de postcollita.

## Introducció

L'any 2019 a Catalunya es van produir més d'un milió de tones de fruita. Aquesta producció està dominada pel cultiu de fruita dolça que inclou fruites com la pera, la poma i el préssec. En 2019, els cítrics van suposar 142.947 tones de la producció total de fruita, i dins dels cítrics va destacar la mandarina (Figura 1), seguida de la taronja, llimona i en últim lloc altres cítrics com l'aranja, sent la producció d'aquests dos últims junts menor al 0,01% de la producció total. D'aquesta forma la mandarina va suposar més de el 70% d'aquesta producció ocupant tres quartes parts del terreny conreat dedicat a cítrics, amb més de 6 mil hectàrees (Idescat, 2019). Això contrasta amb les dades de producció mundials i europeus on la producció de taronja domina la producció de cítrics, sent les tones produïdes de taronja més del doble de les produïdes de mandarina (FAOSTAT, 2018). Una cosa semblant passa a Espanya, que sent el segon productor mundial de mandarina (FAO, 2017) amb la major part de producció a València i Andalusia, seguits de Múrcia i Catalunya, és només a València i Catalunya on la producció de mandarina destaca per ser el cítric més produït dins del seu territori (MAGRAMA, 2013), dominant la taronja en la resta de territoris. En concret a les Terres de l'Ebre, gairebé 10 mil hectàrees de les 85 mil hectàrees dedicades a cultius llenyosos estan destinades a el cultiu de cítrics (Idescat, 2019).



**Figura 1.** Evolució de la producció dels principals cítrics a Catalunya des de l'any 1999 fins a l'any 2019. Elaboració pròpia a partir de les dades de el Departament d'Agricultura, Pesca i Alimentació.

D'aquesta manera en aquest estudi s'enfoca en la quantificació ambiental de la producció de mandarina a l'ésser el cítric de major importància en la regió tant des del punt de vista de l'extensió d'ocupació de sòl agrícola com des de la perspectiva de producció quantitativa. Les dades emprades corresponen a una de les varietats més cultivades de clementina els "Clemenules".

L'anàlisi ambiental s'ha dut a terme en base a la eina de quantificació Anàlisi de Cicle de Vida, ACV. Aquest és un mètode d'avaluació quantitativa dels impactes ambientals dels productes, incidint en tots els aspectes ambientals que puguin, en darrer terme, afectar la salut dels éssers humans, la qualitat dels ecosistemes i/o l'esgotament de recursos naturals. L'objectiu final és la detecció dels punts ambientalment febles de la cadena de producció per tal d'aportar alternatives i valorar solucions. Els estudis previs que l'han aplicat avalen la metodologia, mostrant que l'eina ACV reuneix les característiques d'objectivitat i transparència per a dur a terme els estudis de quantificació ambiental. El estudis d'ACV utilitzen com a marc de referència la metodologia definida a les ISO (ISO-14040, 2006). Tanmateix, dit marc referencial deixa oberts certs criteris que cal consensuar i definir en funció dels sectors productius. En aquest sentit a partir de la política europea de mercat únic i en el marc de la iniciativa de la Petjada ambiental del producte, la Comissió Europea ha consensuat unes regles de càlcul de petjada ambiental, Product Environmental Footprint, PEF, (EC 2013), i la iniciativa privada Environdec (EPD, 2019) ha desenvolupat regles específiques de càlcul de petjada ambiental per la producció de fruita, on s'inclouen els cítrics. Es seguiran en aquest estudi els criteris establerts en dites metodologies.

## Objectiu i abast

**Objectiu:** quantificar petjada ambiental en base a l'eina Anàlisi de Cicle de Vida, ACV, de la producció agrària de cítrics a Catalunya, detecció de punts febles i recomanacions de millora. L'estudi es centrarà en la producció de mandarina donada la més gran extensió dins els cítrics d'aquest cultiu a Catalunya.

**Producte:** S'utilitza una de les varietats més cultivades de clementina, i la més representativa de aquesta regió, "Clemenules".

**Modelització:** en el present treball es realitzarà un ACV atribucional, això significa dur a terme una comptabilitat ambiental del sistema tal qual, sense assumir potencials conseqüències (propis dels ACV conseqüencials) de l'adaptació en aquest sistema d'altres processos que es poguessin derivar de certes decisions (per exemple, conseqüències ambientals de la substitució d'altres cultius per cítrics).

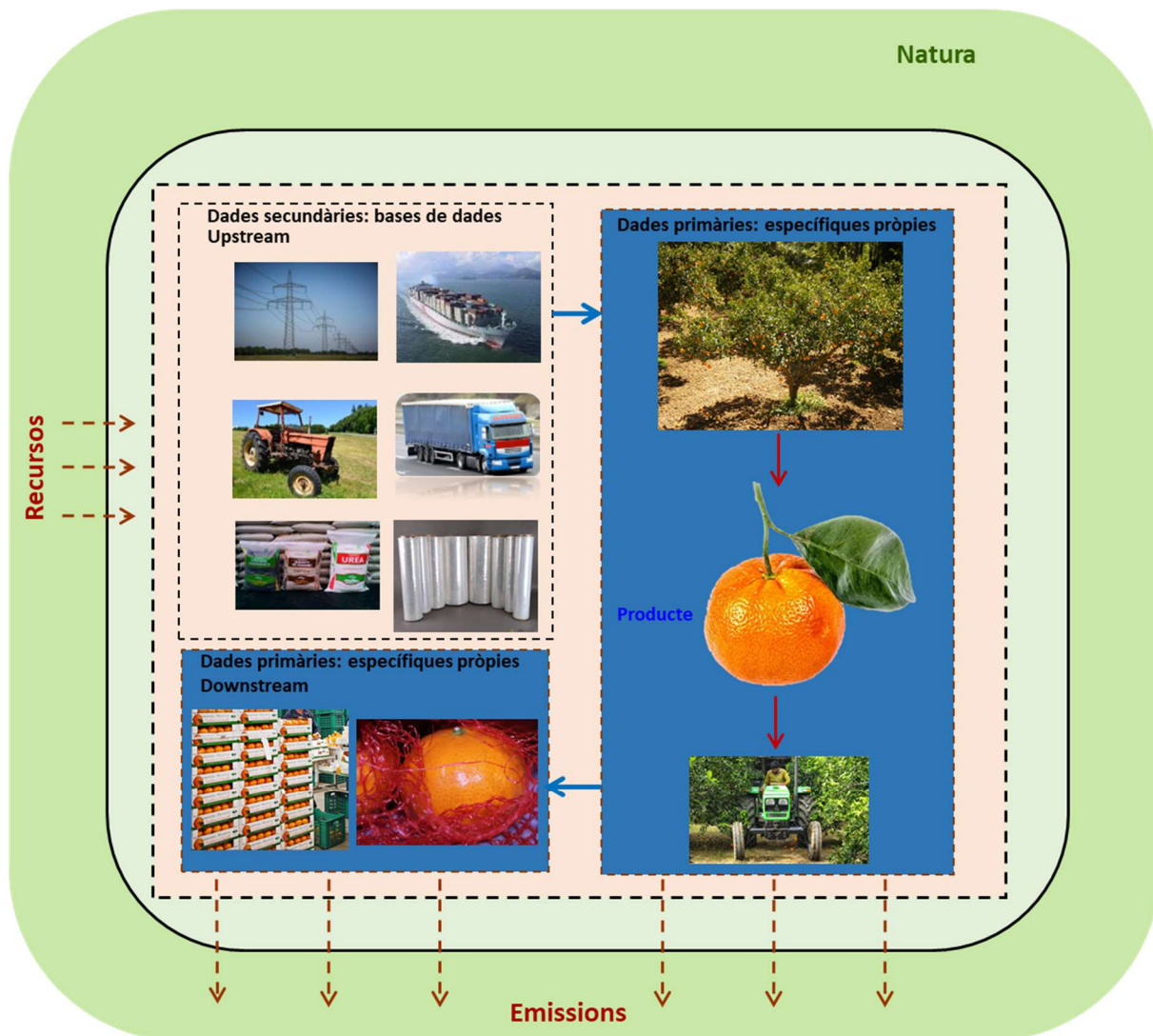
**Distribució de càrregues ambientals:** es carreguen tots els inputs i outputs ambientals a la producció de mandarines, que és l'únic producte del sistema de producció estudiat.

**Unitat funcional:** triarem com a unitat d'anàlisi o unitat funcional 1 ton de mandarines.

**Localització:** producció agrària de mandarines a les terres de l'Ebre, Catalunya.

**Límits sistema:** Els límits del sistema s'estableixen en base a allò que es coneix com "cradle to gate" (bressol a la porta), i que inclou els processos de producció de camp i postcollita i producció inputs emprats (e.g. fertilitzants, energia,...). L'avaluació ambiental s'enfoca principalment en l'anàlisi ambiental de la producció agrària de mandarines, es farà, per tant, especial incidència en la recollida de dades primàries, pròpies, de dita producció i els tractaments de postcollita que inclou el transport, tractaments fungicides i emmagatzematge de les mandarines, considerant-se dades secundàries les relatives als processos inclosos "aigües amunt" (ex. producció d'energia, fabricació fertilitzants, transport) (figura 1). Resta exclòs, per tant, de l'anàlisi la comercialització del producte, consum i tractament al final de la vida útil dels envasos utilitzats i residus produïts per aquest consum.

**Període anàlisi:** dades mitjanes de producció agrícola entre 2008 i 2019 més dades secundàries variables temporalment.



**Figura 2.** Esquema i abast dels processos analitzats en la producció de mandarines a les Terres de l'Ebre, Catalunya, les dades primàries corresponen a la producció de camp (fons blau).

**Dades:** les dades primàries pròpies de l'activitat agrícola s'han obtingut a partir de cultius representatius de producció de mandarines (Informació pròpia IRTA). En relació a les dades secundàries, aquestes procedeixen dels valors per defecte proporcionats per la base de dades Ecoinvent Database v3.6 (Wernet et al., 2016), essent adaptades a les condicions locals si així es requereix (ex, fertilitzants, electricitat), i identificades oportunament a la secció inventari.

Pel càlcul d'emissions de fertilitzants es seguiran criteris descrits a Environdec (EPD, 2019), aquest dona uns valors generals de factors d'emissió per defecte (TIER 1). Pel càlcul de les emissions degudes a les aplicacions de fitosanitaris es segueixen els criteris de Environdec (EPD, 2019), i per la qual 100% emissions es consideren arriben al sòl. La taula 1 mostra els factors d'emissió emprats.

**Taula 1. Factors d'emissió emprats i font corresponent**

| Emissió                         | Unitats  | Factor | Font                |
|---------------------------------|--|--------|---------------------|
| NH <sub>3</sub> , aire          | kg NH <sub>3</sub> /kg N fert min aplic  | 0,037  | EPD 2019            |
|                                 | kg NH <sub>3</sub> /kg N fert Adobs Foliars aplic                              | 0,243  |                     |
| N <sub>2</sub> O, aire          | kg N <sub>2</sub> O/kg N fert min aplic  | 0,010  | EPD 2019            |
|                                 | kg N <sub>2</sub> O/ kg N fert Adobs Foliars aplic                             | 0,011  |                     |
| Indirect N <sub>2</sub> O, aire | kg N <sub>2</sub> O/kg NH <sub>3</sub> -N volatilized from fertilizers applied | 0,010  | EPD 2019            |
| Indirect N <sub>2</sub> O, aire | kg N <sub>2</sub> O/kg NO <sub>3</sub> -N lost by leaching /runoff             | 0,0075 | EPD 2019            |
| NO, aire                        | kg NO/kg N fert min aplic  | 0,007  | EPD 2019            |
|                                 | kg NO/kg N fert Adobs Foliars aplic  | 0,007  |                     |
| NO <sub>3</sub> , aigua         | kg NO <sub>3</sub> /kg N fert aplic  | 0,3    | EPD 2019, IPCC 2006 |
| P lixiviació, aigua             | kg P/ ha   | 0,07   | EPD 2019            |
| P escorrentia, aigua            | kg P/ ha i kg P min fert aplic   | 0,175  | EPD 2019            |
| P erosió, aigua                 | Kg P / ha  | 0,53   | EPD 2019            |
| Fitosanitaris, aire             | kg m.a/kg m.a aplic  | 0,00   | EPD 2019            |
| Fitosanitaris, aigua            | kg m.a/kg m.a aplic  | 0,00   | EPD 2019            |
| Fitosanitaris, sòl              | kg m.a/kg m.a aplic  | 1      | EPD 2019            |

**Qualitat de les dades:** d'acord a les directrius EF (EC, 2017) a l'estudi s'han adoptat quatre criteris per avaluar la qualitat de les dades utilitzades (eq.1). Les puntuacions suggerides a les directrius són: i) representativitat tecnològica (*Te*), ii) representativitat geogràfica (*G*) iii) representativitat temporal (*Ti*) i iv) precisió/incertesa (*P*). Les tres primeres avaluen la representativitat de la dada emprada en relació als conceptes corresponents; pel quart criteri es tindrà en compte la precisió en relació a la manera d'obtenir la dada, com és mesurada, calculada, estimada, i la potencial incertesa. Cada criteri es valora a l'escala 1 a 5, sent 1 molt bona qualitat i 5 molt pobre. La qualitat global de les dades, DQR, es calcula amb la mitjana de qualitat assolida per a cadascun dels criteris de qualitat (eq.1).

$$DQ = \frac{Te+G+Ti+P}{4} \quad (\text{eq. 1})$$

**Categories d'impacte:** els models d'avaluació d'impacte: categories d'impacte, unitats equivalents i model emprats han estat els recomanats en el marc de la iniciativa Product Environmental Footprint de la Comissió Europea (EC, 2017), EF method 3.0, en la seva versió v1.00 adaptat al programari SIMAPRO. La taula 2 recull les categories d'impacte avaluades, les unitats, una breu explicació de cada categoria, així com el mètode de càlcul emprat pel desenvolupament del model emprat.

**Programari:** el programari SimaPro 9.0.2.0 és utilitzat per dur a terme la quantificació ambiental (PRéConsultants, 2019).

**Taula 2.** Categories d'impacte i unitats equivalents (EC, 2017)

| Categoria d'impacte                           | Sigles      | Unitat                 | Breu explicació   |
|---|-------------|------------------------|---|
| <b>Canvi climàtic</b>                         | <b>CC</b>   | kg CO <sub>2</sub> eq  | La terra retorna l'energia solar absorbida en forma de radiació tèrmica. Part d'aquesta radiació és absorbida pels gasos existents a l'atmosfera provocant l'escalfament del planeta. Per la caracterització de l'impacte s'empra el model desenvolupat per l'IPCC, utilitzant el CO <sub>2</sub> com unitat equivalent a la qual es referència el potencial d'escalfament dels gasos amb efecte hivernacle.  |
| <b>Esgotament capa Ozó</b>                    | <b>EO</b>   | kg CFC-11 eq           | La disminució de la capa d'ozó present a l'estratosfera provoca un increment de la quantitat de radiació ultraviolada que arriba a la superfície de la terra. Aquestes radiacions són causa d'un augment d'algunes malalties en humans, afecten als ecosistemes i l'agricultura. El model emprat es basa en els potencials d'esgotament dels diferents gasos implicats i definits per la WMO, utilitzant el CFC-11 com unitat equivalent.   |
| <b>Radiació ionitzant, humans</b>             | <b>RI</b>   | kBq U235 eq            | La radiació ionitzant és radiació formada per fotons o partícules que en interaccionar amb la matèria canvien el perfil d'àtoms que la componen, ionitzant-la, que en darrer terme poden afectar a la salut humana. S'utilitza kBq d'Urani 235 com unitat equivalent de les diferents emissions involucrades  |
| <b>Formació fotoxidants</b>                   | <b>FO</b>   | kg NMVOC eq            | Sota la influència de la llum solar els òxids de nitrogen reaccionen amb els compostos orgànics volàtils per produir ozó troposfèric. Aquest pot resultar perjudicials per a la salut humana, els ecosistemes i els propis cultius.   |
| <b>Toxicitat humana, no càncer.</b>           | <b>THnc</b> | CTU <sub>h,nc</sub>    | Potencials efectes que sobre la salut dels humans tenen les emissions dels diferents contaminants, l'indicador emprat és unitats de casos tòxics, CTU, amb efecte no cancerigen i cancerigen respectivament.  |
| <b>Toxicitat humana, càncer.</b>              | <b>THc</b>  | CTU <sub>h,nc</sub>    |   |
| <b>Formació micropartícules</b>               | <b>MP</b>   | DALY                   | Quantificació de l'impacte de mort prematura o discapacitat que sobre la població tenen les micropartícules, PM, utilitzant com a referència PM <sub>2.5</sub> . Inclou la valoració de PM primàries (PM <sub>10</sub> i PM <sub>2.5</sub> ) i secundàries (creació de PM secundari a causa de les emissions de SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> i NH <sub>3</sub> ) i CO.   |
| <b>Acidificació</b>                           | <b>AC</b>   | molc H <sup>+</sup> eq | L'acidificació es produeix principalment per les emissions a l'aire de NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> i SO <sub>x</sub> . Les unitats equivalent de dites emissions s'expressen en mols de càrrega (molc H <sup>+</sup> ) per unitat de massa emesa.   |
| <b>Eutrofització aigua dolça</b>              | <b>ED</b>   | kg P eq                | L'increment de macronutrients en els ecosistemes pot conduir a un augment de la producció de biomassa no desitjada i que en darrer terme pot portar a unes condicions anaeròbies en els sistemes aquàtics amb el consegüent dany ambiental derivat. Els models d'indicadors emprats per quantificar aquest dany es basen en expressió del grau en què els nutrients emesos arriben al compartiment final (superació de la càrrega crítica de macronutrients per eutrofització terrestre, el fòsfor considerat com a factor limitant en l'aigua dolça i el nitrogen considerat com a factor limitant en l'aigua marina). |
| <b>Eutrofització marina</b>                   | <b>EM</b>   | kg N eq                |   |
| <b>Eutrofització terrestre</b>                | <b>ET</b>   | molc N eq              |   |
| <b>Ecotoxicitat aigua dolça</b>               | <b>EC</b>   | CTU <sub>e</sub>       | Potencials efectes tòxics sobre els ecosistemes aquàtics <sup>1</sup> de les substàncies tòxiques existents en l'ambient. Es comptabilitzen com fracció d'espècies potencialment afectades per cada unitat de volum i temps expressat com unitats de casos tòxics, CTU <sub>e</sub> .   |
| <b>Consum aigua</b>                           | <b>CA</b>   | m <sup>3</sup> eq      | Definit com l'aigua disponible per unitat d'àrea (país o conca hidrogràfica) que queda després de restar el consum d'aigua dels humans i requeriment ambiental per mantenir els ecosistemes. Aquest índex es normalitza en relació a una mitjana mundial, la qual cosa dona idea del grau de risc per cada àrea en particular.  |
| <b>Esgotament recursos minerals i metalls</b> | <b>RF</b>   | kg Sb eq               | Disminució de la disponibilitat de recursos naturals. Utilitzant-se com recurs referència l'antimoni.   |
| <b>Esgotament recursos fòssils</b>            | <b>RM</b>   | MJ                     | Disminució de la disponibilitat de recursos fòssils.  |
| <b>Ús del sòl</b>                             | <b>US</b>   | Pt                     | Basat en l'impacte sobre la qualitat del sòl tenint en compte diferents índexs relacionats amb serveis ecosistèmics: erosió, producció biòtica, recarrega aigües subterrànies i filtració mecànica  |

<sup>1</sup>Encara no es disposa d'un model desenvolupat per quantificar toxicitat en ecosistemes terrestres



## Inventaris:

### *Producció primària*

Aquest etapa inclou el procés de cultiu de mandarines, des de l'establiment de la plantació fins transport de la fruita a cooperativa. A la taula 3 es poden veure les principals característiques edafoclimàtiques i de cultiu de l'escenari avaluat. A nivell d'inventaris la unitat de referència per la qual es calculen tots els inputs serà **1 ha** de camp cultivat. S'han recollit les dades dels principals recursos emprats per a cultiu de mandarines corresponents a l'establiment de la plantació, fertilitzants i productes fitosanitaris, així com el consum de gasoil degut a les diferents operacions agrícoles realitzades de treball de sòl, aplicació de fertilitzants, tractaments i collita (Taula 4). Finalment les mandarines, embalades en bosses i caixes són transportades amb el tractor, fins a la cooperativa, localitzada en aquest cas a una distància de 7 km, i per al que són necessaris 4 viatges per campanya. Com a residus, tenim d'una banda les restes de poda que com residus orgànics se incorporen al sòl, i d'altra banda residus tipus embalatges fertilitzants i fitosanitaris, que es porten principalment a la deixalleria, la més propera es pot trobar a 2 o 3 km, i al gestor de residus, el més pròxim es troba a 38 km de distància, respectivament.

**Taula 3.** Principals característiques del escenari avaluat

| Escenari 1                     |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| Localització                   | Terres de l'Ebre  |
| Varietat                       | <i>Clemenules</i> |
| Any referència                 | 2008-2019         |
| Densitat plantació, peus/ha    | 455               |
| Rendiment comercial, Tn/ha     | 30,75             |
| Vida útil, anys                | 30                |
| Regió climàtica, Köppen-Geiger | Csa               |
| Precipitació, mm               | 600               |
| Ecoregió, WWF                  | PA1215            |
| Conca hidrogràfica, WATERGAP   | 32963, Ebre       |
| Tipus sòl                      | franc-argilós     |
| Pendent, %                     | 0,6               |
| M.O. (0-30 cm), %              | 1,5               |
| pH (0-30 cm)                   | 8,1               |
| Argila (0-30 cm), %            | 28,08             |
| Sorra (0-30 cm), %             | 32,13             |
| Profunditat arrels, cm         | 15-65             |

**Taula 4.** Inputs emprats en el cultiu de mandarina

| Concepte                                    | Unitat             |                        |
|---|--------------------|------------------------|
| <b>Arbres</b>                               | peus/ha            | 455                    |
| <b>Fertilitzants</b>                        |                    |                        |
| Adobat fons                                 |                    | M.O. líquida 1,9-0-5,8 |
| Dosis adobat fons                           | kg/ha              | 50                     |
| N mineral                                   | kg/ha              | 250                    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mineral       | kg/ha              | 80                     |
| K <sub>2</sub> O mineral                    | kg/ha              | 175                    |
| Adobs Foliars                               | kg/ha              | 52,30                  |
| <b>Consum Gasoil Maquinària</b>             |                    |                        |
| <b>Tractor, 4WD</b>                         | CV                 | 60-85                  |
|   | L/ ha              | 350                    |
| Plantació                                   | hores/ha           | 8,0                    |
| Subsolador                                  | hores/ha           | 5,0                    |
| Cultivador                                  | hores/ha           | 3,5                    |
| Desbroçadora rama                           | hores/ha           | 2,7                    |
| Desbroçadora herba                          | hores/ha           | 5                      |
| Fertilització mineral                       | hores/ha           | 1,4                    |
| Aplicació herbicides                        | hores/ha           | 9,0                    |
| Aplicació fungicides                        | hores/ha           | 2,0                    |
| Aplicació insecticides                      | hores/ha           | 15,0                   |
| Collita                                     | hores/ha           | 210                    |
| Transport cooperativa tractor               | km                 | 7                      |
| <b>Irrigació</b>                            |                    |                        |
| Aigua subt., goteig                         | m <sup>3</sup> /ha | 5.750                  |
| Electricitat bombeig aigua reg              | kWh/ha             | 2.513                  |
| <b>Fitosanitaris, dosis per i.a.</b>        |                    |                        |
| Herbicides                                  | kg/ha              | 33,76                  |
| Fungicides                                  | kg/ha              | 11,03                  |
| Insecticides                                | kg/ha              | 16,54                  |
| Oli Mineral                                 | Kg/ha              | 29,5                   |
| <b>Residus</b>                              |                    |                        |
| Poda, residus orgànics se incorporen al sòl | kg/ha              | 3.700                  |
| Residus producció                           | kg/ha              | 2.220                  |
| Transport deixaderia                        | km                 | 3                      |
| Transport gestor residus tractor            | km                 | 38                     |

La taula 5 presenta els resultats de les emissions corresponents a l'aplicació de fertilitzants i totals dels fitosanitaris calculats d'acord als factors esmentats a la taula 1.

**Taula 5.** Emissions degudes aplicació fertilitzants i fitosanitaris

|                              | Unitat | Escenari |
|------------------------------|--------|----------|
| <b>Aire, NH<sub>3</sub></b>  | kg/ha  | 10,9     |
| <b>Aire N<sub>2</sub>O</b>   | kg/ha  | 2,58     |
| <b>Aire NO</b>               | kg/ha  | 1,80     |
| <b>Aigua, NO<sub>3</sub></b> | kg/ha  | 77,24    |
| <b>Aigua, P</b>              | kg/ha  | 0,18     |
| <b>Sòl, Fitosanitaris</b>    |        |          |
| <b>Herbicides</b>            | kg/ha  | 11,47    |
| <b>Fungicides</b>            | kg/ha  | 6,76     |
| <b>Insecticides</b>          | kg/ha  | 28,91    |

### **Postcollita**

Per a l'etapa de postcollita s'han recollit dades de les 2 cooperatives principals, Copalca i Terres de l'Ebre. Dins d'aquesta etapa es contemplen els tractaments fitosanitaris de postcollita on les mandarines són sotmeses a operacions de neteja, tractaments fungicides, i recobriment per ceres. La cooperativa Terres l'Ebre ens indica que només el 80% de la producció de mandarines és sotmesa a aquests tractaments, i és per això que les dosis de tractaments postcollita es multipliquen per un factor de ponderació de 0,8. A continuació les mandarines són emmagatzemades, procés que necessitarà comptar amb un sistema de refrigeració, que servirà per mantenir la fruita en perfectes condicions fins a la seva comercialització, pel càlcul de l'energia emprada partim de les dades proporcionades per PCR de fruites (Environdec, 2019) que estimen un consum de 0.63 kWh per m<sup>3</sup> de magatzem per dia d'emmagatzematge gastat en refrigeració. A la taula 6 es reflexen els corresponents consums energètics de dites operacions. Finalment es contempla la fase d'empaquetat per a la qual, a falta de dades pròpies, s'ha considerat una comercialització del 52% de les mandarines en caixes de cartró, mentre que el 32% es comercialitza en caixes de polietilè, i el 16% restant en bosses de polietilè HD (Ribal et al., 2019). Es considera que les caixes de polietilè es reutilitzen una mitjana de 5 vegades anualment i durant 10 anys (Albrecht et al., 2013; Ribal et al., 2019).

**Taula 6.** Processos relacionats amb la postcollita i empaquetat.

| Procés   | Unitat                 | Copalca | Terres l'Ebre | Comentari   |
|--|------------------------|---------|---------------|---|
| Mandarines   | tn                     |         | 1             |   |
| <b>Tractaments postcollita</b>                           |                        |         |               |   |
| Percentatge de fruita tractada                           | %                      | 85      | 80            |   |
| Producte fungicida drencher                              | L/tn                   | 0,16    |               | Imazalil, 7,5%, dosis 0,5l/100L   |
| Producte fungicida línia confecció                       | L/tn                   | 0,002   | 90            | Fosetil, 10%  |
| Encerat  | Kg/tn                  | 1       | 1             | Goma laca E904 14%p/v   |
| Tractament fungicida en cambra                           | Kg/tn                  | 0,02    |               | Pirimetaniil 20% [SC] P/V   |
| Aigua  | m <sup>3</sup> /tn     | 0,0116  | 0,0546        | Valor donat i calculat respectivament   |
| <b>Emmagatzematge</b>                                    |                        |         |               |   |
| Infraestructura magatzem i equipament                    | m <sup>2</sup>         | 1000    | 4100          |   |
| Infraestructura camara prerrefrigeració                  | m <sup>3</sup>         | 3500    | 1500          |   |
| Temps magatzem   | dies                   | 30      | 15            | Valor mitjà d'un rang que va des d'0 dia fins a un màxim de 30 dies                   |
| Energia, electricitat camara llarga conservació >3 mesos | KWh/m <sup>3</sup> dia | 0,63    | 0,63          | Consum de 0.63 kWh per m3 per dia d'emmagatzematge gastat en refrigeració; Fonts: EPD |
| <b>Embalatge</b>   |                        |         |               |   |
| Bosses polietilè HD                                      | Kg/tn                  |         | 0,064         |   |
| Caixes polietilè   | Kg/tn                  |         | 14,8          | Reutilitzables, ús mitjà de 5 vegades, per 10 anys                                    |
| Cartró   | Kg/tn                  |         | 15,6          |   |
| Transport material embalatge                             | km                     |         | 50            | Es considera fàbrica local de material embalatge                                      |
| Electricitat   | kWh                    |         | 20            | Procés empaquetat   |

## Qualitat de les dades

Donat l'interès en establir un barem de qualitat de les dades emprades s'ha fet una adaptació dels criteris de representativitat suggerits per la EF (EC 2013) per aplicar-la en el nostre estudi, avaluant per a cadascun dels processos implicats si es tracten de dades locals validades per experts (òptim: puntuació 1) o dades secundàries obtingudes de bases de dades o literatura (fins puntuació 5 depenent de la qualitat de les dades), amb diferent grau de puntuació depenent de l'origen de la base de dades. En general es pot afirmar que les dades primàries corresponents a la producció agrícola presenten un nivell de qualitat alt (mitjana 1,6). A la taula 7 es presenta un resum detallat de la valoració de qualitat de les dades primàries emprades d'acord a la seva representativitat tecnològica, Te, geogràfica, G, temporal, Ti, i de precisió/incertesa, P.

**Taula 7.** Rati de qualitat de les dades. Te: representativitat tecnològica; G: representativitat geogràfica; Ti representativitat temporal; P: precisió/incertesa.

|                          | DQR        | Te         | G          | Ti         | P          | Comentaris   |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| <b>Mitjana Producció</b> | <b>1,6</b> | <b>2,6</b> | <b>1,3</b> | <b>1,0</b> | <b>1,4</b> |  |
| Planter                  | 2          | 3          | 3          | 1          | 1          | Procés producció peus de arbre base de dades   |
| Fertilitzants            | 1,25       | 2          | 1          | 1          | 1          | Dades d'aplicació validades, i procés fabricació fertilitzants mitjana de base de dades mitjanes SP  |
| Operacions agrícoles     | 1,5        | 3          | 1          | 1          | 1          | Dades d'utilització validades, i procés de producció i combustió diesel mitjana de base de dades EU  |
| Fitosanitaris            | 1,75       | 3          | 1          | 1          | 2          | Dades d'aplicació validades, però presenta alta variabilitat depenent campanya i el procés de fabricació fitosanitaris correspon mitjana base de dades.                                  |
| Reg                      | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | Dades d'aplicació validades, i procés producció electricitat corresponent a Espanya  |
| Transport                | 1,5        | 2          | 2          | 1          | 1          | Dades validades, i procés transport corresponent a base de dades mitjana EU  |
| Tractaments Postcollita  | 1,75       | 3          | 1          | 1          | 2          | Dades d'aplicació validades, però presenta alta variabilitat depenent campanya i el procés de fabricació fitosanitaris correspon mitjana base de dades.                                  |
| Emmagatzematge           | 1,75       | 3          | 1          | 1          | 2          | Dades d'utilització validades, però presenta alta variabilitat depenent de dies de emmagatzematge i volum infraestructura. Procés emmagatzematge corresponent a base de dades mitjana EU |
| Embalatge                | 1,75       | 3          | 1          | 1          | 2          | Dades d'utilització validades, però presenta alta variabilitat depenent procés de fabricació. Procés embalatge corresponent a base de dades mitjana EU                                   |

Te= 1 Tecnologia emprada; Te= 2 Tecnologia aproximada procedent de bases de dades secundàries procés similar; Te=3 Tecnologia genèrica procedent de bases de dades secundàries procés mitjana; Te=4 Dades bibliogràfiques

Ti=1 Dades actuals; Ti=2 dades estimades com actuals

G= 1 corresponent a la geografia on s'estudia, en aquest cas Catalunya; G=2 dades corresponents a bases de dades de geografia més àmplia ex, EUROPA

P= 1 dades expressament mesurades i/o calculades representatives i verificades per un 3r; P=2 dades proporcionades pels experts amb alta variabilitat; P = 3, dades estimades o calculades i parcialment revisades per experts

## Anàlisi sensibilitat

La metodologia de quantificació ambiental, ACV, té aspectes encara sota desenvolupament, és per això i veure com poden afectar diferents criteris que es duen a terme una sèrie d'anàlisis de sensibilitat, per tal de delimitar la influència de paràmetres que poden ser clau en la quantificació dels impactes:

- i) Criteris quantificació impacte consum aigua de reg
- ii) Avaluació impacte fitosanitaris genèrics vs fitosanitaris específics,

### **i) Impacte consum aigua de reg**

La metodologia suggerida per la CE en el marc de la iniciativa EF, proposa un indicador en què l'aigua consumida es valoritza en funció de la disponibilitat d'aigua de la regió. A priori la CE recomanaria utilitzar factors de caracterització estatals. Però, depenent de si fem servir regió administrativa, Espanya o Catalunya o conca hidrogràfica, Ebre, i valors totals anuals o calculat en base al consum mensual de reg, els resultats poden variar. Donat que l'aigua és un factor limitant per la viabilitat ambiental d'un cultiu a la zona estudiada s'avaluen els resultats utilitzant la mitjana de Catalunya en comparació amb la mitjana de les terres de l'Ebre i el valor calculat en base a mitjana anual o mensualment, veure factors de caracterització a taula 8.

### **ii) Avaluació impacte fitosanitaris genèrics vs fitosanitaris específics**

No sempre es disposa ni de la informació dels productes específics aplicats o a les bases de dades no es té informació específica de fitosanitaris existents, pensem que aquest és un tema que canvia tot sovint, bé per l'aparició de nous productes, bé per canvis legislatius. Compararem per tant, l'anàlisi de la dosi total aplicada de fitosanitaris utilitzant per una banda les dades d'impacte donats per fitosanitaris genèrics (herbicides, insecticides, fungicides), versus la suma de l'impacte detallat per cada tipus de fitosanitari específic utilitzat en aquest cas particular (Taula 9). D'aquesta manera, i assumint que s'aplica aproximadament la mateixa quantitat total de productes però diferents tipus de fitosanitaris, es pot conèixer la sensibilitat dels resultats a l'ús de diferents tipus de fitosanitaris. Farem aquesta anàlisi pels fitosanitaris emprats amb unes dosis més altes (assenyalats en blau) i en cas de què no estiguin disponibles en les bases de dades consultades, substituint per un fitosanitari de la mateixa família (serà el cas de Metazoclor, MCPA, Clorfentezin, i Clorpirifos, veure taula 9).

**Taula 8.** Quantitat d'aigua aportada, factors caracterització mensuals per la conca hidrogràfica Ebre, per Catalunya i valors mitjanes anuals per SP, CAT, i conca Ebre

| FC                                     | Mitja | Gen  | Feb  | Mar  | Abr  | Mai  | Jun | Jul  | Ago  | Set | Oct | Nov  | Des |
|--|-------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|------|-----|
| REG, m <sup>3</sup> /ha                |       | 0    | 115  | 230  | 402  | 575  | 748 | 1150 | 1035 | 869 | 403 | 230  | 0   |
| EBRE, m <sup>3</sup> eq/m <sup>3</sup> | 90,0  | 1,13 | 1,41 | 1,40 | 1,39 | 2,02 | 100 | 100  | 100  | 100 | 100 | 2,50 | 0   |
| CAT                                    | 84,45 | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -   | -   | -    | -   |
| SP                                     | 77,8  | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -   | -   | -    | -   |

**Taula 9.** Detall dels fitosanitaris aplicats. Les quantitats són les quantitats mitjanes aplicades al llarg de 12 anys de cultiu. Els productes aplicats han canviat al llarg d'aquests anys, però les dosis han estat similars.

| Fitosanitaris, dosis per ingredient actiu     |                    | Escenari 1           | Escenari 2                      |
|---|--------------------|----------------------|---------------------------------|
| Fitosanitaris, Dosis total Producte           | kg/ha <b>90,81</b> |                      |                                 |
| Fitosanitaris, Dosis per i.a.                 | <b>47,14</b>       |                      |                                 |
| Herbicides, Dosis total Producte              | kg/ha <b>33,76</b> |                      |                                 |
| Herbicides, dosis per i.a.                    | kg/ha <b>11,47</b> | <b>Herbicides</b>    |                                 |
| Glifosat 36% (sal isopropilamina) [sl] p/v    | kg/ha 7,48         |                      | <b>Glifosat</b>                 |
| Fluroxipir 20% [ec] p/v                       | kg/ha 0,57         |                      | <b>Herbicida</b>                |
| Oxifluorfen 24% [ec] p/v                      | kg/ha 0,94         |                      | <b>Herbicida</b>                |
| Metazacloro 50% [sc] p/v ()                   | kg/ha 1,03         |                      | <b>Cloroazetamida</b>           |
| Diflufenican 30% [sc] p/v                     | kg/ha 0,57         |                      | <b>Herbicida</b>                |
| MCPA 40% (sal potásica) [sl] p/v              | kg/ha 0,85         |                      | <b>Àcids fenoxi-carboxílics</b> |
| Flazasulfuron 25% [wg] p/p                    | kg/ha 0,03         |                      | <b>Herbicida</b>                |
| Fungicides, Dosis total Producte              | kg/ha <b>11,03</b> |                      |                                 |
| Fungicides, Dosis per i.a.                    | kg/ha <b>6,76</b>  | <b>Fungicides</b>    |                                 |
| Oxiclorur de Coure 50% (Expr. En Cu) [Wp] P/P | kg/ha 3,45         |                      | <b>Oxiclorur de Coure</b>       |
| Fosetil-Al 80% [Wg] P/P                       | kg/ha 3,31         |                      | <b>Fosetil-Al</b>               |
| Insecticides, Dosis total Producte            | kg/ha <b>46,02</b> |                      |                                 |
| Insecticides, Dosis per i.a.                  | kg/ha <b>28,91</b> | <b>Insecticides</b>  |                                 |
| Oli mineral insecticida 83%                   | kg/ha 24,46        | Oli Mineral          | <b>Oli Mineral</b>              |
| Etoxazol 11% [sc] p/v                         | kg/ha 0,05         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Tebufenpirad 20% [wp] p/p                     | kg/ha 0,21         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Clofentezin 50% [sc] p/v ()                   | kg/ha 0,40         |                      | <b>Tetrazina</b>                |
| Hexitiazox 10% [wp] p/p                       | kg/ha 0,05         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Fenproxiato 5,12% [sc] p/v                    | kg/ha 0,07         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Spirotetramat com a insecticida 15%           | kg/ha 0,13         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Abamectina 1,8% [ec] p/v                      | kg/ha 0,02         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Pimetrozina 25%                               | kg/ha 0,08         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Acetamiprid 20% [sp] p/p                      | kg/ha 0,04         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Flonicamid 50% [wg] p/p                       | kg/ha 0,08         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Dimetomorf 15% [dc] p/v                       | kg/ha 0,25         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Bacillus Thuringiensis Kurstaki               | kg/ha 1,07         | <i>No considerat</i> | <i>No considerat</i>            |
| Clorpirifos 20%                               | kg/ha 0,63         |                      | <b>Organofosforat</b>           |
| Piriproxifen 10% [ec] p/v                     | kg/ha 0,08         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Spirotetramat 15% [od] p/v                    | kg/ha 0,12         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Oli de Neem 80%                               | kg/ha 0,96         |                      | <b>Insecticida</b>              |
| Tau-fluvalinato 24% [ew] p/v                  | kg/ha 0,19         |                      | <b>Insecticida</b>              |

## Anàlisi de l'impacte

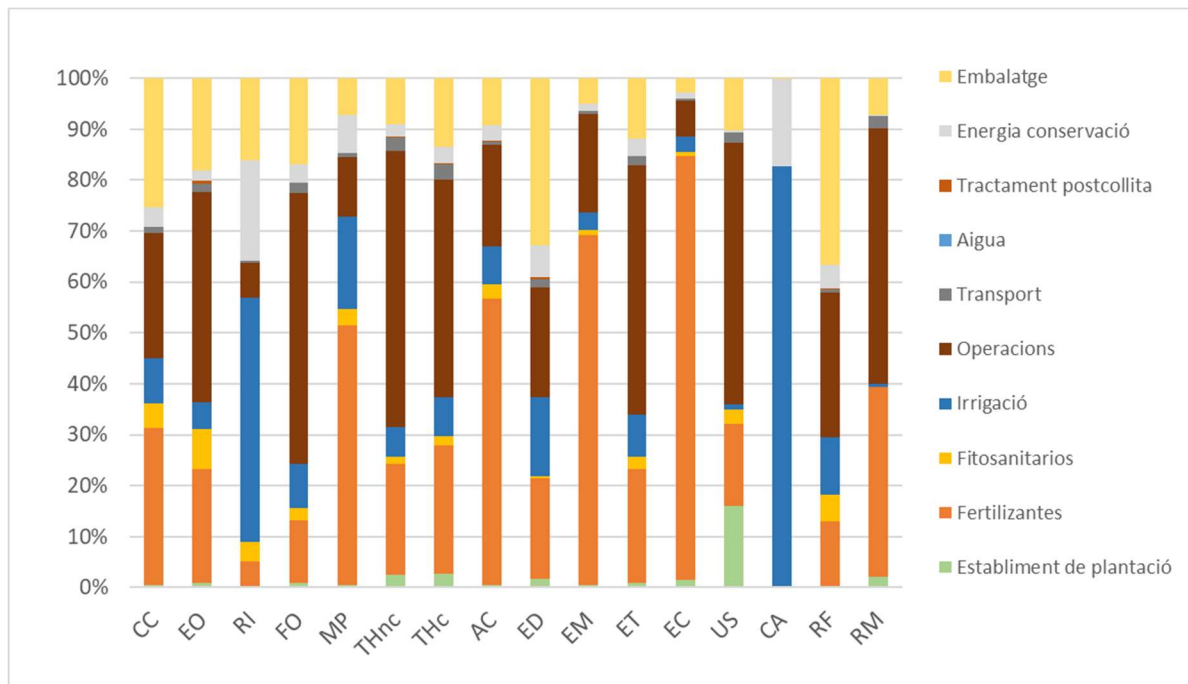
La taula 10 presenta els resultats d'una producció representativa de mandarines, utilitzant com a unitat funcional la tona de producció de mandarina considerant un rendiment comercial de 30,75 ton/ha. A la taula 10 es presenta per separat l'impacte que representa el cultiu i la postcollita.

La figura 3, presenta les contribucions en percentatge, identificant les principals causes de cada impacte per les diferents categories ambientals.

**Taula 10** Resultats expressats en les unitats equivalents per les diferents categories d'impacte per 1 tona de mandarines pel escenari agrícola i rendiment comercial i pel procés de postcollita.

| Categoria d'impacte                    | Abreviatura | Unitat equivalent      | Cultiu   | Postcollita |
|--|-------------|------------------------|----------|-------------|
| Canvi climàtic                         | CC          | kg CO <sub>2</sub> eq  | 1,74E+02 | 7,20E+01    |
| Esgotament capa Ozó                    | EO          | kg CFC-11 eq           | 1,79E-05 | 4,75E-06    |
| Radiació ionitzant                     | RI          | kBq U235 eq            | 3,22E+01 | 1,81E+01    |
| Formació fotoxidants                   | FO          | kg NMVOC eq            | 8,30E-01 | 2,15E-01    |
| Formació micropartícules               | MP          | DALY                   | 1,70E-05 | 2,97E-06    |
| Toxicitat humana, no càncer.           | THnc        | CTU <sub>h,nc</sub>    | 3,28E-06 | 4,27E-07    |
| Toxicitat humana, càncer.              | THc         | CTU <sub>h,nc</sub>    | 9,02E-08 | 1,78E-08    |
| Acidificació                           | AC          | molc H <sup>+</sup> eq | 2,24E+00 | 3,18E-01    |
| Eutrofització aigua dolça              | ED          | kg P eq                | 2,70E-02 | 1,77E-02    |
| Eutrofització marina                   | EM          | kg N eq                | 8,81E-01 | 6,07E-02    |
| Eutrofització terrestre                | ET          | molc N eq              | 3,42E+00 | 6,23E-01    |
| Ecotoxicitat aigua dolça               | EC          | CTU <sub>e</sub>       | 1,34E+04 | 5,67E+02    |
| Ús del sòl                             | US          | Pt                     | 1,57E+03 | 1,89E+02    |
| Consum aigua                           | CA          | m <sup>3</sup> eq      | 3,41E+04 | 7,16E+03    |
| Esgotament recursos fòssils            | RF          | MJ                     | 2,50E+03 | 1,77E+03    |
| Esgotament recursos minerals i metalls | RM          | kg Sb eq               | 5,02E-03 | 4,06E-04    |





**Figura 3.** Contribució en percentatge per les diferents categories d'impacte per l'escenari de producció de mandarines a Terres de l'Ebre (veure explicació sigles categories d'impacte a taula 10)

En general es pot destacar que les més grans contribucions per a la major part de categories d'impactes resulten l'aplicació de Fertilitzants, el consum de gasoil en les Operacions agrícoles, i el consum Energètic, principalment durant emmagatzamatge, seguits dels processos relacionats amb embalatge, i la Irrigació a la categoria de consum d'aigua.

Els **fertilitzants** amb els corresponents impactes en relació a la seva producció i emissions produïdes durant la seva aplicació són, dins de els processos relacionats amb el cultiu de la mandarina, la principal causa de ecotoxicitat, EC (justificant més de el 83% de l'impacte total en aquesta categoria ambiental) i acidificació, AC (justificant el 56% de l'impacte total en aquesta categoria ambiental). El gran impacte en la primera, EC, es deu sobretot a el procés de producció del fertilitzant potàssic. L'impacte en la acidificació, AC, és a causa principalment de les emissions emeses a camp durant la seva aplicació (justificant un 30% del total). Aquestes emissions a camp durant la aplicació dels fertilitzants també cobren importància en las categories de formació micropartícules, MP (32%) eutrofització marina, EM (64%); i canvi climàtic, CC (10%), que junts a el procés de producció de fertilitzants contribueixen amb un 51%, 69% i el 31% de l'impacte en aquestes categories respectivament. Els processos de producció de fertilitzants també contribueixen de forma important a l'esgotament de recursos minerals, RM (justificant a prop del 37% de l'impacte total en aquesta categoria ambiental); i eutrofització d'aigua dolça i terrestre, ED i ET (justificant 19% i 22% respectivament de l'impacte total en aquesta categoria ambiental).

L'impacte del consum elèctric queda principalment reflectit en la categoria de radiació ionitzant, RI i consum d'aigua, CA, de les quals justifica el 20% i el 17% de l'impacte total, respectivament. La importància per la radiació ionitzant (RI) del consum energètic, es deguda al percentatge de energia nuclear en la producció d'electricitat, que en el any 2018 suposo el 21,5% de la producció total de energia en la península, un valor que es manté bastant constant en els darrers anys, en el cas del consum d'aigua és degut a què la metodologia emprada comptabilitza aigua emprada en la producció d'energia hidràulica i que en el producció de mix elèctric espanyol correspon al 14,6% (RES, 2020). El consum elèctric està dominat per l'energia emprada per els processos de

refrigeració durant l'emmagatzematge (postcollita), que dependrà al seu torn del temps de emmagatzemat. Cal aclarir que els temps d'emmagatzematge poden variar entre 0 dies i arribar fins als 30 dies d'emmagatzematge al llarg de la temporada de recol·lecció i que no tot el producte passa sempre per aquest procés. Per fer aquests càlculs s'han fet servir una mitja de 15 dies d'emmagatzematge de mandarines i un 60% de la producció s'emmagatzema. S'ha fet una anàlisi utilitzant com a temps mitjà d'emmagatzematge 3, 7 i 30 dies (Taula 11), d'aquesta manera es veu el impacte que aquest factor pot tenir sobre el resultat final.

**Taula 11.** Variabilitat dels resultats de l'impacte de postcollita en funció de el temps d'emmagatzematge (30, 15, 7 i 3 dies).

| Categoria d'impacte                      | Abreviatura | Unitat equivalent      | Postcollita 30 | Postcollita 15 | Postcollita 7 | Postcollita 3 |
|--|-------------|------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Temps magatzem camara conservació (dies) |             |                        | 30             | 15             | 7             | 3             |
| Canvi climàtic                           | CC          | kg CO <sub>2</sub> eq  | 7,57E+01       | 7,20E+01       | 7,01E+01      | 6,91E+01      |
| Esgotament capa Ozó                      | EO          | kg CFC-11 eq           | 4,94E-06       | 4,75E-06       | 4,64E-06      | 4,59E-06      |
| Radiació ionitzant                       | RI          | kBq U235 eq            | 2,21E+01       | 1,81E+01       | 1,59E+01      | 1,48E+01      |
| Formació fotoxidants                     | FO          | kg NMVOC eq            | 2,30E-01       | 2,15E-01       | 2,07E-01      | 2,03E-01      |
| Formació micropartícules                 | MP          | DALY                   | 3,58E-06       | 2,97E-06       | 2,64E-06      | 2,48E-06      |
| Toxicitat humana, no càncer              | THnc        | CTU <sub>h,nc</sub>    | 4,63E-07       | 4,27E-07       | 4,08E-07      | 3,99E-07      |
| Toxicitat humana, càncer                 | THc         | CTU <sub>h,nc</sub>    | 1,91E-08       | 1,78E-08       | 1,71E-08      | 1,67E-08      |
| Acidificació                             | AC          | molc H <sup>+</sup> eq | 3,49E-01       | 3,18E-01       | 3,01E-01      | 2,92E-01      |
| Eutrofització aigua dolça                | ED          | kg P eq                | 1,88E-02       | 1,77E-02       | 1,70E-02      | 1,67E-02      |
| Eutrofització marina                     | EM          | kg N eq                | 6,59E-02       | 6,07E-02       | 5,79E-02      | 5,65E-02      |
| Eutrofització terrestre                  | ET          | molc N eq              | 6,79E-01       | 6,23E-01       | 5,92E-01      | 5,77E-01      |
| Ecotoxicitat aigua dolça                 | EC          | CTU <sub>e</sub>       | 6,33E+02       | 5,67E+02       | 5,32E+02      | 5,15E+02      |
| Ús del sòl                               | US          | Pt                     | 1,92E+02       | 1,89E+02       | 1,88E+02      | 1,87E+02      |
| Consum aigua                             | CA          | m <sup>3</sup> eq      | 1,00E+04       | 7,16E+03       | 5,63E+03      | 4,87E+03      |
| Esgotament recursos fòssils              | RF          | MJ                     | 1,85E+03       | 1,77E+03       | 1,73E+03      | 1,71E+03      |
| Esgotament recursos minerals i metalls   | RM          | kg Sb eq               | 4,09E-04       | 4,06E-04       | 4,04E-04      | 4,03E-04      |

Destaca també l'impacte en la majoria de categories de les **operacions agrícoles**, que contribueix a la categoria recursos minerals, RM (50%); ús del sòl, US (51%); toxicitat humana, TH (54 i 43% respectivament per no cancer i cancer); a formació de fotooxidants, FO (53%) i esgotament ozons, EO (41%) i en menor proporció a EM (19%), RF (28%, CC (25%), AC (20%), i ED (22%), estant la seva contribució per sota de l'12% de contribució a l'impacte en la resta de categories (RI, MP, EC, i

CA). Aquestes operacions estan relacionades amb els processos de producció però sobretot per la combustió de dièsel i les seves emissions, principals responsables de la contribució a aquests impactes.

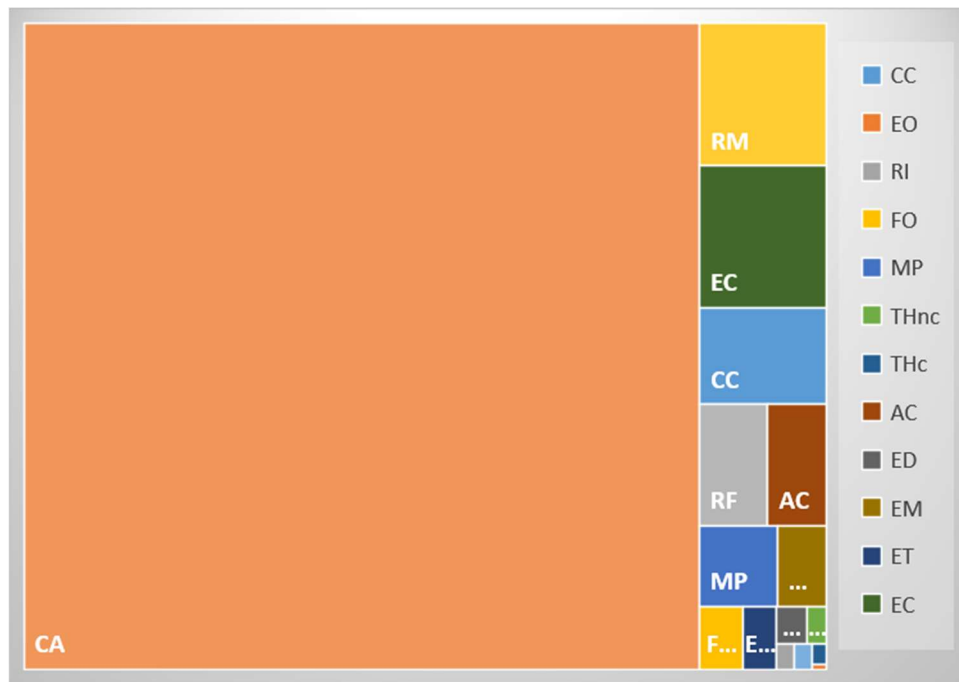
El procés de **embalatge** inclou l'impacte l'extracció dels materials empleats i el processat d'aquests materials per obtenir les bosses i caixes on s'emmagatzemaran i més tard es transportaran les mandarines fins als punts de venda. L'embalatge es el causant del 37% de l'esgotament de recursos fòssils, RF. Tanmateix, contribueix a les categories d'impacte eutrofització de agua dolça, ED (33%), canvi climàtic, CC (25%), esgotament de la capa de ozó, EO (18%), i la formació fotoxidants, FO (17%).

L'impacte del **reg** a més de la gran importància com és lògic sobre la categoria d'impacte consum d'aigua (83%), té un impacte considerable (48%) per radiació ionitzant, RI. Es a causa del consum energètic per la necessitat de bombejar aigua subterrània per al mateix, la qual cosa comporta una major despesa energètica que en els casos en què es bombi aigua superficial. A causa de la gran importància, com es veure més endavant, d'aquesta categoria d'impacte, CA, en el impacte total del cultiu de mandarines, s'ha estudiat més detalladament.

La producció de **fitosanitaris** contribueix principalment a l'esgotament de la capa de ozó, EO (justificant el 8% de l'impacte total); canvi climàtic, CC (justificant el 5% de l'impacte total); l'esgotament recursos fòssils, RF i ús del sòl, US (justificant el 5% i 3% de l'impacte total respectivament). Per a la resta de categories d'impacte la seva contribució està per sota de el 3%.

El fet que els processos relacionats amb el **transport** durant la producció agrícola no tinguin un gran impacte en general (només contribueix en un 2,5% i 3% en els categories de toxicitat humana, i 2,4% per l'ús de recursos minerals; en un 1% en la categoria de canvi climàtic, en un 1,6% per esgotament de ozó, en un 2% per fotoxidants, i en un 1% en els categories de acidificació, i eutrofització), es deu principalment a la proximitat dels desplaçaments: cooperativa (7 km), una deixalleria (3 km) i gestor de residus locals (38 km). De la mateixa manera l'impacte del transport del material d'embalatge és encara menor (no arriba a l'1% en cap categoria d'impacte), això s'explica també per tenir com a proveïdors una fàbrica de material embalatge local. El baix impacte ambiental dels **tractaments postcollita** (per sota de l'1% de contribució a l'impacte en cada categoria), esta relacionat amb la relativa poca quantitat de productes necessaris en aquesta part de el procés, afectant a un 80% de mitjana de la producció total Terres de l'Ebre.

Com s'ha comentat a la introducció, l'eina de quantificació ambiental ACV dona una visió holística de la cadena de producció i dels diferents impactes ambientals. Per tal de comparar la importància entre les diferents categories d'impacte s'ha procedit a la **normalització** i corresponent **ponderació** entre elles, per això s'ha seguit el criteris establerts en el marc de la iniciativa Environmental Footprint de la CE (CE, 2013), criteris que encara es troben sota discussió però que ens poden donar un apunt de cap a on es poden prioritzar solucions. Els resultats d'aquesta normalització i ponderació ens permet convertir les unitats equivalents de cada categoria d'impacte en punts de contribució a contaminació i comparar entre les diferents categories, la qual cosa ens permet per tant donar prioritat a les categories d'impacte especialment rellevants. A la figura 4 es presenten els resultats normalitzats i ponderats per l'escenari estudiat. En aquest escenari es pot observar que la categoria d'impacte més rellevant amb diferència és la de consum d'aigua, CA, explica un 82% de l'impacte seguida per RM (3,9%), EC (3,8%) i CC (2,7%) i la resta estan per sota del 2%.



**Figura 4. Representació esquemàtica de les categories d'impacte normalitzades i ponderades d'acord a la metodologia EF (PEF 2018).**

Aquesta més gran contribució de l'impacte del **consum d'aigua, CA**, vindria explicada pel fet que la metodologia utilitzada per calcular l'impacte de el consum d'aigua en funció de la disponibilitat hídrica de la zona utilitza els factors de caracterització mitjans d'Espanya per realitzar aquests càlculs, on l'aigua apareix com un dels temes més preocupants des del punt de vista ambiental, especialment per la baixa disponibilitat d'aigua en relació al consum total en els mesos d'estiu. Això vol dir que el mateix consum hídric en àrees en més alta disponibilitat (o períodes) tindrien un impacte més moderat. És per això que s'ha realitzat una anàlisi de sensibilitat per comprovar quin és el pes d'aquesta categoria ambiental, consum d'aigua, si s'utilitzen dades més específics.

L'**esgotament de recursos minerals i metalls, RM**, s'explica principalment per l'ús de recursos per a la producció dels fertilitzants (40%) i el combustible emprat per operacions agrícoles (55%).

La contribució als potencials efectes tòxics sobre els ecosistemes aquàtics, **ecotoxicitat aigua dolça, EC**, principalment est relacionat amb les substàncies tòxiques existents en l'ambient degut a l'aplicació de fitosanitaris, a la producció dels fertilitzants i en menor mesura per la producció de combustible en les operacions agrícoles.

Per a la categoria de **canvi climàtic, CC**, són diversos els processos que contribueixen: les emissions degudes a l'aplicació de fertilitzants (14%), amb càlcul d'emissions fet en base als valors per defecte recomanats per factor d'emissió recomanat per EF (PEF, 2013). També contribueixen la combustió de dièsel en les operacions agrícoles (32%), seguits de la fabricació de fertilitzants nitrogenats (23%), i producció de fitosanitaris (13%).

#### **Anàlisi sensibilitat metodologia consum aigua**

A causa de la importància que té el **consum d'aigua** en la producció agrícola de la mandarina s'ha fet una anàlisi més en profunditat de l'impacte d'aquest factor. Per a això i amb l'objectiu d'avaluar el seu impacte amb la major precisió possible s'ha avaluat com canviaria el pes del consum de aigua sobre l'impacte ambiental total de la producció agrícola si s'utilitzen diferents mètodes

(Taula 12). D'una banda, se han analitzat els resultats usant dades de disponibilitat hídrica el mes regionals possibles. Per això se han utilitzar dades específics de Catalunya, i dades específics de la Conca Hidrogràfica en lloc de les dades mitjanes d'Espanya. Els resultats normalitzats i ponderats per l'escenari estudiat amb dades específics de disponibilitat hídrica per Catalunya (83%) i per la conca hidrogràfica del Ebre (84%) indiquen que la categoria d'impacte més rellevant segueix sent el consum d'aigua. En aquest cas cal comentar que donada la importància que té la conca hidrogràfica Ebre tant a Catalunya com Espanya el resultats no canvien gaire.

D'altra banda, donat les grans diferències que hi pot haver pel que fa a la disponibilitat d'aigua depenent de les condicions climàtiques de cada estació de l'any se han analitzat els resultats usant dades mensuals de reg en lloc d'annuals i les dades de disponibilitat hídrica per a cada mes de l'any en lloc del mitjana anual. S'observa que quan s'utilitza les dades mensuals de reg en lloc d'annuals i les dades de disponibilitat hídrica per a cada mes de l'any en lloc del mitjana anual, es redueix la contribució de la categoria d'impacte consum d'aigua (81,64%) (taula 12), i encara que la categoria d'impacte més rellevant segueix sent el consum d'aigua, contribuint d'una manera més important que en els escenaris anteriors la categoria EC (4,04%), RM (4,07%) i CC (2,75%). Aquest resultats ambientals ncara que segueixen mostrant la gestió de l'aigua com uns dels aspectes més preocupants, confirmen la importància d'avaluar la disponibilitat hídrica amb dades el més locals possible i en funció de el reg mensual que es doni al cultiu avaluat tenint en compte les necessitats hídriques de cada període, per obtenir dades el més properes a la realitat possible. I donada la importància que la categoria d'impacte té un cop normalitzades i ponderades totes les categories d'impacte podem veure com aquest aspecte pot afectar a la puntuació total (taula 12).

**Taula 12. Valors de contribució a les categories d'impacte normalitzades i ponderades d'acord a la metodologia EF (PEF 2018) per diferents escenaris, a) usant dades de disponibilitat hídrica de Catalunya, b) usant dades de disponibilitat hídrica de Espanya, c) usant dades de disponibilitat hídrica de la conca hidrogràfica del Ebre, d) usant dades mensuals de disponibilitat hídrica de la conca hidrogràfica del Ebre.**

|               | TOTAL impacte<br>(mPt/ton mandarina) | Corresponent consum aigua<br>(mPt/ton mandarina) | Corresponent consum aigua (%) |
|---------------|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| Catalunya     | 161                                  | 134  | <b>83,38</b>                  |
| Espanya       | 152                                  | 125  | <b>82,36</b>                  |
| Ebre, mensual | 146                                  | 119,2  | <b>81,64</b>                  |

### **Anàlisi sensibilitat estimació impacte fitosanitaris genèrics vs fitosanitaris específics**

El tipus de fitosanitaris que s'utilitzen canvien cada any, essent per tant un aspecte amb molta variabilitat. Per una banda podem tenir una dosi mitjana de fitosanitaris que s'aplica anualment i per una altra el detall de les dosis que s'usen en cada producte (Taula 9), és per això que es vol comparar els resultats d'avaluar un o altre cas, producte fitosanitari genèric (herbicida, fungicida, insecticida) *versus* la suma de l'impacte detallat per cada producte específic. D'aquesta manera, i assumint que s'aplica aproximadament la mateixa quantitat total de productes però diferents tipus de fitosanitaris, es pot conèixer la sensibilitat dels resultats als fitosanitaris específics. Per a això s'han tingut en compte les categories d'impacte relacionades amb la toxicitat així com les quatre categories d'impacte a les que la producció dels fitosanitaris contribueixen en major mesura, i que són canvi climàtic, esgotament capa Ozó, acidificació, i esgotament de recursos

fòssils. La taula 13 presenta la variació en percentatge de la contribució de la producció de fitosanitaris a l'impacte ambiental total per aquestes categories d'impacte en què els fitosanitaris tenen més pes. Es pot veure que en tots els casos l'impacte és semblant amb l'excepció de la categoria relacionats amb la toxicitat. Aquests canvis es deuen al fet que els factors de caracterització específics dels productes fitosanitaris utilitzats (i en concret de Coure, Glifosat, Metazochlor, Fosetyl-Al) són majors que aquells factors de caracterització per a un herbicida / fungicida / insecticida genèric.

**Taula 13. Variació de la contribució a l'impacte ambiental per els quatre categories d'impacte més rellevants respecte a fitosanitaris, comparant la producció de pesticida genèric amb la producció segons el producte específic utilitzat.**

| Escenari Producció     | Categoria Impacte (dades per ha)  | Resultat        | Contribució a l'impacte total (%) |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| Fitosanitari genèric   | Canvi climàtic (kg CO2 eq)        | 7,56E+03        | 5                                 |
| Fitosanitari específic |                                   | 7,44E+03        | 3                                 |
| Fitosanitari genèric   | Esgotament capa Ozó (kg CFC11 eq) | 6,99E-04        | 8                                 |
| Fitosanitari específic |                                   | 7,01E-04        | 8                                 |
| Fitosanitari genèric   | Acidificació (mol H+ eq)          | 7,87E+01        | 3                                 |
| Fitosanitari específic |                                   | 7,98E+01        | 4                                 |
| Fitosanitari genèric   | Esgotament recursos fòssils (MJ)  | 1,31E+05        | 5                                 |
| Fitosanitari específic |                                   | 1,29E+05        | 4                                 |
| <b>Toxicitat</b>       |                                   |                 |                                   |
| Fitosanitari genèric   | Ecotoxicitat (CTUe)               | 4,24E+05        | 1                                 |
| Fitosanitari específic |                                   | <b>4,52E+05</b> | <b>7</b>                          |
| Fitosanitari genèric   | Toxicitat humana no càncer (CTUh) | 1,11E-04        | 1                                 |
| Fitosanitari específic |                                   | <b>1,35E-04</b> | <b>19</b>                         |
| Fitosanitari genèric   | Toxicitat humana càncer (CTUh)    | 3,23E-06        | 2                                 |
| Fitosanitari específic |                                   | <b>3,64E-06</b> | <b>13</b>                         |

## Interpretació

El present estudi mostra els resultats de la quantificació ambiental de una producció representativa de mandarines a Catalunya. Les mandarines, dins del cultiu dels cítrics, son el cultiu de major importància a Catalunya, amb extensió de terreny conreuat i produccions destacades per sobre del segon cítric més cultivat, la taronja. Per tant, l'estudi s'ha enfocat en quantificar la petjada ambiental de la producció agrària de cítrics a Catalunya usant com a escenari representatiu el cultiu de la mandarina, i amb el focus en els processos de la producció agrària i postcollita, per tal de detectar punts febles i així poder fer recomanacions de millora, des del punt de vista ambiental, o fins i tot fer assessorament als agricultors que vulguin incorporar aquesta producció en el futur.

El resultats ambientals han mostrat la gestió de l'aigua com uns dels aspectes més preocupants. Així, tenint en compte el tema aigua com a factor limitant es veu que cal prioritzar actuacions sobre el reg per intentar reduir-lo en la mesura del possible, i sempre que no es perjudiqui la producció tenint en compte les necessitats hídriques del cultiu en cada moment. Ara bé, també queda clar que els resultats poden variar depenent si considerem valors mensuals o mitjanes anuals, per tant la recomanació de treballar amb dades mensuals de reg.

En aquest estudi ha quedat també demostrada la importància de la fertilització per una gran categoria d'impactes, aquest serà un aspecte el qual es recomanaria estudis més detallats i estudiar la possibilitat de substitució d'alguns dels fertilitzants minerals per orgànics.

Altres aspectes a considerar és el **consum de gasoil** a causa d'operacions agrícoles, és important estudiar la possibilitat de reduir sempre que hi hagi espai per a millora, per el seu pes en les categories relacionades amb l'ús de recursos no renovables i pel seu potencial efecte en aspectes relacionats amb la salut humana. En relació a això, a més d'intentar utilitzar maquinària més eficient, podria ser interessant estudiar en més profunditat la possible reducció en l'aplicació de fitosanitaris. En particular d'insecticides i herbicides, que semblen ser els treballs que més pes tenen en els processos relacionats amb operacions agrícoles, els tractaments fitosanitaris consumeixen molt gasoil ja que els tractors han de treballar molt revolucionats de motor (1900 rpm).

D'altra banda respecte a la aplicació dels **fitosanitaris** també es proposa estudiar la substitució de l'ús d'herbicides per treballs mecànics, encara que caldria estudiar com afecta aquest canvi al consum de gasoil. Tanmateix, es recomanaria estudiar en detall l'elecció dels productes a aplicar beneficiant en la mesura del possible a aquells que mostren menys impacte per a la toxicitat humana i ecosistemes, tot tenint en compte, no únicament la seva toxicitat intrínseca sinó també les seves propietats de degradació i mobilitat, aspectes que queden incorporats en els indicadors emprats.

Un aspecte positiu a destacar és el baix impacte ambiental del **transport**, parlant sempre en termes relatius a l'impacte total, això es deu a l'elecció de serveis locals ja que tant el planter on es compren els peus de planta com la cooperativa a la qual es transporten les mandarines i el gestor a què es transporten els residus són a poca distància.

Sobre els processos relacionats amb la **postcollita** els esforços podrien anar dirigits a millorar l'impacte dels processos d'emalatge i emmagatzematge. Per al primer es podria estudiar la manera d'implementar la seva reutilització amb part del cicle, i/o estudiar l'ús de materials alternatius amb menor impacte ambiental. Sobre l'impacte de l'emmagatzematge, a l'estar relacionat amb el consum energètic, es podria estudiar la possibilitat de producció d'energies renovables (e.g.: fotovoltaica a sostre magatzem) i intentar reduir el temps que el producte roman a càmera, educant al consumidor en un consum de temporada i productes de proximitat.

En relació a la qualitat de les dades emprades es poden definir com a molt bones, DQR mitjana = 1,6, per la producció agrícola de mandarines. Les dades referits a la producció agrícola, resulten dades més acurades pel que fa als aspectes de representativitat tecnològica, geogràfica i temporal en quant que corresponen a dades dels propis escenari de producció. Les dades més crítiques han estat pel procés de postcollita per dificultat específica de tenir dades exactes en dos aspectes clau, embalatge, a causa de la falta de dades precises sobre la quantitat de material d'emalatge utilitzat i de la gran diversitat de possibles materials utilitzats en el mateix, i consum elèctric, a causa de la variabilitat de les dades relatives al temps de l'emmagatzematge. Es poden, tanmateix, detectar aspectes pels quals caldria estudis més específics, per exemple donada la rellevància que adquireix la producció de peus de arbres en algunes categories d'impacte especialment les relacionades amb toxicitat, i tenint en compte que la dita producció correspon a una producció genèrica de arbres seria un aspecte interessant d'estudiar amb dades de producció de arbres locals.

La **taula 14** presenta un recull d'estudis previs d'avaluació de l'impacte ambiental de la producció de cítrics. Una gran part aquestes estudis s'enfoca en la producció de mandarines a Itàlia i Marroc, però també hi ha dades de la producció tant de mandarina com de taronja a les regions de València i Murcia. Destacar, però, una alta variabilitat en els resultats, degut a l'abast i processos inclosos en els diferents estudis, així com les diferents metodologies emprades en el càlcul dels

impactes fa difícil la comparació de valors absoluts, però donat que a petjada de carboni es basa en totes les metodologies en el treball desenvolupat per l'IPCC, i malgrat els canvis en factors de caracterització al llarg del temps, s'observa fixant-nos només en les dades de mandarina que el valor per aquesta categoria d'impacte oscil·la entre 201 a 663 kg CO<sub>2</sub> eq per ton de mandarines, incloent cultiu i postcollita, però exclouent consum. Els nostres valors 246 kg CO<sub>2</sub> eq per ton de mandarines per els processos conjunts de producció agrícola i postcollita) són en la part inferior d'aquests rangs. Per taronja, cítrics per al qual es troben mes estudis publicats, els valors d'impacte per la producció agrícola oscil·la entre 112 i 429 kg CO<sub>2</sub> eq per ton de taronja cultiu convencional, trobant-se els nostres valors dins d'aquests rangs (174 kg CO<sub>2</sub> eq per ton de mandarines per la part de producció agrícola). Els valors d'impacte per la postcollita oscil·la entre 44 i 54 kg CO<sub>2</sub> eq per ton de taronja cultiu convencional, trobant-se els nostres valors per sobre de d'aquests rangs (72 kg CO<sub>2</sub> eq per ton de mandarines. Aquesta diferència es deu principalment a l'electricitat consumida durant la refrigeració del producte, on s'ha assumit que es refrigera tota la producció durant 15 dies, però la veritat és que aquesta dada pot variar entre 0 i 30 dies. Si aquest procés ara només durés 3 dies, llavors el resultat seria 69 kg CO<sub>2</sub> eq per ton de mandarines. Esmentar que en general l'impacte d'altres cítrics com el llimona o l'aranja sembla ser menor segons la literatura consultada (en el rang de 89 a 155 kg CO<sub>2</sub> eq per ton de fruita incloent cultiu i postcollita). En els estudis en què es comparen diferents cítrics, és la mandarina la que sol tenir més impacte, la qual cosa s'atribueix a un major ús de fertilitzants, major consum d'aigua i combustible per les operacions agrícoles.

Per altres categories d'impacte rellevants, com per exemple eutrofització aigua dolça, acidificació, consum de aigua i l'esgotament de recursos fòssils, s'observa uns valors més baixos en el nostre estudi comparant els resultats calculats amb valors de dades de producció de cítrics a Espanya. Però no passa igual quan ens fixem en les categories d'impacte eutrofització marina i terrestre, i ecotoxicitat de aigua dolça on s'obté un impacte major en aquest estudi que en els valors mitjana amb dades espanyoles. Cal però insistir en la cautela de fer aquestes comparacions doncs no s'estan utilitzant les mateixes metodologies.

Cal, també, fer esment que la metodologia emprada, Anàlisi de Cicle de Vida, tot i ser la recomanada per les autoritats científiques i polítiques, Comissió Europea i Programa Ambiental de les Nacions Unides, presenta encara mancances metodològiques, en vies de millora, cal per tant ser curosos en la interpretació dels valors absoluts i considerar els resultats presentats com un patró prospectiu.

De l'estudi realitzat es pot concloure que la producció de mandarines a Catalunya està en els rangs d'impacte ambiental en què es troben la resta de grans productors, però que hi ha espai per a la millora de el cultiu i la postcollita des del punt de vista ambiental, on hauríem de començar per millorar els processos relacionats amb el consum d'aigua, així com estudiar possibles millores en l'ús de fertilitzants durant la producció agrícola i consum energètic i embalatge en les etapes de postcollita.



**Taula 14. Resum estudis previs d'impacte ambiental de la producció de cítrics (mandarines, taronges, llimones)**

| Estudi                              | Producte i Unitat Funcional                            | Origen dades emprades   | Cobertura geogràfica                   | Metodologia  | Abast                                       | Resultats   |
|-------------------------------------|--|---|--|--|---|---|
| <b>Basset-Mens et al. (2016)</b>    | <b>Clementina (1 kg)</b>                               | Bases de dades  | Marroc                                 | ReCiPe Midpoint (H)  | “cradle-to-farm-gate” (producció agrícola)  | <b>GWP 0,269 kg CO<sub>2</sub>-eq clementina</b><br>ED: 0,127 g P- <i>eq</i><br>RM: 3,32 MJ   |
| <b>Bessou et al. (2016)</b>         | <b>Clementina (1 kg)</b>                               | Dades primàries: mostreig camp, registrades amb CIRAD LCA DATABASE ©-2014<br>Dades secundàries: Ecoinvent v.2.2   | Beni Mellal, Marroc                    | ReCiPe midpoint 2008   | “cradle-to-gate”                            | GWP: <b>0,201 a 0,663 kg CO<sub>2</sub>-eq clementina</b> (dades promeig 3 anys)  |
| <b>Nicolò et al. (2018)</b>         | <b>Clementina (1 ha clementines en sortida granja)</b> | Dades primàries: cuestionarios y entrevistas.<br>Dades secundàries: Ecoinvent 2.1.  | Comunitat Valenciana; Calabria, Itàlia | IPCC Guidelines CML-2001method USEtox method                             | “cradle-to-farm gate”: (producció agrícola) | GWP: <b>0,303 kg CO<sub>2</sub>/kg clementines</b> , cultiu convencional Valencia<br>GWP: <b>0,637 kg CO<sub>2</sub>/kg clementines</b> , cultiu convencional Calabria ( major ús fertilizant)  |
| <b>Nicolo et al. (2017)</b>         | Taronja (1 kg taronja)                                 | Dades primàries: entrevistes<br>Dades secundàries: Base de dades  | Calabria, Itàlia                       | EPD 2008 method  | “cradle-to-gate”                            | <b>CULTIU (convencional, mitjana 40 anys):</b><br>GWP100: 8,75E+00 kg CO <sub>2</sub> eq/kg taronja<br><b>POST-COLLITA:</b> GWP100: 4,41E-02 kg CO <sub>2</sub> eq/kg taronja   |
| <b>Dwivedi et al. (2012)</b>        | Taronja (1,893L de suc de taronja standard pack.)      | Campo experimental  | Florida                                | -  | “cradle to gate”                            | GWP: <b>0,312 kg CO<sub>2</sub>/kg taronja per suc*</b>   |
| <b>Sanjuan et al. (2005)</b>        | Taronja (1 kg taronja sortida granja)                  | Dades primàries: Informes de Federació de Cooperatives Agrarias Valencianas, Base datos DEAM (Ecobilan, Fr)<br>Dades secundàries: bases de dades i bibliografia | Valencia, Espanya                      | CML method; POCP method WMO method; Huijbregts method, based on USES 2.0 | “cradle to gate”                            | GWP: <b>0,220-0,280 kg CO<sub>2</sub>/kg taronja per suc*</b>   |
| <b>Knudsen et al (2011)</b>         | Taronja (1 kg i 1 ha campo cultiu)                     | -   | Sao Paulo, Brasil                      | -  | “cradle to gate”                            | GWP: 0,084 kg CO <sub>2</sub> /kg taronja per suc* orgànic petita escala<br>GWP: 0,114 kg CO <sub>2</sub> /kg taronja per suc* orgànic gran escala<br>GWP: 0,112 kg CO <sub>2</sub> /kg taronja per suc* convencional petita escala   |
| <b>Martin-Gorritz et al. (2020)</b> | Taronja i mandarina (1 kg)                             | Dades primàries: estudiós científicos y recursos públicos<br>Dades secundàries: Base de datos Ecoinvent 2018  | Murcia, Espanya                        | CML 2001 (April 2013 version)  | “cradle-to-gate”                            | GWP: <b>0,429 kg CO<sub>2</sub> eq/kg taronja</b><br>GWP: <b>0,450 (aprox.) kg CO<sub>2</sub> eq/kg mandarina</b>   |
| <b>Ribal et al. (2019)</b>          | Taronja (1 kg)   | Dades primàries: encuestas<br>Dades secundàries: referències i estadístiques de fonts oficials.   | Valencia, Espanya                      | Bootstrapping of the mean CF   | “cradle-to-gate”                            | <b>CULTIU:</b> GWP: <b>0,278 kg CO<sub>2</sub> eq/kg taronja</b> cultivo convencional<br>GWP: <b>0,132 kg CO<sub>2</sub> eq/kg taronja</b> cultivo orgànic<br><b>POST-COLLITA (TRANSPORTE+TRATAMIENTOS+EMPAQUETADO)</b><br>GWP: <b>0,054 (0.021+0,003+0,030) kg CO<sub>2</sub> eq/kg taronja</b> cultiu convencional<br>GWP: <b>0,053 (0.021+0,002+0,030) kg CO<sub>2</sub> eq/kg taronja</b> cultivo orgànic |
| <b>Beccali et al. (2009)</b>        | Taronja i llimona (1 kg)                               | Dades primàries: camp experimental<br>Dades secundàries: Bibliografia   | Sicilia, Itàlia                        | IPCC 2001; CML 2 baseline 2000   | “cradle-to-gate”                            | GWP: 0,217 kg CO <sub>2</sub> eq/kg taronja per suc natural<br>GWP: 0,155 kg CO <sub>2</sub> eq/kg llimona per suc natural  |

\*cultiu menys intensiu que cultiu de taronja per consum fresc

## Referències

- Albrecht, S., Brandstetter, P., Beck, T. et al. (2013). An extended life cycle analysis of packaging systems for fruit and vegetable transport in Europe. *Int J Life Cycle Assess* 18, 1549–1567.
- Basset-Mens, C., Vanni re, H., Grasselly, D., Heitz, H., Braun, A., Sandra Payen, S., Koch, P., and Biard, Y. (2016) *Fruits* 71: 93–104
- Beccali M, Cellura M, Iudicello M, Mistretta M (2009) Resource consumption and environmental impacts of the Agrofood sector: life cycle assessment of Italian citrus-based products. *J Environ Manag* 43(4):707–724.
- Bessou C., Basset-Mens C., Latunussa C, V lu A., Heitz H, Vanni re H., Caliman J.P. (2016) Partial modelling of the perennial crop cycle misleads LCA results in two contrasted case studies. *Int J Life Cycle Assess* 21(3):297–310
- Dwivedi, P., Spreen, T., Goodrich-Schneider, R. (2012). Global warming impact of Florida’s Not-From-Concentrate (NFC) orange juice. *Agricultural Systems* 108: 104–111
- EC (2013). ANNEX II. Product Environmental Footprint (PEF) Guide. to Recommendation on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. European Commission.
- EC (2017). Product Environmental Footprint Guidance v. 6.3, December 2017. European Commission
- Environdec (2019). Fruits and nuts product category classification: UN CPC 013. 2019:01 version 1.01. Valid until: 2023-01-21. Product category rules (PCR). International EPD System ([www.environdec.com](http://www.environdec.com))
- EU-JRC (2011). International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context, Luxembourg:European Commission – Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability, Publications Office of the European Union.
- HWSD (2012). Harmonized World Soil Database viewer. V1.21. FAO, CAS, IIASA, ISRIC, JRC
- IDESCAT (2020). Anuari estad stic de Catalunya: Sectors econ mics, Agricultura, Ramaderia i Pesca. Elaborat per l’Institut d’Estad stica de Catalunya, Idescat, a partir de dades del Cens agrari de l’INE. <https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=443&lang=es>.
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- ISO 14040 (2006) Environmental management—life cycle assessment—principles and framework. International Organisation for Standardisation ISO, Geneva.
- Knudsen M.T., de Almeida G, Langer V., de Abreu L.S., Halberg N. (2011). Environmental assessment of organic juice imported to Denmark: a case study on oranges (*Citrus sinensis*) from Brazil. *Org Agric* 1: 167–185.
- Martin-Gorriz B., Gallego-Elvira B., Mart nez-Alvarez V., Maestre-Valero J.F. (2020). Life cycle assessment of fruit and vegetable production in the Region of Murcia (south-east Spain) and evaluation of impact mitigation practices, *Journal of Cleaner Production* (265).
- MITECO (2020). Sistema Espa ol de Inventario de Emisiones. Metodolog as de estimaci n de emisiones
- Nicol , B.F., De Luca, A.I., Stillitano, T., Iofrida, N., Falcone, G., Gulisano, G. (2017). Environmental and Economic Sustainability Assessment of Navel Oranges A sssessment of Navel Oranges from the Cultivation from the Cultivation to the Packing House to the Packing House According to According to

Environmental Environmental Product Declarations System. Food safety management (18): 158.

Nicolò, B.F., De Salvo, M. C., Ramirez-Sanz, C, Estruch, V., Sanjuan, N., Falcone, G., Strano, A. (2018): Life cycle assessment applied to different citrus farming systems in Spain and Italy, *Agroecology and Sustainable Food Systems* 42(10)

PRÉConsultants (2019). SimaPro 9.0.2. Amersfoort, The Netherlands

Red Electrica Espanyola (2019). El Sistema electrico espanyol, Informe 2018 sobre la producció de energia.

Ribal, J., Estruch, V., Clemente, G., Fenollosa, M. L., Sanjuán, N. (2019). Assessing variability in carbon footprint throughout the food supply chain: a case study of Valencian oranges. *The International Journal of Life Cycle Assessment* <https://doi.org/10.1007/s11367-018-01580-9>

Sanjuán, n., Úbeda, L., Clemente G., Mulet A. (2005). LCA of integrated orange production in the Comunidad Valenciana (Spain). *Int. J. Agricultural Resources Governance and Ecology*, (4): 2.

OLCA-Pest. (2017-2020). Operationalising Life Cycle Assessment of Pesticides (OLCA-Pest). ADEME. <http://www.sustainability.man.dtu.dk/english/research/qa/research/research-projects/olca-pest>.

UNEP-SETAC (2017) Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators - Volume 1. ISBN No: 978-92-807-3630-4 <http://www.lifecycleinitiative.org/applying-lca/lcia-cf/>.

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [online] 21(9), pp.1218–1230.

