

Guia per al càlcul de la petjada hídrica

Petjada hídrica de productes,
serveis i organitzacions



**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria de Medi Ambient,
Aigua, Infraestructures i Territori

CONTINGUT

CONCEPTES BÀSICS.....	4
INTRODUCCIÓ.....	4
CONCEPTE DE PETJADA HÍDRICA	4
CONCEPTE DE PETJADA D’AIGUA.....	7
CONCEPTES PREVIS AL CÀLCUL	8
Metodologies acceptades per al càlcul.....	8
Temps que tardaré a calcular la meua petjada hídrica	8
Avantatges del càlcul.....	8
CÀLCUL DE LA PETJADA HÍDRICA	11
FASES DE LA PETJADA HÍDRICA	11
DEFINICIÓ D’OBJECTIU I ABAST	11
Establir l’objectiu.....	11
Definir l’abast.....	12
COMPTABILITAT DE LA PETJADA HÍDRICA	13
Elaborar un mapa de processos.....	13
Determinar la unitat funcional.....	14
Recopilar dades d’activitat.....	14
Càlcul.....	17
ANÀLISI DE LA SOSTENIBILITAT DE LA PETJADA HÍDRICA.....	23
PERSPECTIVA AMBIENTAL	23
Anàlisi de sostenibilitat ambiental de la petjada hídrica blava	23
Anàlisi de sostenibilitat ambiental de la petjada hídrica verda.....	24
Anàlisi de sostenibilitat ambiental de la petjada hídrica grisa	25
PERSPECTIVA SOCIAL	26
PERSPECTIVA ECONÒMICA.....	26
CÀLCUL DE LA PETJADA D’AIGUA	26
PRINCIPIS.....	26
FASES DE LA PETJADA D’AIGUA.....	27
DEFINICIÓ D’OBJECTIU I ABAST	28
Establir l’objectiu.....	28

Definir l'abast.....	28
ANÀLISI DE L'INVENTARI DE LA PETJADA D'AIGUA.....	29
AVALUACIÓ DE L'IMPACTE DE LA PETJADA D'AIGUA.....	30
PLA DE MILLORA.....	31
ELABORACIÓ DEL PLA DE MILLORA	31
MESURES DE REDUCCIÓ.....	32
INFORME DE PETJADA HÍDRICA I PETJADA D'AIGUA	34
INFORME DE PETJADA HÍDRICA	34
INFORME DE PETJADA D'AIGUA.....	34
CAS PRÀCTIC SIMPLIFICAT	36
ASPECTES GENERALS.....	36
ABAST	36
CÀLCUL DE LA PETJADA HÍDRICA VERDA.....	39
CÀLCUL DE LA PETJADA HÍDRICA GRISA.....	39
RESULTATS.....	40

Esta guia oferix les nocions bàsiques per a comprendre el concepte de petjada hídrica, així com per al càlcul i l'avaluació d'esta per a un producte, un servei i una organització. Així mateix, s'incorporen exemples pràctics, a més de pautes per a elaborar correctament un pla de reducció de la petjada hídrica obtinguda.

Esta guia té per objectiu el procediment de càlcul de la petjada hídrica i la petjada d'aigua dels productes, els serveis i les organitzacions, dins de la mateixa Comunitat Valenciana.

Resulta necessari aclarir que el concepte d'organització engloba qualsevol tipus d'entitat que desitge calcular la seua petjada hídrica, siga una organització privada, una entitat pública, una organització sense ànim de lucre, etc.

CONCEPTES BÀSICS

INTRODUCCIÓ

L'aigua és un recurs natural essencial.

Les activitats humanes consumixen i contaminen grans quantitats d'aigua. A escala global, el major ús de l'aigua té lloc en la producció agrícola, encara que també es consumixen i es contaminen volums importants d'aigua en els sectors industrial i domèstic.

L'aigua és un recurs escàs; no obstant això, la demanda d'aigua és cada vegada més gran. De fet, hi ha molts llocs al món on es produïx un greu esgotament o contaminació de l'aigua: rius que s'assequen, descens del nivell dels llacs i de les aigües subterrànies i espècies en perill d'extinció a causa de l'aigua contaminada.

El creixement de la demanda d'aigua lligat a l'increment de l'escassetat d'aigua en moltes zones i/o a la degradació de la qualitat de l'aigua ha fet que l'interès per l'aigua i la seua gestió augmente.

Per tant, és desitjable tindre tècniques d'avaluació apropiades que pretenguen mesurar el consum d'aigua i la contaminació associada, així com els impactes potencials relacionats amb l'aigua.

CONCEPTE DE PETJADA HÍDRICA

La petjada hídrica és un **indicador de l'ús d'aigua dolça**, mesurat al llarg de tota la cadena de subministrament, seguint l'enfocament d'anàlisi de cicle de vida.

La petjada hídrica es basa en l'apropiació dels recursos hídrics, en lloc del concepte tradicional utilitzat fins al moment, basat en l'extracció d'aigua.

Mostra els volums d'aigua consumits per origen i els volums d'aigua contaminats per tipus de contaminació.

A més, no se centra únicament en l'ús directe de l'aigua, sinó també en l'ús indirecte.

L'estudi pot referir-se al consum d'aigua directe i indirecte d'un producte, un servei o una organització:

- **La petjada hídrica d'un producte** és el volum d'aigua dolça utilitzat per a produir-lo, mesurat en tota la cadena de subministrament: des de l'extracció i el processament de les matèries primeres, passant pel transport, la fabricació i la distribució, fins a les etapes d'ús i final de la vida útil del producte (gestió de residu).
- **La petjada hídrica d'una organització o servei** és el volum d'aigua dolça utilitzat per a desenvolupar correctament l'activitat d'esta organització o l'oferta d'este servei.

Conceptualment, la petjada hídrica és un indicador multidimensional que es dividix en tres components:

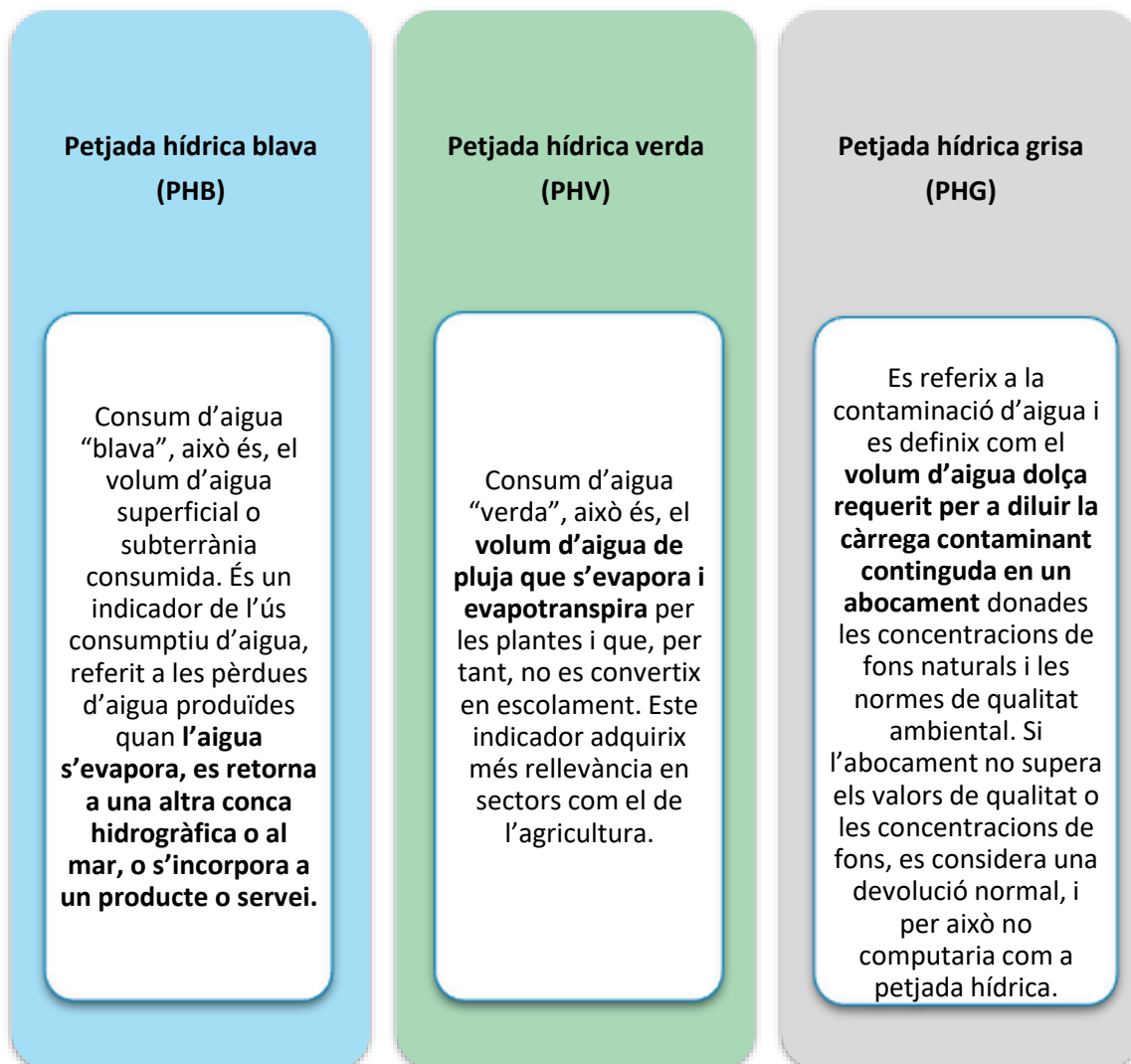


Figura 1. Components de la petjada hídrica

A més, la petjada hídrica pot ser directa i indirecta:

- **Petjada hídrica directa:** es referix al consum d'aigua dolça i a la contaminació associada a l'ús d'aigua realitzat directament en el desenvolupament de l'activitat d'una organització, en la prestació d'un servei o en totes les fases de producció d'un producte.
- **Petjada hídrica indirecta:** es referix al consum d'aigua dolça i a la contaminació associats a la producció dels béns i serveis (exceptuant-ne l'aigua) consumits en el sistema analitzat.

Com a indicador de l'ús de l'aigua, la petjada hídrica difereix de la clàssica mesura d'"extracció d'aigua" en tres aspectes (figura 2):

1. El concepte de petjada hídrica només té en compte l'ús **consumptiu de l'aigua**, és a dir, no inclou l'ús d'aigua blava en la mesura que esta aigua torne a la mateixa conca de la qual s'extrau en el mateix període. Per tant, difereix del concepte tradicional d'ús de l'aigua que sí que inclou tota l'aigua extreta de les aigües superficials i subterrànies,

considerant els usos consumptius (l'aigua consumida) i no consumptius (aigua retornada en l'abocament a la mateixa conca i en el mateix període).

2. No està restringit a l'ús d'**aigua blava**, sinó que també inclou **aigua verda i grisa**.
3. No es limita l'ús **directe de l'aigua**, sinó que també preveu l'ús **indirecte de l'aigua**.

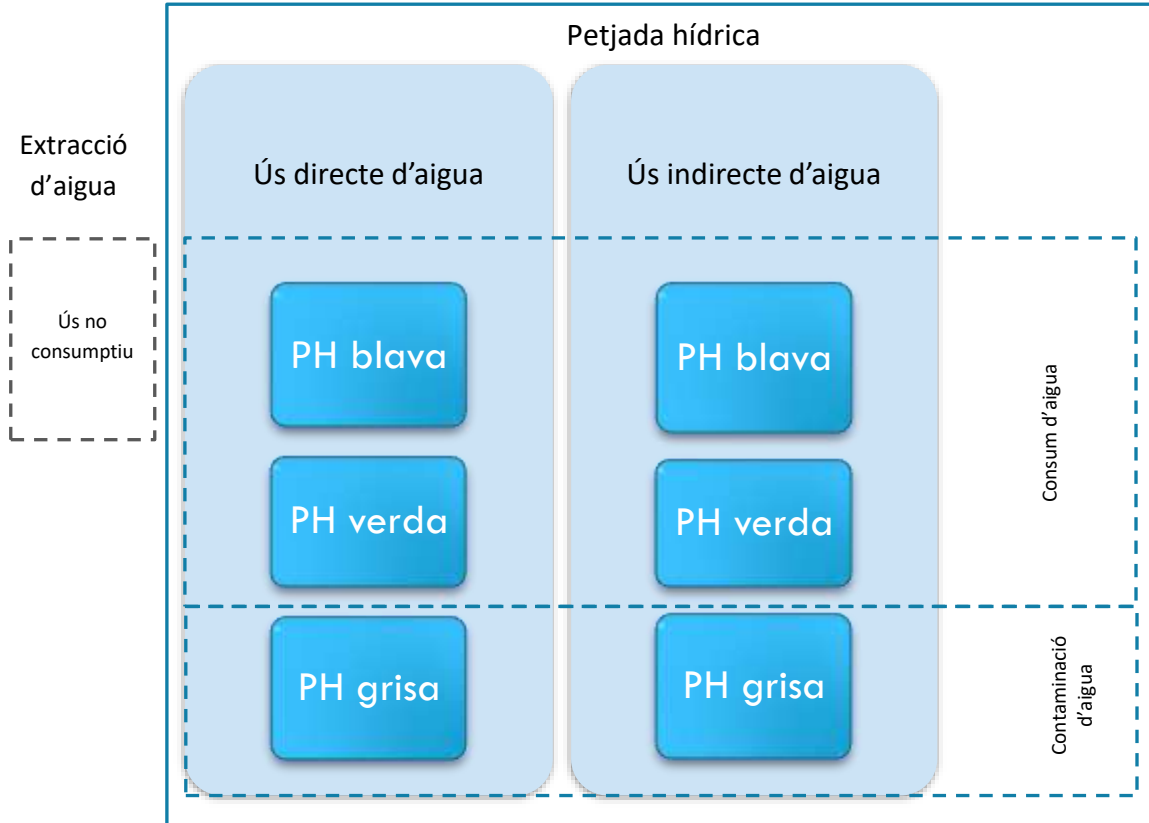


Figura 2. Representació gràfica dels components de la petjada hídrica

La **unitat de mesura** de la petjada hídrica és el volum d'aigua dolça consumit en un període de temps expressat en m³.

No obstant això, per a estudiar el consum d'aigua i relacionar-lo amb un producte, un servei o una organització, és fonamental establir la **unitat funcional** del sistema d'estudi.

Per al cas del producte, la unitat funcional estarà relacionada amb el producte (quantitat de producte, unitat de producte, unitat d'energia, etc.), i igual passarà amb el servei prestat, la unitat funcional del qual serà la definició d'este servei. De manera que totes les entrades i les eixides directes i indirectes d'aigua que es donen en cada procés del cicle de vida han d'estar referenciades a la unitat funcional, així com els resultats finals de petjada hídrica.

La petjada hídrica d'una organització s'expressa sempre com a volum d'aigua per unitat de temps i, al seu torn, pot expressar-se com el volum d'aigua per unitat funcional quan la petjada hídrica per unitat de temps es divideix entre la unitat funcional. La unitat funcional seleccionada haurà de tindre relació amb l'activitat de l'organització.

Per exemple, per al cas d'una empresa productora de maduixes que vulga calcular la petjada hídrica del seu producte, la unitat funcional pot ser una tona de maduixes produïdes. Per a una empresa el servei de la qual és el transport públic, la unitat funcional pot ser un quilòmetre

recorregut. Per a una empresa de gestió i tractament d'aigua potable que vulga calcular la petjada hídrica de la seua organització, la unitat funcional pot ser la quantitat d'aigua distribuïda.

CONCEPTE DE PETJADA D'AIGUA

La petjada d'aigua és un indicador o un conjunt d'indicadors que quantifiquen **els impactes ambientals potencials relacionats amb l'aigua**.

L'avaluació de la petjada d'aigua es basa en la recopilació i l'avaluació de les entrades, les eixides i els impactes ambientals potencials relacionats amb l'aigua associats a una organització, un producte o un servei.

Igual que la petjada hídrica, la petjada d'aigua té en compte tant l'ús directe com indirecte d'aigua:

- **Petjada d'aigua directa:** avalua les entrades i les eixides directes d'aigua resultants de les activitats o processos de l'organització, el producte o el servei objecte d'estudi.
- **Petjada d'aigua indirecta:** avalua les entrades i les eixides indirectes d'aigua. Es referix al consum d'aigua i a la contaminació associats a la producció dels béns i serveis (exceptuant-ne l'aigua) consumits en el sistema analitzat.

Per tant, un estudi de petjada d'aigua inclou la identificació i la quantificació de totes les entrades i les eixides directes i indirectes d'aigua generades al llarg del cicle de vida.

L'objecte és quantificar els impactes ambientals potencials relacionats amb l'aigua derivats de les entrades i les eixides analitzades.

Igual que un estudi de petjada hídrica, una avaluació de la petjada d'aigua es relaciona amb la seua **unitat funcional**, de manera que totes les dades emprades per al càlcul, així com els resultats obtinguts, han d'estar referits a la unitat funcional seleccionada.

Al seu torn, la **unitat de mesura** de la petjada d'aigua variarà en funció de les categories d'impacte objecte d'estudi. A continuació, se'n mostren alguns exemples:

Categoria d'impacte	Unitat de mesura	Descripció
Eutrofització de l'aigua dolça	kg P eq	Expressada com el grau en què els nutrients emesos arriben a l'aigua dolça (el fòsfor es considera factor limitant en aigua dolça): emissió de fòsfor equivalent a l'aigua dolça.
Eutrofització marina	kg N eq	Expressada com el grau en què els nutrients emesos arriben al mar (el nitrogen es considera factor limitant en l'aigua marina): emissió de nitrogen equivalent al mar.
Ecotoxicitat de l'aigua dolça	kg 1,4-DB eq	Expressada com els impactes tòxics que afecten l'aigua dolça, provocats per l'alliberament de substàncies amb un efecte directe sobre la salut de l'ecosistema: alliberament d'1,4-diclorobenzé a l'aigua dolça
Ecotoxicitat marina	kg 1,4-DB eq	Expressada com els impactes tòxics que afecten l'aigua marina, provocats per l'alliberament de substàncies amb un efecte directe sobre la salut de l'ecosistema: alliberament d'1,4-diclorobenzé a l'aigua marina

Esgotament dels recursos hídrics	$m^3 eq$	Expressada com l'escassetat d'aigua dolça: quantitat escassa d'aigua utilitzada, mesurada en m^3 d'aigua equivalent.
----------------------------------	----------	--

Taula 1. Unitat de mesura segons categoria d'impacte

CONCEPTES PREVIS AL CÀLCUL

En este apartat es detallaran els punts que cal tindre en compte per a abordar l'estudi de petjada hídrica de qualsevol producte, servei, o organització.

Metodologies acceptades per al càlcul

Principalment hi ha dues normes i metodologies de gran reconeixement internacional:

- **Water Footprint Network:** en 2002, Arjen Hoekstra, des de l'Institut UNESCO-IHE per a l'Educació sobre l'Aigua, va crear la petjada hídrica com una mètrica per a mesurar la quantitat d'aigua consumida i contaminada per a produir béns i serveis al llarg de tota la seua cadena de subministrament. Arran de l'interés creixent, funda la plataforma Water Footprint Network, de col·laboració entre empreses, organitzacions i individus per a resoldre les crisis mundials de l'aigua promovent un ús just i intel·ligent de l'aigua. D'esta iniciativa sorgix el Water Footprint Assessment Manual, en el qual es desenvolupa la metodologia de càlcul creada per Hoekstra.
- **UNE-ISO 14046:2014:** el naixement del concepte de petjada hídrica va continuar desenvolupant-se i va donar lloc a altres metodologies com la de la norma ISO 14046. En la norma s'especifiquen els principis, els requisits i les directrius relacionats amb l'avaluació de la petjada d'aigua. ISO 14046 utilitza el terme de *petjada d'aigua* en la traducció al valencià, i es referix als impactes ambientals sobre el recurs aigua al llarg del cicle de vida de productes. Per tant, la metodologia de la petjada d'aigua també es basa en la metodologia de l'anàlisi de cicle de vida estandarditzada per l'ISO 14040 i l'ISO 14044.

Temps que tardaré a calcular la meua petjada hídrica

El càlcul de la petjada hídrica suposa una anàlisi detallada de l'activitat duta a terme. Això implica un esforç de recopilació de dades per part de l'organització que calcula la seua petjada hídrica.

Posteriorment, caldria definir els processos, en què s'invertix la major part del temps. Una vegada definits els processos, el càlcul és relativament ràpid.

Avantatges del càlcul

Hui en dia per a qualsevol empresa és vital estudiar i conèixer els riscos als quals s'enfronta o es pot enfrontar en el futur. Les amenaces externes i les possibles debilitats o vulnerabilitats de la mateixa empresa es tradueixen en riscos.

En este sentit, cada vegada és més gran el nombre d'empreses exposades als riscos hídrics i, per tant, estes haurien de comptar amb estratègies per a mitigar-los. Els riscos hídrics poden ser:

- **Excés o falta d'aigua** per a desenvolupar qualsevol activitat.
- **Pèrdua de qualitat** de l'aigua.

- **Competència** per l'aigua amb grups socials vulnerables.
- **Augment en les tarifes** de l'aigua.
- **Compliment de noves regulacions** sobre el recurs hídric.

La comprensió dels riscos hídrics i la generació d'un pla d'acció sobre com mitigar-los són aspectes crucials per a assegurar l'operativitat de l'empresa a llarg termini. Els riscos hídrics poden ser de tres tipus:



Figura 3. Riscos hídrics

Davant d'estos riscos, a les empreses els poden sorgir preguntes i inquietuds que l'estudi i el càlcul de la petjada hídrica poden respondre. Per exemple:

- Quin és el nostre coneixement de l'ús que fem de l'aigua en la nostra organització/producte?
- Tenim mesures per a reduir la nostra vulnerabilitat?
- Estem preparats per a escometre els canvis necessaris i assegurar la viabilitat del nostre negoci a llarg termini?
- Volem enfortir la nostra estratègia de sostenibilitat i RSC?

Per tant, l'entitat que calcula la seua petjada hídrica i/o la seua petjada d'aigua, a més de contribuir a la lluita contra el canvi climàtic, té els avantatges següents:

- Identificació d'oportunitats de reducció de consum d'aigua i, per tant, s'obtindran **estalvis econòmics**.
- Facilitar l'**eficiència de l'aigua i l'optimització de la gestió** de l'aigua quant a productes, processos i organització.
- **Gestió estratègica del reg** relacionat amb l'aigua.
- Formar part de **esquemes voluntaris** de Registre de petjada d'hídrica.

- **Millorar la reputació corporativa i el posicionament** de l'empresa.
- Obtenció de **reconeixement extern** pel fet de realitzar accions voluntàries primerenques de reducció de l'impacte sobre els recursos hídrics.
- Identificar **noves oportunitats de negoci**: atraure inversors i clients sensibilitzats amb el canvi climàtic i el medi ambient.

CÀLCUL DE LA PETJADA HÍDRICA

FASES DE LA PETJADA HÍDRICA

Un estudi complet de petjada hídrica comprén les fases següents:

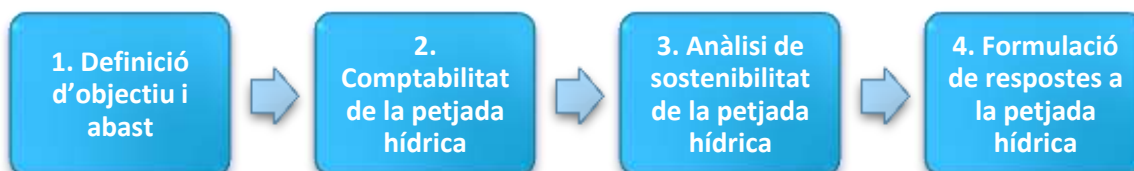


Figura 4. Fases d'una anàlisi completa de petjada hídrica

En la primera fase, cal **establir els objectius i l'abast de l'estudi**, és a dir, especificar per què i per a què es vol realitzar l'estudi, i definir l'abast i els límits del sistema. Definir els límits de l'inventari consisteix a explicar quins processos s'inclouran.

La fase 2, de **comptabilitat de la petjada hídrica** és la fase en què es recopilen dades i s'aplica el mètode de càlcul. L'abast i el nivell de detall del càlcul depenen de les decisions preses en la fase 1.

En la fase 3, d'**anàlisi de sostenibilitat** s'avalua la petjada hídrica des d'una perspectiva social, ambiental i econòmica.

Finalment, la fase 4, de **formulació de respostes**, es basa a proposar una estratègia o política destinada a reduir la petjada hídrica i, per tant, a fer-la més sostenible.

DEFINICIÓ D'OBJECTIU I ABAST

Establir l'objectiu

Un estudi de petjada hídrica pot abordar-se amb diferents objectius i, en funció d'estos, s'hauran de prendre decisions que delimitaran el càlcul. Per tant, el primer pas per a l'avaluació de la petjada hídrica és identificar l'objectiu i l'abast.

La petjada hídrica pot avaluar-se en nivells molt diferents, i per això és important especificar des del primer moment en quin tipus de petjada hídrica es vol treballar:

- Petjada hídrica d'un producte
- Petjada hídrica d'un servei
- Petjada hídrica d'una organització

Una vegada definit el tipus de petjada, és necessari indicar el **propòsit de l'estudi**, ja que en funció d'este s'aconseguirà un nivell de detall superior o inferior. Per exemple, si l'objectiu és el de prendre decisions sobre com formular estratègies per a reduir el consum d'aigua de la meua producció, caldrà accedir a un nivell de detall superior (en la cadena de subministrament, les fases d'avaluació que cal incloure, etc.) que si l'objectiu és el de sensibilitzar i es necessita informació general del consum d'aigua.

Definir l'abast

Resulta fonamental:

1. Triar el **període de temps** a considerar: és necessari indicar amb claredat el període de temps al qual corresponen les dades utilitzades, pel fet que el període de temps afectarà el resultat.

Es pot calcular la petjada hídrica per a un any en particular o per a un nombre d'anys específics. L'any d'estudi pot comprendre un any natural (1 gener-31 desembre) o un any no natural que continga els 365 dies.

2. Establir un **any base**: resulta fonamental triar un any de referència per al càlcul amb la finalitat de possibilitar la comparabilitat i l'evolució dels resultats en el temps.

Es recomana establir com a any base un any representatiu de l'operació normal de l'organització per al qual es dispose de dades fiables i que siga com més llunyà en el temps millor.

Per a l'any base, cal realitzar la petjada hídrica amb el mateix abast i metodologia que s'utilitzarà en els següents anys analitzats. En el moment en què, per diversos factors, la comparació amb l'any base seleccionat perda sentit, l'organització haurà de recalculer o canviar l'any base.

Es recomana establir un procediment que estipule els casos en què seria necessari recalculer o canviar l'any base.

En cas que l'empresa, en el seu procés d'expansió, haja integrat una nova instal·lació que prèviament no existia (instal·lacions de nova construcció), l'any base no s'ha de recalculer.

3. Definir l'**abast**: és imprescindible determinar els límits de l'inventari, és a dir, deixar molt clar i explícit què s'inclourà i què no s'inclourà en el càlcul.

Per a determinar l'abast de la petjada hídrica, es poden plantejar les qüestions següents:

- Fins a quin component s'estén el meu càlcul? Petjada hídrica blava, verda, grisa?
- Fins on es vol estendre el càlcul de la petjada hídrica en la cadena de subministrament?
- Considere la petjada hídrica directa i/o la petjada hídrica indirecta?

El càlcul de la petjada hídrica ha de ser complet quant a l'**estudi dels seus tres components**; no obstant això, per a les empreses en què el consum d'aigua de pluja no siga significatiu, és a dir, no tinguen zones de cultius i només es dispose de zones verdes, la petjada hídrica verda no tindria per què ser significativa ni, per tant, objecte d'estudi. En empreses industrials, sol prendre rellevància la contaminació de l'aigua, i és important el càlcul de la petjada hídrica grisa. Per tant, es pot dir que és decisió de l'organització incorporar o no este paràmetre, en funció de la rellevància que prenga cada component en l'estudi.

La decisió de fins on estendre el càlcul de la petjada hídrica en la cadena de subministrament resulta crucial. Com a regla general, s'han d'incloure tots els processos que contribuïxen significativament al resultat final de petjada hídrica. Per a determinar què es considera significatiu, es pot aplicar com a **criteri de tall** incloure tot allò que contribuïska a la petjada hídrica en més de l'1 % (o superior al 10 % quan només es tinga interès en els components més grans).

Quant a l'última qüestió plantejada, la recomanació general és **incloure tant la petjada hídrica directa com la indirecta**. Per a la majoria de les organitzacions, la petjada hídrica en la seua cadena de subministrament és molt superior a la petjada hídrica de les seues pròpies operacions, i per això la petjada hídrica indirecta pot ser fins i tot més significativa.

A tall de resum, per a definir l'abast de la petjada hídrica s'ha de fer una anàlisi dels consums directes d'aigua i indirectes derivats dels consums de matèria i energia, per a determinar quins consums són els més representatius (suposen més de l'1 % de la petjada hídrica total) i, per tant, hauran de ser objecte d'estudi.

Regla general

Incloure tots els processos que contribuïxen significativament a la petjada hídrica.

Significatiu → Contribuïxen en **més de l'1 %** a la petjada hídrica.

Només components més importants → Contribuïxen en més del 10 % de la petjada hídrica.

Taula 2. Regla general per a determinar quins processos són significatius en la petjada hídrica

Qualsevol exclusió de l'estudi s'haurà de justificar degudament en l'informe de petjada hídrica elaborat per l'entitat.

COMPTABILITAT DE LA PETJADA HÍDRICA

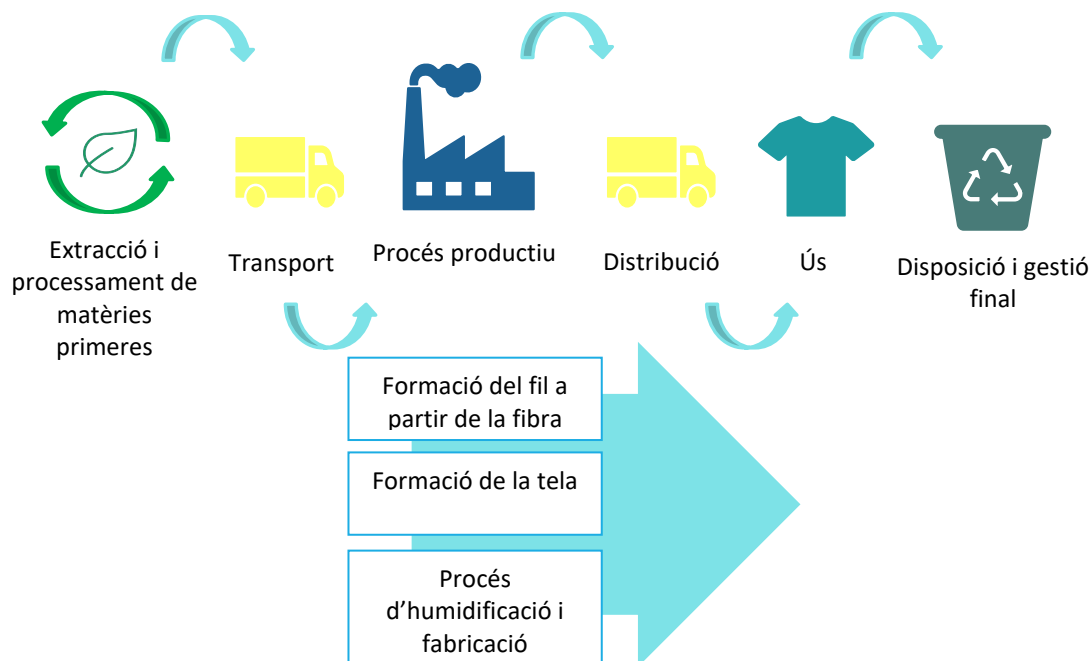
Una vegada definit l'objecte i l'abast de l'estudi, a continuació es detallen els passos que cal seguir per a quantificar correctament la petjada hídrica.

Elaborar un mapa de processos

El càlcul de la petjada hídrica implica entendre el procés productiu per a l'obtenció d'un producte o un servei, i per això resulta molt útil elaborar un **mapa de processos** per a serveis o organitzacions o anàlisi del cicle de vida per a productes.

La clau per a identificar els consums que cal tindre en compte en l'estudi consistix a definir el cicle de vida d'un producte o el mapa de processos d'una organització o un servei, i identificar els fluxos de matèria i energia essencials per a l'activitat principal de l'empresa, l'oferta d'un servei o la producció d'un producte i que, a més, estos suposen, dins del volum total de consums de l'entitat, un consum significatiu segons el criteri de tall establert.

En la figura següent, es mostra un exemple d'anàlisi del cicle de vida per a una empresa productora de teixits, que té la intenció de calcular la petjada hídrica del seu producte més venut. El mapa de procés general podria ser el següent:



L'estudi haurà de preveure tots els processos referits al procés de producció del producte. Amb este esquema podríem identificar els consums de matèria i energia principals en cadascuna de les etapes del cicle de vida.

Si la mateixa empresa volguera fer el càlcul de la petjada hídrica de la seua organització i no del producte, hauria de preveure tots els processos i, per tant, tots els consums, independentment del producte que estiga produint. L'abast podria incloure els processos productius o les decisions en què l'empresa té el control.

Determinar la unitat funcional

La petjada hídrica d'un producte sempre ha d'expressar-se com a **volum d'aigua per unitat de producte**:

- Volum d'aigua per unitat de massa (m^3/t o m^3/kg).
- Volum d'aigua per peça, per als productes que es compten per unitats en lloc de massa ($m^3/unitat$).
- Volum d'aigua per unitat monetària ($m^3/€$).
- Volum d'aigua per unitat d'energia ($m^3/kcal$ o m^3/GJ).

La petjada hídrica d'una organització s'expressa com el volum d'aigua per unitat de temps i, al seu torn, i tal com s'ha comentat anteriorment, pot expressar-se com el volum d'aigua per unitat funcional dividint la petjada hídrica per unitat de temps entre la unitat funcional. La unitat funcional seleccionada haurà de tindre relació amb l'activitat de l'organització.

Recopilar dades d'activitat

El pas més costós, pel que fa a temps i recursos, és la recopilació de dades. El tipus de dades utilitzades i la qualitat, així com les fonts utilitzades en l'estudi, s'hauran de reportar de manera transparent.

En este apartat es detallen les dades necessàries a recopilar segons el component de la petjada hídrica.

Petjada hídrica blava:

- **Fluxos directes d'entrada i eixida** d'aigua en cada procés o instal·lació. És interessant diferenciar per tipus de fonts: aigua superficial o subterrània, per exemple.

Els principals fluxos directes podrien ser:

- Aigua captada.
- Aigua abocada.
- Aigua de pluja.
- Aigua evaporada.
- Aigua incorporada en el procés.

- **Fluxos indirectes d'entrada i eixida** d'aigua en cada procés o instal·lació. Fa referència al consum de béns i serveis (exceptuant-ne l'aigua).

Els principals consums indirectes podrien ser:

- Consum de combustibles fòssils.
- Consum d'electricitat.
- Consum de reactius.
- Consum de fertilitzants.
- Consum de materials.
- Gestió de residus generats.

Els consums indirectes porten associada una petjada hídrica per la seua pròpia producció.

Petjada hídrica verda:

- **Dades climàtiques.** Precipitació (P) i evapotranspiració de referència (ET₀) de la zona d'estudi durant l'any d'estudi. Es pot consultar a través de l'estació meteorològica més pròxima a la instal·lació objecte d'estudi. La base de dades climàtica CLIMWAT 2.0 (FAO, 2010a) aporta les dades climàtiques necessàries (no aporta informació específica per anys, sinó mitjanes de 30 anys) amb el format apropiat requerit pel model CROPWAT 8.0.
- **Inventari de zones verdes i/o cultius** (m² i tipus d'espècie: arbust, gespa, arbre, etc.). Pot justificar-se mitjançant mapes, inventari d'espècies, etc.

- **Coefficients de cultiu (Kc).** Varien segons el cultiu, l'estat de desenvolupament, i segons algunes pràctiques culturals. Les dades més fiables sobre cultius són les aportades per les estacions locals d'investigacions agrícoles. Algunes bases de dades globals que es poden usar són: Allen *et al.* (1998, taules 11-12), FAO (2010b), USDA (1994).
- **Quantitat d'aigua destinada a reg.** Mesura a partir de cabalímetres o factures en cas de compra d'aigua.

Petjada hídrica grisa:

- **Quantitat d'aigua captada** durant l'any d'estudi. Mesurada a partir de cabalímetres o factures en cas de compra d'aigua.
- **Quantitat d'aigua abocada** al medi durant l'any d'estudi. Mesurada a partir de cabalímetres.
- **Concentracions reals de contaminants en l'aigua captada.** Mesurada a partir d'analítiques d'aigua captada o descarregada de bases de dades amb concentracions reals disponibles.
- **Concentracions reals de contaminants en l'aigua abocada.** Mesurada a partir d'analítiques d'aigua abocada.
- **Quantitat de substàncies químiques depositades en el sòl** durant un procés determinat (per exemple, taxes d'aplicació de fertilitzants i de pesticides).
- **Fracció de lixiviació-escolament superficial.** En cas que no es conega, podem suposar que hi ha un 10 % de lixiviació per a fertilitzants nitrogenats, d'acord amb Chapagain *et al.* (2006b).
- **Normes de qualitat ambiental.** Es recomana utilitzar normativa local, tal com està disposat en la legislació. Poden utilitzar-se també les autoritzacions d'abocament.
- **Concentracions naturals en masses d'aigües receptores.** En rius verges, es pot assumir que les concentracions naturals són iguals a les concentracions reals. Per a rius alterats, cal basar-se en registres històrics o estudis amb models. Quan no hi haja informació, caldrà estimar la concentració natural o suposar que és igual a zero.

Sempre s'hauria d'optar per una font d'informació **fiable i contrastable**. Si no es disposara d'informació primària, s'optaria per l'estimació d'este valor (vegeu l'apartat de qualitat de les dades). Per això, es recomana que, sempre que es pugui, les dades procedisquen de factures, albarans, fulls de control verificades per la mateixa entitat, etc.

Per a determinar la qualitat de la dada recopilada, es poden establir els criteris següents:

Qualitat	Descripció
Molt bona	Registres comptables (factures, albarans...) o legals. Auditats o verificats per tercera part independent.
Bona	Informació necessària relativa a la dada d'activitat completa, basada en registres interns, auditada externament.

Suficient	Qualitat de les dades suficient. La informació necessària sobre la dada d'activitat no s'obté directament, però pot estimar-se a partir d'altres dades, o bé, en cas que hi haja alguna llacuna en les dades, pot estimar-se a partir d'extrapolacions o el contrast amb altres fonts de dades.
Insuficient	La informació sobre les dades d'activitat no és completa o fiable, encara que pot fer-se una estimació raonable.
Roïna	No es disposa de registres sobre les dades d'activitat, ni hi ha informació que permeti fer una estimació raonable.

Taula 3. Criteris d'avaluació de la qualitat de les dades

Per als sistemes més complexos, es recomana realitzar un **balanç hídric** en el qual s'incorporen totes les entrades i les eixides d'aigua, i fer així més fàcil la identificació de consums. Resulta molt útil per als sistemes en els quals es poden tindre pèrdues d'aigua per fuites.

A continuació, es presenta un exemple de balanç hídric d'un procés d'emmagatzematge d'aigua:

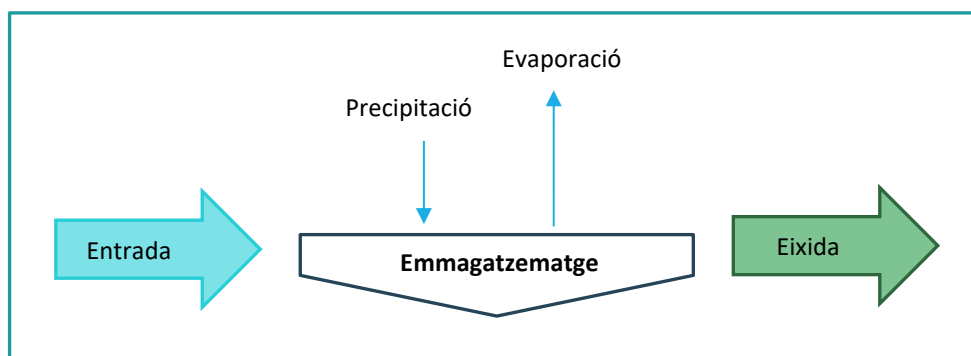


Figura 6. Balanç hídric d'un procés d'emmagatzematge d'aigua

Per a gestionar millor la informació, es recomana elaborar un **inventari**, és a dir, un registre en el qual es recopilen totes les dades necessàries per al càlcul. L'inventari pot realitzar-se en un full d'Excel, pot estar organitzat per processos i diferenciat per entrades i eixides directes o indirectes:

<i>Procés</i>	<i>Flux d'entrada/eixida</i>	<i>Nom del flux</i>	<i>Descripció del flux</i>	<i>Directe/Indirecte</i>	<i>Quantitat</i>	<i>Unitat</i>

Taula 4. Exemple d'inventari de dades

Càlcul

La petjada hídrica d'una organització, un servei o un producte és la suma de les petjades hídriques de tots els processos que tenen lloc per a desenvolupar correctament una activitat o un servei, o per a elaborar un producte (considerant tota la cadena de producció i de subministrament).

Al seu torn, la petjada hídrica és la suma dels tres components de la petjada hídrica:

$$\text{Petjada hídrica} = \text{Petjada hídrica blava} + \text{Petjada hídrica verda} + \text{Petjada hídrica grisa}$$

Cadascuna té una fórmula de càlcul diferent. Es detalla a continuació:

Petjada hídrica blava (PHB)

La petjada hídrica blava és un indicador de l'ús consumptiu de l'aigua dolça superficial o subterrània, és a dir, la denominada "aigua blava". S'obté mitjançant la suma de tots els **usos consumptius** de l'aigua dolça.

El terme "consumptiu" es referix als conceptes següents:

1. L'aigua s'**evapora**.
2. L'aigua s'**incorpora a un producte**.
3. L'aigua **no torna a la mateixa zona de captació**, es retorna a una altra conca, o al mar.
4. L'aigua es retorna a la mateixa conca, però **no en el mateix període temporal**. Per exemple, s'extrau en un període sec i es retorna en un període humit.

L'ús consumptiu d'aigua no significa que l'aigua desaparega, ja que l'aigua és un recurs renovable i forma part del cicle de l'aigua; no obstant això, la seua disponibilitat no és il·limitada. La petjada hídrica blava mesura la quantitat d'aigua disponible consumida en un període determinat, és a dir, no retornada immediatament a la mateixa conca de la qual es va captar.

La petjada hídrica blava d'un procés es calcula de la manera següent:



Figura 7. Petjada hídrica blava

Per norma general, el component més significatiu sol ser l'**evaporació**: aigua que s'evapora durant l'emmagatzematge (per exemple, la de basses, tancs i embassaments d'aigua artificial), el transport (per exemple, des de canonades o canals oberts), un procés industrial (per exemple, l'evaporació d'aigua calfada que no es recull) i el tractament, la recollida i l'abocament (per exemple, de canals de drenatge i de plantes de tractament d'aigües).

La **captació d'aigua de pluja** és un cas particular, ja que podria discutir-se si es considera aigua blava o verda. Si l'aigua de pluja no es capta, en general, es convertix en escolament. Per això, sempre que es parli de captació d'aigua de pluja per a proporcionar aigua potable, aigua per a ús industrial, aigua per al bestiar o aigua per a reg, es recomana considerar l'aigua de pluja recol·lectada en l'estudi de la petjada hídrica blava. Si, per contra, es parla de la retenció de l'aigua en el sòl o de la retenció d'aigua en les teulades verdes, l'ús consumptiu d'esta aigua se situaria sota la petjada hídrica verda.

L'aigua blava consumida o **incorporada a un producte** engloba el consum d'aigua directe i indirecte.

Els **fluxos d'aigua no retornats a la conca** són els que es capten d'una conca hidrogràfica determinada i s'aboquen en una conca diferent de la de captació.

D'altra banda, el reciclatge i la reutilització d'aigua poden ser decisius en la reducció de la petjada hídrica blava, sempre que s'aconsegueixca reduir eficientment l'ús consumptiu de l'aigua. Al seu torn, poden ser decisius per a reduir la petjada hídrica grisa.

Els conceptes *reciclatge* i *reutilització d'aigua* poden definir-se de la manera següent:

- **Reciclatge d'aigua:** volum total d'aigua que es torna a utilitzar, en el mateix lloc, i per al mateix fi. Es diferencia l'aigua reciclada procedent d'aigües residuals de l'aigua procedent de l'aigua evaporada.
- **Reutilització d'aigua:** volum d'aigua que es torna a utilitzar en una altra part, possiblement, per a un fi diferent.

En relació amb la **petjada hídrica blava indirecta**, tindrem consum d'aigua indirecte associat als consums principals de matèria i energia. Això significa que, en consumir determinats productes en el nostre sistema, estos porten associat un consum d'aigua a conseqüència del seu propi procés productiu o de la seua anàlisi del cicle de vida.

La petjada hídrica blava indirecta es calcula multiplicant cada consum de matèria o energia pel seu factor de caracterització (quantitat d'aigua consumida per a la producció d'eixa entrada). Estos factors poden consultar-se bibliogràficament, encara que les millors fonts sobre el consum d'aigua blava en processos de fabricació són els mateixos productors.

Per a obtindre la petjada hídrica blava total, se sumen els consums indirectes i directes.

Petjada hídrica verda (PHV)

La petjada hídrica verda és un indicador de l'ús per part de l'ésser humà de l'anomenada "aigua verda". L'aigua verda és l'aigua de pluja caiguda sobre la terra, que no es transforma en escolament ni reomplirà aqüífers subterranis, sinó que s'emmagatzema en el sòl o es queda temporalment sobre el sòl i la vegetació. Amb el temps, esta aigua s'evapora o és transpirada a través de les plantes.

La petjada hídrica verda és el volum d'aigua de pluja consumit durant els processos de producció. És especialment important en els productes agrícoles i forestals. Es calcula com la suma de l'**aigua de pluja evapotranspirada** (AVE) des dels camps i les plantacions i l'**aigua de pluja incorporada** (AVi) als cultius o fusta recol·lectats. Això és:

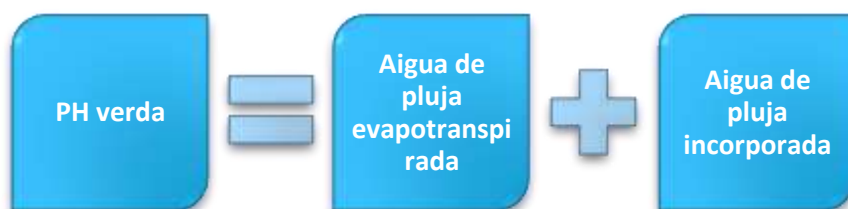


Figura 8. Petjada hídrica verda

Com s'ha comentat anteriorment, si l'aigua de pluja s'emmagatzema i no es convertix en escolament superficial, la WFN considera l'ús consumptiu d'esta aigua dins de la petjada hídrica

blava. Si es realitzen tècniques per a augmentar la capacitat d'aigua en el sòl o sostres verds per a retindre l'aigua de pluja, l'ús consumptiu d'esta aigua ha d'englobar-se dins de la petjada hídrica verda.

Petjada hídrica grisa (PHG)

La petjada hídrica grisa es definix com el volum d'aigua dolça requerit per a assimilar la càrrega contaminant abocada, basat en les concentracions en condicions naturals (Cnat) i en els estàndards de qualitat d'aigua existents (Cmax).

El concepte de petjada hídrica grisa s'ha desenvolupat a partir de l'acceptació que la quantitat de contaminació es pot expressar en termes de volum d'aigua necessària per a diluir els contaminants fins a nivells de concentració no perjudicials. No obstant això, la petjada hídrica grisa no ha d'entendre's com una dilució de contaminants, ja que l'objectiu del seu càlcul ha de ser reduir l'emissió de contaminants i no diluir-ne la quantitat.

La petjada hídrica grisa es calcula dividint la càrrega del contaminant entre la diferència entre la norma de qualitat ambiental de l'aigua d'eixe contaminant (concentració màxima permesa) i la concentració natural d'eixe contaminant en la massa d'aigua receptora:

$$\text{Petjada hídrica grisa} = \frac{L}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

En què:

- L és la càrrega contaminant (massa/temps).
- C_{max} és la concentració màxima permesa (massa/volum).
- C_{nat} és la concentració natural del medi receptor (massa/volum).

La concentració natural en una massa d'aigua receptora és la concentració en este medi que tindrà lloc si en la seua zona de captació no hi ha intervenció per part de l'home. Per a substàncies d'origen antròpic que de manera natural no són presents en l'aigua, Cnat=0. Quan no es coneixen amb precisió les concentracions naturals, però s'estima que són baixes, per a simplificar es pot assumir que Cnat=0.

S'utilitza com a referència la concentració natural i no la concentració real en la massa d'aigua receptora, ja que la petjada hídrica grisa és un indicador de la capacitat d'assimilació d'una massa receptora. La capacitat d'assimilació d'una massa d'aigua receptora depén de la diferència entre el màxim permés i la concentració natural d'una substància. Si es comparara la concentració màxima permesa amb la concentració real d'una substància, s'observaria la capacitat d'assimilació restant.

Una petjada hídrica grisa superior a zero no implica que els estàndards de qualitat estan traspasant-se, sinó tan sols que part de la capacitat d'assimilació de la massa d'aigua receptora ja s'ha consumit.

Quan s'aboquen productes químics a una massa d'aigua superficial en forma d'**abocament d'aigües residuals**, es pot estimar la càrrega contaminant com la diferència entre l'aigua abocada (Efl) per la concentració del contaminant en l'efluent (Cefl), i l'aigua extreta (Extr)

per la concentració del contaminant (C_{real}), si és que n'hi ha. Per tant, es pot calcular la petjada hídrica grisa mitjançant l'equació següent:

$$\text{Petjada hídrica grisa} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} = \frac{Efl \times C_{efl} - Extr \times C_{real}}{C_{max} - C_{nat}}$$

En què:

- L és la càrrega del contaminant (massa/temps).
- Efl és el volum de l'efluent (volum/ temps).
- C_{efl} és la concentració del contaminant en l'efluent (massa/volum).
- $Extr$ és el volum d'extracció de l'aigua (volum/temps).
- C_{real} és la concentració real de l'aigua extreta (massa/volum).
- C_{max} és la concentració màxima permessa (massa/volum).
- C_{nat} és la concentració natural del medi receptor (massa/volum).

La càrrega del contaminant es defineix com la càrrega afegida a la ja existent en la massa d'aigua receptora. En la major part dels casos, la quantitat de substàncies químiques presents en la massa d'aigua abocada serà igual o superior a la quantitat de substàncies químiques presents en l'aigua extreta.

En casos excepcionals, es pot obtenir una càrrega negativa, que no s'ha de comptar en la comptabilitat de la petjada hídrica, amb la finalitat de separar la discussió d'una possible compensació de les petjades hídriques positives existents. Per això, en este cas, el resultat de la petjada hídrica seria zero. El tractament d'aigües residuals permet reduir la càrrega de contaminants en l'abocament i, per tant, permet reduir la petjada hídrica grisa.

Quan l'aigua s'extrai en una zona de captació, i l'efluent és abocat a una zona de captació diferent, cal considerar l'extracció igual a zero per a la comptabilitat de la petjada hídrica grisa.

Quan **no hi ha un ús consumptiu de l'aigua**, és a dir, quan el volum de l'efluent és igual al volum d'extracció, l'equació anterior se simplifica, i dona lloc a:

$$\text{Petjada hídrica grisa} = \frac{(C_{efl} - C_{real}) \times Efl}{C_{max} - C_{nat}}$$

Per a calcular la **contaminació tèrmica** generada per un abocament, es poden aplicar criteris similars als utilitzats per a la contaminació per substàncies químiques. La petjada hídrica grisa es calcula com la diferència entre la temperatura d'un cabal efluent i la de la massa d'aigua receptora, dividit per l'augment de la temperatura màxima acceptable, multiplicat pel volum de l'efluent:

$$\text{Petjada hídrica grisa} = \frac{(T_{efl} - T_{real}) \times Efl}{T_{max} - T_{nat}}$$

En què:

- Efl és el volum de l'efluent (volum/ temps).

- T_{efl} és la temperatura en l'efluent (°C).
- T_{real} és la temperatura de la massa d'aigua receptora (°C).
- $T_{\text{max}} - T_{\text{nat}}$ és l'augment de la temperatura màxim acceptable (°C).

L'augment de la temperatura màxim acceptable depèn del tipus d'aigua i de les condicions locals. Si no hi ha cap valor de referència establert, es recomana adoptar un valor per defecte de 3 °C.

Quan es produïxen **fonts difuses de contaminació**, és a dir, quan arriben als medis aquàtics substàncies químiques després de travessar primer altres medis, com és el cas dels fertilitzants, o els productes fitosanitaris que s'apliquen al sòl i que una part dels quals pot arribar al medi aquàtic, l'equació és la següent:

$$\text{Petjada hídrica grisa} = \frac{L}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} = \frac{a \times A_{\text{pl}}}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}}$$

En què:

- L és la càrrega del contaminant (massa/temps).
- a és la fracció del producte químic que arriba a les aigües superficials o subterrànies.
- A_{pl} és la quantitat del producte químic aplicada (massa/temps).
- C_{max} és la concentració màxima permesa (massa/volum).
- C_{nat} és la concentració natural del medi receptor (massa/volum).

La quantitat de producte químic aplicat al sòl (per exemple, fertilitzant) és coneguda, però la fracció que després d'aplicar-lo arriba a les aigües superficials o subterrànies no es pot mesurar. Per això, no queda més remei que estimar-la. Per a fertilitzants nitrogenats, d'acord amb Chapagain *et al.* (2006b), es pot suposar que hi ha un 10 % de lixiviació.

Cal ressaltar que, per a tots els casos descrits en este apartat, és necessari tindre en compte només el **contaminant més crític**, és a dir, el que done lloc al major volum d'aigua segons la fórmula anterior.

ANÀLISI DE LA SOSTENIBILITAT DE LA PETJADA HÍDRICA

La sostenibilitat es defineix com la capacitat de satisfer les necessitats presents sense comprometre la capacitat de les generacions futures de satisfer les seues. En essència, l'anàlisi de la sostenibilitat ha d'indicar si la petjada hídrica es troba dins dels límits que els recursos hídrics poden suportar de manera sostenible.

La petjada hídrica no és més que un indicador volumètric sobre consum d'aigua dolça directe i indirecte produït en un lloc i un temps determinat per un procés, l'elaboració d'un producte o una activitat.

Perquè oferisca informació de més valor és necessari comparar-la, amb criteris com ara el volum i la qualitat dels recursos hídrics disponibles en el moment i el lloc de producció. En definitiva, es tracta d'analitzar si l'ús d'aigua és sostenible des del punt de vista ambiental, eficient en l'ús dels recursos i equitatiu.

La sostenibilitat de la petjada hídrica d'un producte o organització depèn de les característiques que presenten quant a ubicació, duració, grandària de la petjada hídrica, condicions de l'àrea geogràfica en la qual es troben, etc. A més, resulta imprescindible tindre en compte tant aspectes **mediambientals** com **socials** i **econòmics**.

En termes generals, l'objectiu d'avaluar la petjada hídrica és analitzar com les activitats humanes o els productes específics es relacionen amb els problemes d'escassetat d'aigua i la contaminació, i veure com estes activitats i productes poden ser més sostenibles des del punt de vista hídric.

PERSPECTIVA AMBIENTAL

Per a analitzar la sostenibilitat ambiental de la petjada hídrica, resulta crucial avaluar els impactes produïts sobre els recursos hídrics. Per a això, cal realitzar el càlcul de tres impactes importants:

- L'escassetat d'aigua blava.
- L'escassetat d'aigua verda.
- El nivell de contaminació de l'aigua (associat a la petjada hídrica grisa).

Anàlisi de sostenibilitat ambiental de la petjada hídrica blava

Per a aconseguir la sostenibilitat ambiental, és necessari no sobrepassar els límits màxims sostenibles d'un recurs.

Per a mesurar el grau de sostenibilitat, s'utilitza l'**escassetat d'aigua blava**, indicador que compara la petjada hídrica blava amb l'aigua realment disponible per a l'ús. Quan la petjada hídrica és superior a la quantitat d'aigua dolça disponible, no es complixen els fluxos ambientals i, per tant, amb el temps els ecosistemes d'aigua dolça acabarien degradant-se.

Per a determinar l'escassetat d'aigua i la sostenibilitat de la petjada hídrica blava, és ineludible conèixer la **disponibilitat real d'aigua en la conca** que dota amb este recurs l'organització o la zona de captació. Per a això, s'aplica l'equació següent:

$$DA_{\text{Blava}} = E_{\text{nat}} - \text{CME}$$

En què:

- DA_{Blava} : disponibilitat real d'aigua blava (volum/temps).
- E_{nat} : escolament o disponibilitat natural d'aigua en la conca.
- CME: cabal mínim ecològic.

L'**escolament o disponibilitat natural d'aigua en la conca** fa referència als recursos hídrics disponibles abans de la intervenció humana.

El **cabal mínim ecològic** o requisit de flux ambiental es referix a la quantitat necessària d'aigua perquè els ecosistemes i les necessitats bàsiques humanes es mantinguen. Varia en funció de l'estat de la conca, que depèn tant de l'estat ecològic i químic de les aigües superficials com de l'estat quantitatiu i químic de les aigües subterrànies.

Per a conèixer els **recursos hídrics disponibles** en la conca d'estudi, s'hauran de descomptar les restriccions mediambientals per cabals ecològics.

Les dades d'escolament natural i requisit de flux ambiental de cada conca poden obtindre's de manera bibliogràfica, d'informació facilitada per entitats públiques o fins i tot a través d'estudis propis. Per exemple, en els plans hidrogràfics de cada demarcació hidrogràfica.

L'impacte que produïx la petjada hídrica d'una organització o un producte sempre dependrà de la suma de les petjades hídriques de totes les activitats de la conca en relació amb els recursos disponibles d'aigua i la seua capacitat d'assimilació.

Amb la finalitat d'aconseguir un indicador de sostenibilitat més representatiu, es calcula l'**índex d'escassetat d'aigua blava** comparant la petjada hídrica blava amb la disponibilitat real d'aigua blava:

$$EA_{\text{Blava}} = \frac{\text{PHB}}{DA_{\text{Blava}}}$$

En què:

- EA_{Blava} : índex d'escassetat d'aigua blava.
- PHB: petjada hídrica blava (volum/temps).
- DA_{Blava} : disponibilitat real d'aigua blava.

Com més gran siga l'Índex d'escassetat d'aigua blava, pitjor és la situació d'insostenibilitat des del punt de vista ambiental.

El més ideal és calcular l'índex d'escassetat per mesos per a poder identificar els *hotspots*, és a dir, els mesos de l'any en els quals la situació és més insostenible i, per tant, requerix més atenció.

Anàlisi de sostenibilitat ambiental de la petjada hídrica verda

L'anàlisi de sostenibilitat de la petjada hídrica verda pretén quantificar si la petjada hídrica verda excedix la disponibilitat d'aigua verda per a ús humà en esta.

La **disponibilitat d'aigua verda** en la conca durant un període de temps donat es defineix com a:

$$DA_{Verda} = ET_{Verda} - ET_{veg} - ET_{improd}$$

En què:

- DA_{Verda} : disponibilitat d'aigua verda.
- ET_{Verda} : evapotranspiració total de l'aigua de pluja emmagatzemada en el sòl.
- ET_{veg} : evapotranspiració de l'aigua del sòl reservat per a la vegetació natural.
- ET_{improd} : evapotranspiració en zones no productives.

Totes les variables s'expressen en termes de volum/temps.

L'**escassetat d'aigua verda** es defineix com la relació entre la petjada hídrica verda total i la disponibilitat d'aigua verda:

$$EA_{Verda} = \frac{PHV}{DA_{Verda}}$$

En què:

- EA_{Verda} : índex d'escassetat d'aigua verda.
- PHV: petjada hídrica verda (volum/temps).
- DA_{Verda} : disponibilitat d'aigua verda.

L'escassetat d'aigua verda està íntegrament relacionada amb els usos del sòl. Si es duen a terme activitats productives en zones que haurien de ser protegides, en termes hídrics, l'aigua que s'empra per a la producció, per exemple, agrícola, està deixant d'emprar-se per a l'ecosistema.

Com més gran siga l'índex d'escassetat d'aigua verda, pitjor és la situació d'insostenibilitat.

Anàlisi de sostenibilitat ambiental de la petjada hídrica grisa

Quan es considera la sostenibilitat ambiental des del punt de la qualitat de l'aigua, resulta ideal calcular el nivell de contaminació de l'aigua. Per a això, es compara la petjada hídrica grisa amb la capacitat d'assimilació disponible. Si la petjada grisa és superior al grau d'assimilació, s'està vulnerant la capacitat de l'ecosistema de depurar per si mateix la contaminació hídrica generada.

El càlcul del **nivell de contaminació** s'obté aplicant l'equació següent:

$$NCA = \frac{PHG}{E_{real}}$$

En què:

- NCA: nivell de contaminació de l'aigua.
- PHG: petjada hídrica grisa (volum/temps).
- E_{real} : escolament real en la conca.

Com s'ha explicat anteriorment, la disponibilitat natural d'aigua en la conca (R_{nat}) fa referència als recursos hídrics disponibles abans de la intervenció humana.

PERSPECTIVA SOCIAL

Des d'un punt de vista més social, la sostenibilitat de la petjada hídrica es relaciona amb un **repartiment equitatiu d'aigua**, els **efectes externs**, l'**ocupació** i la **salut humana**.

La petjada hídrica d'una conca s'ha de repartir de manera equitativa entre els diferents usuaris i els diferents sectors. En una escala global, això pren més rellevància perquè alguns consumidors tenen una petjada hídrica molt superior a la dels altres, i els recursos d'aigua dolça a escala mundial són limitats.

També hi ha efectes externs. Normalment els costos per consum i contaminació dels consumidors situats aigües amunt d'una conca hidrogràfica no compensen la població situada aigües avall.

Quant a l'ocupació, en moltes regions, sectors com per exemple el de l'agricultura conduïxen a la sobreexplotació dels recursos hídrics disponibles. Este tipus de petjada hídrica ha de reduir-se, però pot ser que siga a costa de l'ocupació regional, fet no desitjat.

Finalment, la petjada hídrica grisa pot influir en la salut humana, tant en el punt d'abocament com aigües avall.

PERSPECTIVA ECONÒMICA

L'impacte econòmic està relacionat directament amb l'eficiència en l'ús d'aigua. Quan l'aigua no s'assigna i s'usa d'una manera eficient econòmicament, es genera un punt crític econòmic.

Interessa calcular la **productivitat aparent de l'aigua blava**. Este indicador dona informació sobre els ingressos econòmics per metre cúbic d'aigua consumida. Es calcula segons l'equació següent:

$$PA_{\text{Blava}} = \frac{P}{PHB}$$

En què:

- PA_{Blava} : productivitat aparent de l'aigua blava.
- P: preu de mercat per unitat funcional.
- PHB: petjada hídrica blava per unitat funcional.

El preu fa referència al preu de mercat brindat al productor, amb la finalitat d'eliminar el valor afegit a causa de la comercialització i els processos industrials. S'expressa en euros per unitat funcional, per exemple, euros/kg de producte, euros/unitat de producte, euros/servei, etc.

CÀLCUL DE LA PETJADA D'AIGUA

PRINCIPIS

Els principis que han de guiar el càlcul de la petjada d'aigua s'indiquen a continuació:

- **Enfocament de cicle de vida**: per al càlcul de la petjada d'aigua es consideren totes les etapes del cicle de vida del sistema de producte, des de l'extracció, el processament i

l'obtenció de matèries primeres, la producció del producte, el transport aigües amunt i aigües avall fins a la seua gestió com a residu al final de la vida útil.

- **Enfocament ambiental:** l'avaluació de la petjada d'aigua avalua els possibles impactes ambientals relacionats amb l'aigua, associats a un producte, un procés o una organització.
- **Referència a la unitat funcional:** una avaluació de la petjada d'aigua es relaciona amb la seua unitat funcional, de manera que totes les dades emprades per al càlcul, així com els resultats obtinguts, han d'estar referits a la unitat funcional seleccionada.
- **Enfocament iteratiu:** l'estudi de la petjada d'aigua és una tècnica iterativa, fet que contribuïx a la integritat i la coherència de l'estudi i dels resultats obtinguts.
- **Transparència:** s'ha d'exposar i documentar amb transparència la informació necessària i apropiada sobre l'estudi de petjada d'aigua.
- **Rellevància:** s'han de triar dades i mètodes adequats per a l'avaluació de la petjada d'aigua.
- **Integritat:** s'han d'afegir en l'inventari totes les dades que tinguen una contribució significativa en la petjada d'aigua.
- **Consistència:** les hipòtesis, les dades i els mètodes utilitzats han d'aplicar-se sempre de la mateixa manera. D'esta manera, els resultats obtinguts seran conformes a l'objectiu i l'abast definits.
- **Precisió:** en l'avaluació de la petjada d'aigua es busca que la incertesa de les dades i els resultats siga com més baixa millor.
- **Enfocament científic:** la presa de decisions ha de basar-se en criteris físics, químics o biològics. S'haurà d'evitar la presa de decisions basada en criteris de preu.
- **Exhaustivitat:** s'han d'avaluar exhaustivament tots els aspectes relacionats amb l'aigua que tinguen rellevància per al cas d'estudi.

FASES DE LA PETJADA D'AIGUA

L'avaluació de la petjada d'aigua d'acord amb la norma ISO 14046:2014 ha d'incloure les quatre fases de tota anàlisi de cicle de vida:



Figura 9. Fases d'una avaluació de la petjada d'aigua

En la primera fase, s'han d'**establir els objectius i l'abast de l'estudi**, és a dir, especificar per què i per a què es vol realitzar l'estudi, i definir l'abast i els límits del sistema.

La fase 2 d'**anàlisi de l'inventari** inclou la identificació i la quantificació de totes les entrades i les eixides directes i indirectes d'aigua generades al llarg del cicle de vida. En esta fase es recopilen i/o es quantifiquen les dades necessàries per a realitzar els càlculs.

En la fase 3 d'**avaluació de l'impacte** es quantifiquen els impactes ambientals potencials relacionats amb l'aigua. Per a això, primerament, hauran de definir-se les categories d'impacte objecte d'estudi.

Finalment, la fase 4, d'**interpretació dels resultats**, es basa a identificar les qüestions significatives i les conclusions dels resultats obtinguts en la fase d'avaluació de l'impacte.

DEFINICIÓ D'OBJECTIU I ABAST

Establir l'objectiu

Igual que en un estudi de petjada hídrica, en l'avaluació de la petjada d'aigua han d'establir-se clarament objectius.

Des del primer moment s'ha d'especificar en quin tipus de petjada d'aigua es vol treballar:

- Petjada d'aigua d'un producte.
- Petjada d'aigua d'un servei.
- Petjada d'aigua d'una organització.

Una vegada definit el tipus de petjada, és necessari indicar:

- Les aplicacions previstes.
- Les raons per a realitzar l'estudi.
- A quin públic es dirigix la petjada d'aigua, si es comunicaran els resultats i per quin mitjà pensa fer-se.
- Si és un estudi només de petjada d'aigua o si forma part d'una anàlisi de cicle de vida complet.

Definir l'abast

Este pas és pràcticament comú a l'estudi de petjada hídrica. Per això, a continuació s'exposen de manera resumida els aspectes que cal tindre en compte per a determinar l'abast:

1. Triar el **període de temps** que es vol considerar.
2. Establir un **any base**.
3. Determinar la **unitat funcional**. Totes les entrades i les eixides del sistema analitzat han d'estar referides a la unitat funcional seleccionada.
4. Establir els **criteris de tall**. Es definix fins a quin nivell d'informació es tindrà en compte.
5. Definir els **criteris d'assignació**. En la majoria de les ocasions, no es té una línia productiva simple, en què les matèries primeres es transformen en un sol producte, sinó que generalment es produïx més d'un producte. Això implica realitzar una distribució de l'ús de recursos i fluxos d'entrada i eixida entre els productes fabricats. Per a això s'utilitzen criteris d'assignació, que assignen les càrregues ambientals entre els productes d'un procés o un sistema definits.
6. Determinar els **límits de l'inventari**. S'ha d'establir què s'inclou i què no s'inclou en l'estudi. Per a això, s'han de detallar les etapes, els processos i els fluxos que cal considerar en l'avaluació de la petjada hídrica.
7. Indicar la **metodologia d'avaluació** d'impactes de la petjada d'aigua i les **categories d'impacte** triades.

8. Especificar si els resultats de l'avaluació d'impactes de la petjada d'aigua inclouran només un **indicador d'impacte** (cal especificar quin) o un perfil de la petjada d'aigua.

ANÀLISI DE L'INVENTARI DE LA PETJADA D'AIGUA

S'han de quantificar totes **les entrades i les eixides** rellevants del sistema analitzat que puguin contribuir de manera significativa als impactes ambientals relacionats amb l'ús de l'aigua.

Les dades relacionades amb l'aigua que han de recopilar-se són:

- Les entrades i les eixides directes d'aigua.
- Els tipus de recursos d'aigua utilitzada: precipitació, aigua de mar, aigua superficial, etc.
- Els paràmetres i les característiques que descriuen la qualitat de l'aigua.
- Les formes d'ús de l'aigua: evaporació, transpiració, integració en el producte, etc.
- Localització geogràfica de l'ús de l'aigua o de l'aigua la qualitat de la qual resulta afectada.
- Els aspectes temporals de l'ús d'aigua.
- Les entrades de matèries primeres i les entrades de processos.
- Les entrades d'energia (electricitat i combustibles).
- Les eixides de productes.
- Els transports.
- La generació de residus.
- Les emissions a l'atmosfera, a l'aigua i al sòl que puguin alterar la qualitat de l'aigua.

Les decisions sobre les dades que cal incloure en l'estudi han de basar-se en una anàlisi de sensibilitat realitzada per a determinar-ne la significança, i comprovar si les hipòtesis inicials sobre l'abast del sistema són adequades o no.

Una vegada obtingudes les dades d'entrades i eixides del sistema analitzat, estes dades s'han de referenciar a la **unitat funcional**. És a dir, per a cada flux es calcula la quantitat requerida per a produir la unitat funcional.

L'etapa d'anàlisi d'inventari o recopilació d'informació requereix temps i recursos, a causa de la gran quantitat de dades que cal recollir i del fet que en la majoria dels casos poden no estar mesurades o quantificades.

Per a gestionar millor la informació, es recomana elaborar un **inventari**, és a dir, un registre en què es recopilen totes les dades necessàries per al càlcul. En este registre, s'ordena la informació, es classifiquen entrades i eixides directes i indirectes d'aigua i s'identifica per a cada flux la font d'extracció, el cos receptor de descàrrega i l'ús donat.

La **qualitat** dels resultats de l'estudi de petjada hídrica està directament relacionada amb la qualitat de l'inventari utilitzat. Sempre que siga possible, s'han d'utilitzar dades primàries. Si no es disposa d'informació primària, s'optaria per l'estimació d'este valor. Es recomana que, sempre que es puga, les dades procedisquen de factures, albarans, cabalímetres, fulls de control verificats per la mateixa entitat, etc.

És necessari que les dades es validen durant el procés de recopilació. La validació pot implicar, per exemple, realitzar balanços d'aigua i/o anàlisi comparativa d'alliberament en aigua.

Per a determinar la qualitat de la dada recopilada, es poden establir els criteris següents:

Qualitat	Descripció
Molt bona	Registres comptables (factures, albarans...) o legals. Auditats o verificats per tercera part independent.
Bona	Informació necessària relativa a la dada d'activitat completa, basada en registres interns, auditada externament.
Suficient	Qualitat de les dades suficient. La informació necessària sobre la dada d'activitat no s'obté directament, però pot estimar-se a partir d'altres dades, o bé, en cas que hi haja alguna llacuna en les dades, pot estimar-se a partir d'extrapolacions o el contrast amb altres fonts de dades.
Insuficient	La informació sobre les dades d'activitat no és completa o fiable, encara que pot fer-se una estimació raonable.
Roïna	No es disposa de registres sobre les dades d'activitat, ni hi ha informació que permeti fer una estimació raonable.

Taula 5. Criteris d'avaluació de la qualitat de les dades

AVALUACIÓ DE L'IMPACTE DE LA PETJADA D'AIGUA

L'avaluació de l'impacte de la petjada d'aigua ha de complir les normes ISO 14044 i ISO 14046.

Els impactes relacionats amb l'aigua es poden representar amb un o més paràmetres que quantifiquen els impactes ambientals potencials d'un sistema de producte, procés o organització.

El terme *petjada d'aigua* només s'ha d'utilitzar per a descriure el resultat o els resultats d'una avaluació íntegra de la petjada d'aigua. Si els impactes potencials relacionats amb l'aigua no s'avaluen integralment, el terme petjada d'aigua només ha d'utilitzar-se amb un qualificatiu. Per això, és necessari determinar quins d'estos paràmetres s'estudiaran.

El primer pas és seleccionar les **categories d'impacte i els indicadors de categoria** objecte d'estudi. La selecció de les categories i indicadors d'impacte ha de ser coherent amb l'objectiu i l'abast definit, tenint en compte els impactes ambientals potencials ocasionats pels canvis en la quantitat i/o qualitat de l'aigua.

Cada categoria d'impacte, per exemple eutrofització de l'aigua dolça, requereix una representació quantitativa denominada indicador de categoria. A continuació, se'n presenten alguns exemples:

Categoria d'impacte	Indicadors de categoria	
	Unitat de mesura	Descripció
Eutrofització de l'aigua dolça	kg P eq	Emissió de fòsfor equivalent a l'aigua dolça. Expressada com el grau en què els nutrients emesos arriben a l'aigua dolça (el fòsfor es considera factor limitant en aigua dolça).
Eutrofització marina	kg N eq	Emissió de nitrogen equivalent al mar. Expressada com el grau en què els nutrients emesos arriben al mar (el nitrogen es considera factor limitant en l'aigua marina).

Ecotoxicitat de l'aigua dolça	kg 1,4-DB eq	Alliberament d'1,4-diclorobenzé a l'aigua dolça. Expressat com els impactes tòxics que afecten l'aigua dolça, provocats per l'alliberament de substàncies amb un efecte directe sobre la salut de l'ecosistema.
Ecotoxicitat marina	kg 1,4-DB eq	Alliberament d'1,4-diclorobenzé a l'aigua marina. Expressat com els impactes tòxics que afecten l'aigua marina, provocats per l'alliberament de substàncies amb un efecte directe sobre la salut de l'ecosistema.
Esgotament dels recursos hídrics	m ³ eq	Escassetat d'aigua dolça. Expressada com la quantitat escassa d'aigua utilitzada, mesurada en m ³ d'aigua equivalent.

Taula 6. Categories d'impacte i indicadors de categoria

Hi ha nombrosos indicadors de categoria i resulta fonamental que el nom de l'indicador de categoria d'impacte siga prou explícit per a expressar amb claredat a quin mecanisme ambiental es referix.

Si el càlcul de la petjada d'aigua es basa en categories d'impacte diferents, els resultats de l'inventari han d'assignar-se a estes categories d'impacte diferents.

Una vegada definides les categories i els indicadors d'impacte, ha de descriure's el **model de caracterització** que relaciona les dades recopilades en l'inventari de petjada hídrica amb l'indicador de cada categoria i proporciona la base per als factors de caracterització.

Mitjançant els **factors de caracterització**, es convertixen les dades d'activitat (referenciades a la unitat funcional establida) a unitats de l'indicador.

L'elecció dels mètodes de caracterització i els factors per a cada categoria d'impacte avaluada s'han d'explicar i justificar.

Una vegada obtinguts els resultats, s'han d'identificar els aspectes més rellevants: processos amb una contribució significativa a la petjada d'aigua, mecanismes ambientals més afectats i fluxos que tenen més contribució als resultats de l'avaluació de la petjada d'aigua, així com les conclusions i les limitacions de l'avaluació de la petjada d'aigua.

PLA DE MILLORA

ELABORACIÓ DEL PLA DE MILLORA

La petjada hídrica i la petjada d'aigua servixen per a tindre un valor de referència de l'ús de l'aigua, així com dels impactes derivats d'eixe ús amb la finalitat d'establir uns objectius de millora o reducció. És difícil gestionar i millorar una activitat si no es disposa d'un mesurament comparable i objectiu que la definisca.

El Pla de millora serveix per a definir d'una manera més precisa mesures de reducció i millores en la qualitat de les dades utilitzades.

Per a això, resulta crucial analitzar minuciosament els resultats i identificar els processos i els fluxos directes i indirectes que tenen més consum i, al seu torn, més impacte.

Una vegada identificats els fluxos objecte de millora i reducció, se seleccionaran una sèrie de mesures per a aplicar a mitjà, curt o llarg termini.

És fonamental que per, a posar en marxa el pla, l'empresa planifiqui les accions i establisca un calendari i responsables per a implantar cadascuna de les mesures.

En tot pla de millora és necessari prendre un any de referència (any base) a fi de poder computar les reduccions realitzades en referència a este any.

La comunicació interna és clau per a aconseguir sumar el compromís dels empleats i així aconseguir més eficaçment els objectius. Els clients i altres grups d'interés també valoraran positivament estes accions.

A més, s'han de revisar els objectius periòdicament per a garantir que les possibles desviacions es corregixen. La millora contínua és la millor opció per a garantir el mínim consum de recursos hídrics i la mínima contaminació d'estos.

MESURES DE REDUCCIÓ

A continuació, es presenta una sèrie de mesures que poden servir d'orientació sobre les possibilitats existents. És important destacar que la implantació d'estes mesures, a més d'aconseguir reduir el consum i la contaminació dels recursos hídrics, així com els impactes relacionats amb l'ús de l'aigua, contribuirà a reduir costos associats al consum, bé per una optimització de l'ús de les instal·lacions o bé per la substitució d'equipaments més eficients en termes d'eficiència hídrica.

Si bé les mesures a implantar poden tindre característiques particulars en funció del sector concret al qual pertanga l'empresa, es poden establir una sèrie de recomanacions generals:

- Reduir el consum d'entrades: combustibles fòssils, reactius, fertilitzants, etc.
- Reduir pèrdues per evaporació en basses i depòsits descoberts cobrint-ne la superfície.
- Reutilitzar aigües de procés per a altres usos, i reduir així el consum d'aigua.
- Buscar l'abocament zero.
- Formar el personal de l'organització sobre l'ús responsable del recurs aigua i sobre la petjada hídrica.
- Sensibilitzar el personal de la importància del recurs aigua.
- Gestionar adequadament les aigües pluvials.
- Col·locar difusors, reductors de pressió d'aigua en les aixetes i les dutxes.
- Substituir els sistemes de refrigeració d'aigua en obert per altres sistemes més eficients i de menys consum d'aigua.
- No descurar les instal·lacions associades a l'aigua, ja que les pèrdues d'aigua per este motiu poden ser importants.
- Utilitzar dispositius estalviadors d'aigua en les cisternes del WC (mecanismes de doble descàrrega).

- Regar els cultius i/o les zones verdes a primera hora del matí o al capvespre, per a evitar que l'aigua s'evapore. Si és possible, fer-ho amb aigua reciclada.
- Instal·lar sistemes de reg automàtic amb sensors de pluja que interrompen el reg quan plou, a fi d'utilitzar l'aigua de pluja.
- El manteniment preventiu i les revisions periòdiques suposen un estalvi important perquè eviten i prevenen incidents i reparacions de danys per fuites d'aigua de més importància.
- Reduir la càrrega contaminant de l'abocament, per exemple mitjançant sistemes de depuració avançats.
- Bona gestió del control i la documentació referent a l'aigua.
- Millorar el mesurament dels fluxos d'entrada i eixida d'aigua en determinats processos mitjançant, per exemple, la implantació de cabalímetres.

INFORME DE PETJADA HÍDRICA I PETJADA D'AIGUA

L'informe de petjada hídrica i de petjada d'aigua és el document en què es reflecteixen els elements fonamentals de la petjada hídrica o la petjada d'aigua de l'organització o el producte (resultats, factors de conversió utilitzats, límits, etc.). És necessari advertir que totes les dades aportades hauran d'estar documentades i els càlculs hauran de realitzar-se segons procediments oficials com ara els que es descriuen en esta guia.

INFORME DE PETJADA HÍDRICA

L'informe de petjada hídrica permet informar públicament dels resultats de la seua petjada hídrica blava, verda i grisa. La informació que conté ha de ser rellevant, completa, consistent, precisa i transparent.

El contingut de l'informe de petjada hídrica ha de ser almenys el següent:

- **Descripció breu de l'organització/empresa.**
- **Període** per al qual es calcula la petjada hídrica.
- Explicació dels **objectius i abast.**
- **Unitat funcional** específica.
- **Petjada hídrica total** i desglossament de la petjada hídrica en **petjada hídrica blava, petjada hídrica verda i petjada hídrica grisa, directa i indirecta.**
- Explicació de qualsevol **exclusió en el càlcul.**
- **Any base** o referència temporal per a l'anàlisi al llarg del temps.
- **Evolució de la petjada hídrica** sobre la base de la referència temporal seleccionada.
- Explicació de **canvis en la referència temporal**, si n'hi ha.
- **Referència de les metodologies** emprades.
- Explicació de qualsevol **canvi en les metodologies** emprades prèviament, si n'hi ha, i **recàlculs** realitzats, si és el cas.
- **Referència dels factors de conversió** emprats per a calcular els consums indirectes d'aigua en la petjada hídrica blava.
- **Anàlisi de la sostenibilitat** de la petjada hídrica (opcional).
- Informació sobre el **Pla de millora.**

INFORME DE PETJADA D'AIGUA

L'informe de petjada d'aigua, tal com indica la norma ISO 14046, ha de preveure els aspectes següents:

- **Descripció breu de l'organització/empresa.**
- **Data** de l'informe.

- **Declaració** que l'estudi s'ha realitzat **conformement** als requisits de la norma **ISO 14046**.
- **Objectiu** de l'estudi.
- **Període** per al qual es calcula la petjada d'aigua.
- **Abast de l'estudi**, incloent-hi unitat funcional, límits del sistema i criteris de tall.
- **Justificació de qualsevol modificació** feta a l'abast inicial.
- **Procediment de recopilació** de dades.
- Descripció qualitativa i quantitativa dels **processos**.
- **Fonts de dades**.
- Requisits i avaluació de la **qualitat de les dades**.
- **Anàlisi de sensibilitat** per a ajustar els límits del sistema.
- Principis i procediments d'**assignació**.
- **Procediment de càlcul**.
- **Càlculs i resultats** de l'avaluació de l'impacte.
- **Limitacions**.
- Descripció de les **categories d'impacte i indicadors de categoria** considerats.
- Descripcions i referències dels **models de caracterització, factors de caracterització i mètodes utilitzats**.
- **Interpretació** de resultats i conclusions.
- **Any base** o referència temporal per a l'anàlisi al llarg del temps.
- **Comparació** de resultats.

CAS PRÀCTIC SIMPLIFICAT

Una empresa del sector agroalimentari que es dedica a la producció de cogombre i desitja calcular la petjada hídrica del seu producte per a la campanya de l'any 2019.

La seua activitat inclou el cultiu de cogombres en hivernacle, el regadiu durant la producció, la collita de cogombres i la preparació, la neteja i l'envasament del producte.

ASPECTES GENERALS

Per al càlcul de la petjada hídrica és necessari establir:

- **Límit de l'organització:** l'organització és propietària absoluta de totes les operacions que realitza.
- **Estàndard:** Water Footprint Network.

L'estudi té per objectiu determinar l'ús d'aigua associat a la producció de cogombres (únic producte), que abasta des del cultiu en hivernacles, el reg, la collita, la neteja i la preparació fins a l'envasament. Es desestima el procés pel qual s'aconseguixen les llavors, ja que no és significatiu.

ABAST

- **Tipus de petjada hídrica:** petjada hídrica d'**organització**.
- **Unitat funcional:** es defineix com a unitat funcional el total de tones de cogombres produïts durant la campanya agrícola. La producció total anual de la planta és de **378 tones**.
- **Dimensió temporal:** el període temporal per a l'estudi és de 12 mesos i comprén de setembre a agost de 2021-2022. L'empresa està situada al sud de Loriguilla, província de València.
- **Límits del sistema:** s'han considerat les àrees de cultiu de cogombres, el reg, la collita, l'acabat i/o la llavada i l'envasament. A continuació, es detallen les fases principals del procés, des del cultiu de cogombres fins a la recepció del producte en els magatzems de la mateixa organització:

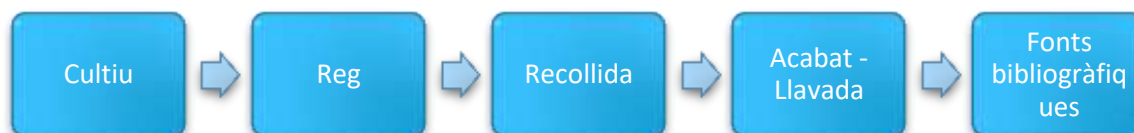


Figura 10. Mapa de processos

L'estudi **exclou** les etapes d'arreglada de llavors i la infraestructura utilitzada de la planta de producció, per no formar part del control operacional de l'organització.

- **Criteri de tall:** per a l'anàlisi de la cadena de subministraments, s'ha aplicat una regla de tall amb el criteri de quantitat i valor (el producte dels dos), per a discriminar les entrades la representació de les quals no arribe a l'1 % del total. Per a aplicar esta regla, s'ha considerat el 100 % d'entrades consumibles adquirides durant el període d'estudi.

CÀLCUL DE LA PETJADA HÍDRICA BLAVA

$$\text{Petjada hídrica blava} = \text{Aigua blava evaporada} + \text{Aigua blava consumida} + \text{Fluxos d'aigua no retornats a la conca}$$

Aigua blava evaporada

L'organització compta amb una bassa d'emmagatzematge d'aigua per a reg amb una superfície de 400 m².

Com que es tracta d'aigua exposada directament a la intempèrie, es produïx un consum d'aigua per evaporació.

Per a calcular l'evaporació produïda en una bassa no coberta, es pot aplicar l'equació següent:

$$ET = ET_0 \times S \times 10$$

En què:

- ET₀ és l'evapotranspiració de la zona d'estudi (obtinguda de l'estació meteorològica més pròxima) (mm) = 1.300 mm.
- S és la superfície de la bassa (ha) = 0,04.
- 10 és una constant per a passar de mm a m³.

Per tant, per a produir 378 tones de cogombres en la campanya 21/22, l'organització va consumir **520 m³ deguts a l'evaporació d'aigua en la bassa.**

Aigua blava consumida

El consum directe d'aigua blava és igual a:

<i>Consum directe</i>	<i>m³</i>
<i>Aigua per al cultiu</i>	24.500,00
<i>Aigua potable</i>	120,00
<i>Aigua destil·lada</i>	1,00
Total	24.621,00

Taula 7. Consums directe d'aigua blava

En total, el **consum directe d'aigua** suma **24.621 m³**.

Per a calcular el consum indirecte d'aigua, és necessari identificar els principals consums de matèria i energia produïts durant el període d'estudi:

Consum indirecte	Unitat	Consum
<i>Fertilitzants químics NPK (12:32)</i>	t	65,00
<i>Caixes de cartó</i>	t	16,69
<i>Plàstic</i>	t	1,40
<i>Electricitat</i>	kWh	16.450,00
<i>Dièsel</i>	kg	338,00

Taula 8. Principals consums indirectes

Estos consums porten associats un consum d'aigua per la seua pròpia producció. El consum indirecte d'aigua associat a l'ús d'estos materials s'obté multiplicant la dada de consum anual per un factor de conversió.

Els factors de conversió utilitzats i mostrats ací s'han calculat a partir de la informació disponible en la Base de dades Ecoinvent, entre altres fonts bibliogràfiques, d'acord amb el tipus, la procedència i l'any de consum.

Consum indirecte	Unitat	Factor de caracterització	Traçabilitat
<i>Fertilitzants químics NPK (12:32)</i>	m ³ /t	5,21	Tata industrial water footprint assessment: results and learning
<i>Caixes de cartó</i>	m ³ /kg	0,0053	Ecoinvent. Corrugated board box {RER} market for APOS, U
<i>Plàstic</i>	m ³ /kg	3,85	Ecoinvent. Polystyrene, general purpose {RER} production APOS, U
<i>Electricitat</i>	m ³ /kWh	0,0306	Ecoinvent. Electricity, medium voltage {ES} market for APOS, U
<i>Dièsel</i>	m ³ /kg	0,00594	Ecoinvent. Diesel {Europe without Switzerland} market for APOS, O

Taula 9. Factors de caracterització per al càlcul de la petjada hídrica blava indirecta

Finalment, es presenten els consums indirectes d'aigua:

Consum indirecte	m³
<i>Fertilitzants químics NPK (12:32)</i>	338,65
<i>Caixes de cartó</i>	88,46
<i>Plàstic</i>	5.390,00
<i>Electricitat</i>	503,37
<i>Dièsel</i>	2,01
Total	6.322,48

Taula 10. Consums indirectes d'aigua blava

S'obté que el **consum indirecte** total d'aigua és igual a **6.322,48 m³**.

Fluxos d'aigua no retornats a la conca

No hi ha fluxos d'aigua retornats a una conca diferent de la d'origen o en un període de temps diferent.

CÀLCUL DE LA PETJADA HÍDRICA VERDA

Sectors com el de l'agricultura solen ser grans consumidors d'aigua verda; no obstant això, per al cas d'estudi, no hi ha petjada hídrica verda, ja que el cultiu es fa en hivernacle i no es consumix aigua de pluja.

CÀLCUL DE LA PETJADA HÍDRICA GRISA

Segons el manual de WFN, només es calcula quant a nutrients que arriben a l'aquífer per fertilitzants, no insecticides. El contaminant de concentració majoritària per a tots els fertilitzants és el N.

$$\text{Petjada hídrica grisa} = \frac{L}{C_{\max} - C_{\text{nat}}} = \frac{a \times \text{Apl}}{C_{\max} - C_{\text{nat}}}$$

En què:

- L és la càrrega del contaminant (massa/temps).
- a és la fracció del producte químic que arriba a les aigües superficials o subterrànies.
- Apl és la quantitat del producte químic aplicada (massa/temps).
- C_{max} és la concentració màxima permesa (massa/volum).
- C_{nat} és la concentració natural del medi receptor (massa/volum).

És necessari tindre en compte només el **contaminant més crític**, és a dir, el que done lloc a més volum d'aigua segons la fórmula anterior.

En el cas d'estudi, com que es tracta de fertilitzants nitrogenats, el contaminant majoritari és el nitrogen (22 % de la composició total del fertilitzant).

Com s'indica en l'equació anterior, la quantitat de nitrogen lixiviat es calcula multiplicant la quantitat de fertilitzant aplicat per la fracció del producte químic que arriba a les aigües subterrànies o superficials.

La quantitat de producte químic aplicat al sòl (per exemple, fertilitzant) és coneguda, però la fracció que després d'aplicar-lo arriba a les aigües superficials o subterrànies no es pot mesurar. Per això, no queda més remei que estimar-la. Per a fertilitzants nitrogenats, d'acord amb Chapagain *et al.* (2006b), es pot suposar que hi ha un **10 % de lixiviació**.

En el període analitzat, el consum de fertilitzant va arribar a un valor de 65 t, i, per tant, el valor de la **lixiviació o l'escolament de nitrogen cap a masses d'aigua** és igual a **6,5 t/any**.

Per a la norma de la qualitat ambiental del nitrogen, s'han pres 10 mg/l (mesurats com a N). Este límit s'utilitza per a calcular el volum necessari d'aigua dolça per a assimilar la càrrega de

contaminants. Per falta d'informació, es considera que la concentració natural en la massa d'aigua receptora és zero.

A continuació, es presenta el càlcul de la petjada hídrica grisa:

Fertilitzant	Lixiviació o escolament de nitrogen cap a masses d'aigua (t/any)	C _{max} (mg/l)	C _{nat} (mg/l)	PH GRISA (m ³)
Fertilitzants químics NPK (12:32)	6,50	10,00	0,00	650.000,00

Taula 11. Càlcul de la petjada hídrica grisa

La petjada hídrica grisa de l'organització és igual a 650.000 m³.

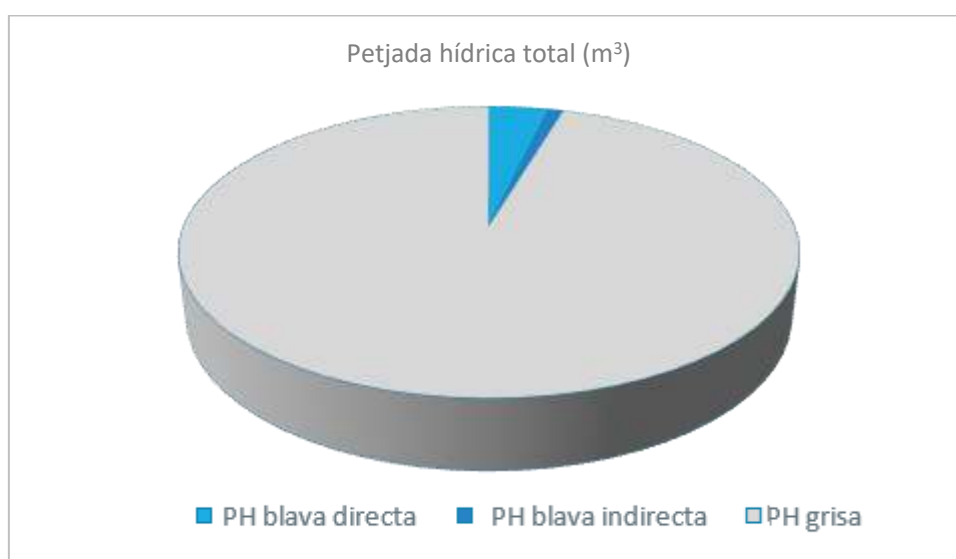
RESULTATS

En este apartat es presenten els resultats obtinguts en el càlcul de la petjada hídrica de l'organització:

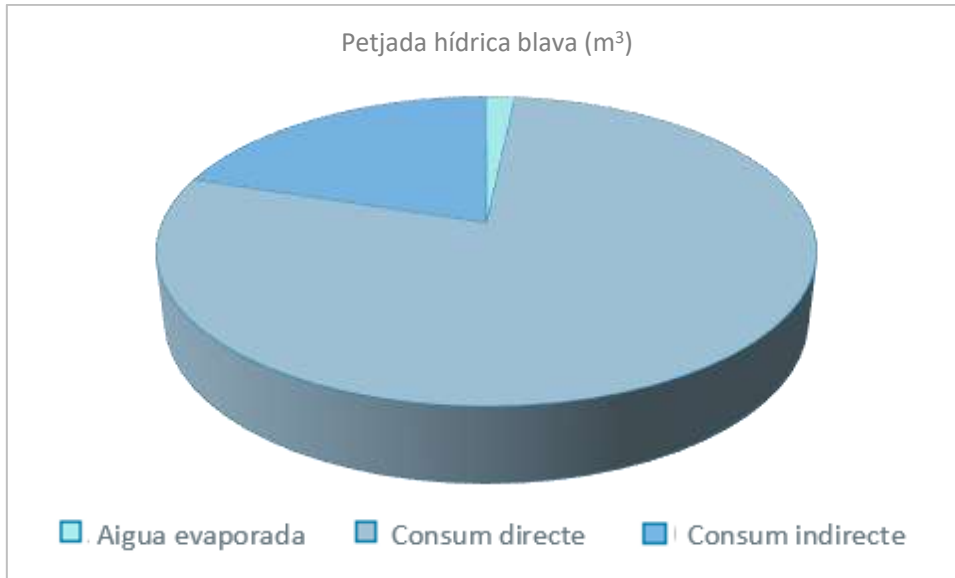
Petjada hídrica	m ³	%
Petjada hídrica blava	31.463,48	4,54
Petjada hídrica verda	0,00	0,00
Petjada hídrica grisa	650.000,00	95,46
Total	681.463,48	100,00

Taula 12. Resultats petjada hídrica del cas d'estudi

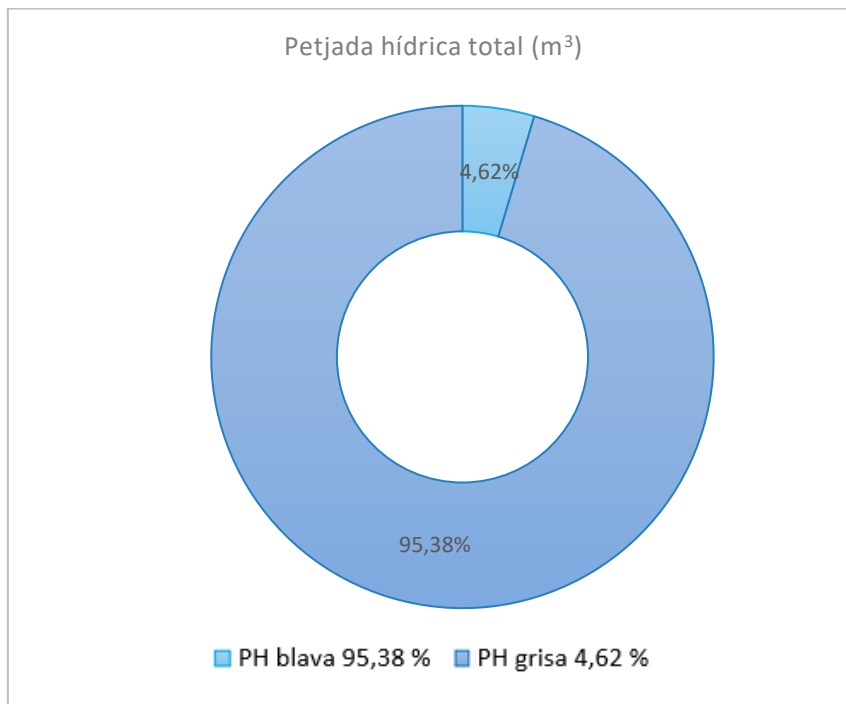
Com pot observar, el 95,38 % del total de la petjada hídrica de l'organització es deu a la petjada hídrica grisa. La petjada hídrica blava directa representa el 3,69 % de la petjada, i l'altre 0,93 % deriva de la petjada hídrica blava indirecta.



Gràfic 1. Petjada hídrica total del cas d'estudi



Gràfic 2. Petjada hídrica blava del cas d'estudi



Gràfic 3. Petjada hídrica total del cas d'estudi