

Cas pràctic: petjada hídrica fibra de cotó

Petjada hídrica de productes,
serveis i organitzacions



**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria de Medi Ambient,
Aigua, Infraestructures i Territori

CONTINGUT

DEFINICIÓ D'OBJECTIU I ABAST	2
Objectiu.....	2
Abast.....	2
Mapa de processos.....	2
Unitat funcional	3
Metodologia utilitzada	3
QUANTIFICACIÓ DE LA PETJADA HÍDRICA	4
Càlcul de la petjada hídrica blava i verda.....	4
Càlcul de la petjada hídrica grisa.....	7
RESULTATS	9
ANNEX I: MÈTODE ALTERNATIU PER A CàLCUL D'EVAPOTRANSPIRACIÓ D'UN CULTIU.....	10

DEFINICIÓ D'OBJECTIU I ABAST

Objectiu

El cas d'estudi és sobre una empresa productora de cotó situada a València, Espanya. L'**objectiu** és el de calcular el consum i la contaminació de l'aigua associada a la producció de la fibra de cotó (**petjada hídrica de producte**).

Amb este estudi es pretén:

- Identificar les fases del procés productiu que generen més consum del recurs hídric.
- Informar sobre les bones pràctiques que l'empresa du a terme per a la protecció del recurs.
- Poder proposar mesures que ajuden a estalviar en el consum.

Abast

L'estudi se centra en la petjada hídrica de la producció de cotó, per la qual cosa l'abast de l'estudi comprén els processos del cicle de vida de la fibra de cotó. La **cobertura temporal** és la campanya de producció de cotó corresponent al 2021-2022.

La petjada hídrica tindrà en compte els tres indicadors de petjada hídrica: **blau, verd i gris**.

Quant al criteri de tall establert, s'incorporen tots els **consums d'aigua directes i indirectes** que suposen més de l'**1 %** del total de la petjada hídrica.

Mapa de processos

La clau per a identificar els consums que ha de tindre en compte l'estudi consistix a definir el cicle de vida d'un producte i identificar els fluxos de matèria i energia essencials per a produir-lo i que, a més, estos suposen, dins del volum total de consums de l'entitat, un consum representatiu segons el criteri de la mateixa entitat.

Per a això analitzarem el **mapa de processos** implicat en la producció de cotó sota un enfocament d'anàlisi de cicle de vida, així com els límits del sistema.



Figura 1. ACV simplificat de la producció de cotó

Segons l'abast d'estudi, el cicle de vida serà **del bressol a la porta**, incloent-hi els processos de cultiu i recol·lecció.

Unitat funcional

Segons les consideracions de la Water Footprint Network, tot l'estudi estarà referit a una **unitat funcional** específica. Per al cas d'estudi, la unitat funcional utilitzada és una tona de cotó produïda.

Com es veurà al llarg del cas pràctic, per a tindre referenciada la petjada hídrica segons la unitat funcional establida, s'utilitza un rendiment del cultiu de **3,27 t/ha**, ja que es disposa de dades de consum d'aigua per hectàrea.

Esta dada servirà perquè, una vegada tinguem tots els consums d'aigua per hectàrea produïts durant el període d'estudi, puguem identificar quant es consumix per tona de cotó produït; en això consistix referenciar l'estudi segons la seua unitat funcional.

Metodologia utilitzada

La metodologia de càlcul emprada serà la proposada en el Manual de la Water Footprint Network (WFN) d'avaluació i càlcul de la petjada hídrica.

QUANTIFICACIÓ DE LA PETJADA HÍDRICA

Una vegada s'obtenen els fluxos elementals de matèria i energia del sistema, es calcula la petjada hídrica del producte estudiat. S'aconsella acudir a la guia de petjada hídrica per a recordar els conceptes de petjada hídrica blava, verda i grisa i ús consumptiu d'aigua.

Un dels passos fonamentals per a l'estudi de la petjada hídrica és fer un bon **inventari**. Per al cas d'una empresa productora de cotó, l'inventari podria ser el següent:

Entrades		Processos	Eixides
Directes	Indirectes		
1. Aigua de pou	2. Fertilitzants 3. Consum de combustibles fòssils (maquinària) 4. Fitosanitaris 5. Electricitat	Plantació i recol·lecció	6. Lixiviats 7. Envasos usats i altres residus

Taula 1. Inventari de petjada hídrica en el procés de cultiu

El càlcul de la petjada hídrica haurà de ser complet; no obstant això, per la complexitat que pot arribar a presentar el càlcul de la petjada hídrica en un cultiu, per al cas d'estudi no s'han considerat els consums d'aigua indirectes.

Per a més informació sobre com calcular els consums d'aigua indirectes es pot consultar, la Guia de quantificació de la petjada hídrica, a més del segon cas pràctic proposat.

Càlcul petjada hídrica blava i verda

Segons la metodologia de càlcul, en l'estudi de les necessitats hídriques d'un cultiu es tenen en compte les quantitats d'aigua evapotranspirades o incorporades al producte, siga d'aigua verda (de pluja) o d'aigua blava (de reg).

L'**evapotranspiració** d'un cultiu es pot mesura estimar per mitjà d'un model basat en fórmules empíriques. El mesurament de l'evapotranspiració (ETP) és costós i poc freqüent.

Per a estimar el consum d'aigua del cultiu de cotó, la pluja efectiva i les necessitats de reg, s'ha aplicat el model CROPWAT.¹ El model disposa d'una guia o manual d'ús i explica cada pas i dada

¹ Desenvolupat per l'Organització per a l'Agricultura i l'Alimentació de les Nacions Unides (FAO), que es basa en el mètode descrit en Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raus, D., i Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for

necessària per al càlcul. En general, moltes de les dades necessàries per al càlcul seran dades de què disposa la mateixa empresa objecte d'estudi. Per als casos en què no es dispose de la informació, acudirem a la base de dades CLIMWAT 2.0,² que facilita les dades climàtiques necessàries en el format requerit pel model CROPWAT 8.0. Les dades no corresponen a un any específic, sinó que són mitjanes de 30 anys (base de dades CLIMWAT 2.0, FAO, Roma).

Per al model, necessitem conèixer:

- Dades climàtiques de la zona respectiva, que s'obtenen de l'estació meteorològica més pròxima a la zona d'estudi.
- Els coeficients de rendiment del cultiu (Kc), la profunditat de les arrels, el nivell d'esgotament crític de l'aigua en el sòl i el factor de resposta del rendiment del cultiu s'obtenen de l'Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO).

Les dades de sòl amb les quals ha d'estimar-se el balanç d'aigua també són dades que es poden obtenir de la FAO. A més, el mateix programa ofereix les bases per a utilitzar una opció o una altra en funció de les característiques del cultiu.

Per al cas que ens interessa, les dades de partida que necessitem per a l'estudi són:

CULTIU DE COTÓ	
Data de sembra	15 abril
Collita	26 octubre
Període	195 dies
Rendiment del cultiu (t/ha)	3,27
Reg superficial (mm)	40

Taula 2. Dades de partida

Per al càlcul que es presenta ací, s'han triat les opcions següents a seleccionar en el model CROPWAT:³

computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage, Paper 56. Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació, Roma.

CROPWAT 8.0 model, FAO, Roma. Per a més informació i descàrrega del programari: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>.

² Per a més informació sobre la base de dades, accediu a l'adreça següent: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/en/>.

³ El model ofereix diverses opcions en funció de la disponibilitat de les dades per part de l'empresa. Com que és un càlcul teòric, les opcions que es presenten ací són les triades per falta de dades reals.

- Es pren l'opció de **necessitats d'aigua dels cultius** (*crop water requirement*), en la qual se suposen condicions òptimes. L'altra opció que ofereix el programa és la d'especificar el subministrament de reg real en el temps.
- Es considera l'opció de “reg en el moment d'esgotament crític” i “ompliment del sòl fins a la capacitat de camp”, ja que s'assumix la hipòtesi d'un reg “òptim”, en la qual els intervals de reg són màxims, però s'evita qualsevol estrès al cultiu.
- Es considera “escenari de reg en el moment d'esgotament crític” i “ompliment del sòl fins a la capacitat de camp”, amb regs cada 7 dies que arriben a 40 mm de profunditat en el sòl.

Després d'executar el programari amb les opcions de reg seleccionades, s'obté:

- Evapotranspiració blava (ETPbl) = 630,6 mm/període
- Evapotranspiració verda (ETPv) = 132,9 mm/període

Hi ha altres vies per a calcular l'evapotranspiració dels cultius sense necessitat d'emprar models, com el descrit en l'annex I, fins i tot són dades de què la mateixa empresa pot disposar. Com que és un exemple teòric, s'ha optat per l'ús d'este model.

Els resultats que el programa facilita, una vegada s'incorporen totes les dades anteriors, són:

- Evapotranspiració total de cultiu i precipitació efectiva. El mínim entre tots dos termes resulta ser l'evapotranspiració d'aigua verda.
- La diferència entre l'evapotranspiració total del cultiu i la precipitació efectiva total és l'evapotranspiració de l'aigua blava.
- Quan la precipitació efectiva és superior a l'evapotranspiració total del cultiu, l'evapotranspiració blava és igual a zero.

Una vegada es té l'evapotranspiració, el càlcul del consum d'aigua s'obté de la manera següent:

a) Consum d'aigua verda:

$$CAUCv = 10 \cdot 132,9 \text{ m}^3/\text{ha} = \mathbf{1.329 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

b) Consum d'aigua blava:

$$CAUCbl = 10 \cdot 630,6 \text{ m}^3/\text{ha} = \mathbf{6.306 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

10 és el factor aplicat per a convertir la quantitat d'aigua fins a una profunditat de 10 mm, en volums d'aigua per unitat de superfície, en m³/ha. Finalment, la petjada hídrica del procés de

creixement d'un cultiu (PH_{cv} , en m^3/t) es calcula com el quocient del consum d'aigua verda utilitzada en el cultiu ($CAUC_{cv}$, en m^3/ha), entre el rendiment del cultiu⁴ (RC , en t/ha):

a) Petjada hídrica verda:

$$PH_{cv} = \frac{1.329}{3,27} = \mathbf{406,42\ m3/t}$$

b) Petjada hídrica blava:

$$PH_{cbl} = \frac{6.306}{3,27} = \mathbf{1.928,44\ m3/t}$$

A més de l'aigua que s'evapotranspira, hi ha consum d'aigua per incorporació al producte. Per a estimar eixe component de la petjada hídrica, n'hi ha prou emprant la dada del contingut d'aigua del cultiu. En el cas del cotó, el contingut en humitat és del 15 % sobre el seu pes. Això és, 150 litres d'aigua per tona de producte.

Hem de diferenciar l'aigua verda i blava continguda en el producte. Per a això se suposa que l'aigua incorporada verda és la mateixa que la blava, és a dir, suposem un 50 % d'aigua blava i un 50 % d'aigua verda.

Càlcul de la petjada hídrica grisa

Per al càlcul de la petjada hídrica grisa s'adopten les hipòtesis següents:

- La taxa mitjana d'aplicació de fertilitzants és de $180\ kg/ha$,⁵ en diverses aplicacions, per la qual cosa la quantitat total de fertilitzant emprat és de $0,18\ t/ha$ i any.
- La quantitat de nitrogen lixiviat o arrossegat per escolament, que arriba a llits fluvials i masses d'aigua, se suposa que és el 10 % de la taxa de fertilització aplicada (en $kg/ha/any$).⁶ L'efecte de la utilització d'altres nutrients, plaguicides i herbicides per al medi ambient no es considera.
- La concentració màxima permesa en les masses d'aigua superficial (C_{max}) és de $10\ mg/litre$, mesurada com a nitrogen. Este valor pot variar segons les normatives específiques de la localització del cultiu.⁷

⁴ Recordem de l'apartat 1 de primers passos, la unitat funcional seleccionada per a esta mena d'estudis és "tona de cotó". Com que tenim les dades de consum d'aigua per hectàrea, per a obtindre la PH (m^3/t) s'ha de dividir pel rendiment del cultiu (t/ha).

⁵ S'obtenen de dades internes de l'empresa.

⁶ Segons el Manual de la Water Footprint Network.

⁷ Esta dada ha d'obindre's de la legislació local, per la qual cosa resulta obligat consultar les directives europees, les confederacions hidrogràfiques (plans hidrològics, etc.), les comunitats autònomes i el ministeri amb competència en medi ambient.

- Per falta de dades adequades, la concentració natural de nitrogen en les masses d'aigua receptores s'ha considerat zero.⁸

Com a norma ambiental de qualitat de l'aigua per al nitrogen, s'han utilitzat 10 mg/litre (mesurat com a nitrogen). Este límit s'ha usat per a calcular el volum d'aigua dolça necessària per a assimilar la càrrega de contaminants.

Segons la fórmula de la Water Footprint Network, la petjada hídrica grisa per al paràmetre nitrogen, es calcula de la manera següent:

$$PH_{cg} = \frac{\left(180 \frac{kg}{ha} \cdot 0,01\right) / \left(0,001 \frac{kg}{m^3} - 0 \frac{kg}{m^3}\right)}{3,27 \frac{t}{ha}} = 550,46 \text{ m}^3/t$$

La petjada hídrica grisa del cultiu relacionada amb les tones cultivades és de 550,46 m³/t.

⁸ La Water Footprint Network recomana que, sempre que no es dispose de dades de concentracions naturals del medi, s'utilitzi el valor zero (Cnat=0) per al càlcul de petjada hídrica grisa.

RESULTATS

La suma dels tres indicadors, petjada hídrica verda, blava i grisa, dona com a resultat la petjada hídrica total de la producció d'una tona de cotó.

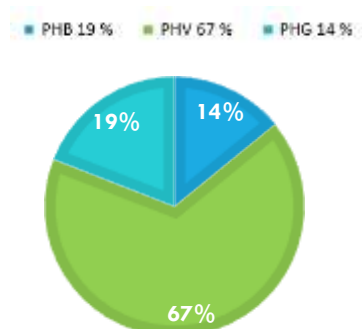
$$PH_C = 406,49 + 1.928,51 + 550,46 = \mathbf{2.885,46\ m^3/t}$$

La petjada hídrica d'una tona de cotó és de **2.886 m³**.

CÀLCUL DE LA PETJADA HÍDRICA DEL CULTIU DE COTÓ	
ET _v (mm/ període)	132,90
ET _{BL} (mm/ període)	630,60
ET _c (mm/ període)	763,50
CAUC _v (m ³ /ha)	1.329,00
CAUC _{BL} (m ³ /ha)	6.306,00
CAUC _{total} (m ³ /ha)	7.635,00
RC (t/ha)	3,27
PH _{CV} (m ³ /t)	406,49
PH _{CBL} (m ³ /t)	1.928,51
AF (kg/ha)	180,00
PH _{CG} (m ³ /t)	550,46
PH _{CULTIU} (m ³ /t)	2.889,13

Taula 3. Resum dels resultats obtinguts al càlcul de la PH del cotó

RESULTATS PH CULTIU DE COTÓ



Il·lustració 2. Repartiment de consums segons indicadors de petjada hídrica

ANNEX I: MÈTODE ALTERNATIU PER AL CÀLCUL D'EVAPOTRANSPIRACIÓ D'UN CULTIU

El model CROPWAT pot arribar a calcular de manera precisa les necessitats hídriques del cultiu; no obstant això, no deixa de ser un model matemàtic que podem simplificar utilitzant informació de la zona de referència.

A continuació, es detalla com el model calcula l'evapotranspiració blava i verda i les dades que necessitem per al càlcul manual.

La informació que necessitem recopilar per a este càlcul és la següent:

- Evapotranspiració de la zona d'estudi (E_{To}): s'obté de l'estació meteorològica més pròxima a la finca objecte d'estudi.
- Precipitació total: s'obté de l'estació meteorològica més pròxima a la finca objecte d'estudi.
- Precipitació efectiva: se suposa el 80 % de la precipitació total.
- Coeficient de cultiu (K_c), que incorpora les característiques del cultiu i l'evaporació mitjana del sòl. Estos valors es poden obtenir de la FAO, igual que en el model CROPWAT.

La fórmula utilitzada per al càlcul és la següent:

$$\text{Evapotranspiració total de cultiu (Etc)} = E_{to} \cdot K_c$$

Finalment, diferenciem l'evapotranspiració verda i blava segons els resultats obtinguts:

- Evapotranspiració total de cultiu i precipitació efectiva. El mínim entre tots dos termes resulta ser l'evapotranspiració d'aigua verda.
- La diferència entre l'evapotranspiració total del cultiu i la precipitació efectiva total és l'evapotranspiració de l'aigua blava.
- Quan la precipitació efectiva és superior a l'evapotranspiració total del cultiu, l'evapotranspiració blava és igual a zero.

S'ha d'esmentar que els resultats que s'obtenen ací són d'evapotranspiració d'aigua i no de petjada hídrica. Per a fer la transformació s'haurà d'aplicar el que s'ha explicat en l'apartat de "Càlcul de petjada hídrica blava i verda".