

INCORPORACIÓ D'EINES D'ANÀLISI AMBIENTAL A LA PRODUCCIÓ HORTÍCOLA

**MONTSERRAT NÚÑEZ;^{1,2} ASSUMPCIÓ ANTÓN;¹ PERE MUÑOZ;¹
JOAN RIERADEVALL^{2,3}**

¹ INSTITUT DE RECERCA I TECNOLOGIA AGROALIMENTÀRIES

² INSTITUT DE CIÈNCIA I TECNOLOGIA AMBIENTALS, UNIVERSITAT
AUTÒNOMA DE BARCELONA

³ DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA, UNIVERSITAT AUTÒNOMA
DE BARCELONA

montserrat.nunez@uab.es

Resum

La metodologia de l'anàlisi del cicle de vida (ACV) (ISO-14040, 2006, ISO-14044, 2006) és una eina que permet avaluar les càrregues ambientals derivades d'un procés productiu. L'ACV analitza la producció agrícola de manera integrada, en el sentit que quantifica els potencials impactes ambientals (efecte hivernacle, destrucció de la capa d'ozó, etc.) de tota la història del procés, des de l'obtenció de les matèries primeres utilitzades en el cultiu (fertilitzants, insecticides, etc.) fins a la gestió dels residus que s'han generat (residus verds, hivernacles, estructures de reg, etc.).

L'aplicació de l'eina de l'ACV crea coneixement sobre el grau de sostenibilitat d'un procés agrícola, permet comparar dues o més alternatives per a un mateix procés productiu o comparar processos de producció diferents.

Els primers treballs d'ACV es desenvoluparen en el sector industrial. Més tard, diferents grups a Europa començaren a aplicar-lo per a activitats i productes agrícoles. L'acció concertada *Harmonisation of environmental life cycle assessment for Agriculture* (1995-1997) és el punt de par-

tida metodològic per a la seva aplicació a l'agricultura. S'han realitzat estudis en diferents sectors: agricultura extensiva, sector forestal, ramaderia i hortofruticultura. En aquest treball es presenta un resum metodològic de l'ACV, dels principals impactes que s'han quantificat en sistemes agrícoles d'horticultura i dels avantatges i inconvenients de l'aplicació d'aquesta eina en els sistemes agrícoles.

1. Introducció

L'agricultura, com tota activitat humana, implica una pressió sobre el medi natural. En concret, la producció hortícola tendeix a la utilització de tècniques de maximització de la producció que alteren les condicions naturals del medi. Segons Antón (2004), la valoració ambiental global d'un producte o d'un procés agrícola ha d'incloure la mesura de tots els processos i materials necessaris que porten a obtenir-los o realitzar-los, mitjançant paràmetres transparents, quantificables i objectius al màxim, que incloguin aspectes com l'esgotament de recursos, el consum d'energia i aigua, les emissions contaminants a l'aire, a l'aigua i al sòl, i la toxicitat potencial per als éssers humans i per als ecosistemes terrestres i aquàtics.

La metodologia de l'anàlisi de cicle de vida (ACV), regulada pels protocols estandaritzats ISO (ISO 14040, 2006, ISO 14044, 2006) sembla una eina molt adequada, ja que avalua els processos de manera global i utilitza indicadors objectius i mesurables que es poden aplicar universalment.

L'eina de l'ACV va ser definida per la Societat de Toxicologia i Química Ambiental com una eina per a avaluar: a) les càrregues ambientals associades a un producte, procés o activitat, identificant l'energia i els materials emprats i les emissions produïdes sobre el medi; b) els impactes de l'ús d'aquesta energia i materials i de les emissions al medi, i c) les alternatives que fan d'aquest producte, procés o activitat, el millor ambientalment (SETAC, 1993).

Les primeres aplicacions de l'ACV van tenir lloc en sistemes industrials (Antón, 2004; Audsley, 1997). L'extensió de la metodologia al camp de l'agricultura ha requerit de l'aplicació dels mètodes existents així com el desenvolupament de nous. A Europa, durant la dècada dels noranta, diferents grups comencen a realitzar projectes i accions amb aquesta finalitat (Heuvelmans, 2005a; Milà i Canals, 2003; Olsson, 1999; Cowell, 1998; Wegener Sleeswijk *et al.*, 1996; Weidema *et al.*, 1996). El punt de partida és l'acció concertada *Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture* (Audsley, 1997), on es donen les primeres pautes d'actuació i s'identifiquen les diferències i les dificultats d'aplicació de l'ACV a l'agricultura. Des de llavors, l'eina de l'ACV s'ha aplicat en diferents sectors: agricultura extensiva, sector forestal, ramaderia i hortofruticultura. Dins d'aquest darrer camp, Jolliet (1993) centra el seu estudi en la valoració de diferents tècniques en el cultiu de tomàquet en hivernacle: calefacció, il·luminació artificial, fertilització carbònica i transport. Els resultats demostren que la calefacció i la il·luminació són les tècniques de

més impacte. Nienhuis *et al.* (1996) estudia la nutrició del cultiu de tomàquet i de roses als Països Baixos, compara cultiu sense sòl, en substrat lliure i en substrat amb recirculació, i destaca la importància d'aquest últim en aspectes com la reducció de l'eutrofització. Finalment, també Antón (2004) estudia els impactes ambientals de diferents alternatives per al cultiu de tomàquet sota hivernacle en ambient mediterrani: cultiu en sòl, hidropònic amb drenatge lliure i hidropònic amb recirculació. En la mateixa línia que Nienhuis *et al.* (1996), es destaca la importància de la recirculació dels drenatges en la reducció dels impactes. D'altra banda, al contrari que l'assenyalat per Jolliet (1993), els impactes derivats del consum energètic i les emissions causades per la calefacció són poc importants, ja que els hivernacles mediterranis generalment no utilitzen calefacció.

2. Metodologia de l'anàlisi del cicle de vida

La complexitat de l'ACV requereix un protocol, establert en la normativa elaborada per la International Standards Organisation (ISO). L'any 1994 es va establir dins d'ISO el comitè tècnic TC207, relacionat amb la normalització d'eines ambientals, incloent-hi l'ACV. Des d'ençà s'han elaborat diverses normatives i documents tècnics que s'han actualitzat periòdicament, i les darreres són la ISO 14040 (2006) i la ISO 14044 (2006).

D'acord amb aquesta metodologia, un projecte d'ACV es divideix en quatre fases iteratives. Els aspectes metodològics més importants són els següents:

1. El primer pas és definir l'objectiu de l'estudi i el seu abast. La finalitat de l'ACV agrícola és determinar les diferències en l'ús dels recursos i els impactes ambientals provocats per sistemes diferents amb funcions equivalents. En aquest primer pas s'ha de definir la unitat funcional (UF), que és una mesura clara i objectiva de la funció del sistema estudiat, i el seu propòsit és proporcionar una referència per a totes les dades d'entrades i sortides del sistema. Aquesta referència assegura que la comparació entre sistemes diferents es fa sobre una base comuna. A més, en aquest primer pas cal definir els límits del sistema, que diferencien el sistema estudiat de la resta del medi i determinen quins processos s'inclouen en l'ACV.
2. El pas d'inventari (ICV) compren l'obtenció de dades i els procediments de càlcul per a identificar i quantificar tots els fluxos d'entrada i sortida que tenen lloc durant el cicle de vida del producte o procés analitzat, i que en determinen les càrregues ambientals associades a la UF.
3. L'avaluació de l'impacte (AICV) es defineix a la ISO 14040 (2006) com la fase de l'ACV que té com a propòsit entendre i avaluar la magnitud i el significat dels potencials impactes ambientals del sistema estudiat. L'AICV implica transformar les dades d'inventari en mesures d'impacte ambiental (com l'acidificació, l'extracció de recursos abiòtics i l'ús de sòl, entre d'altres). De les quatre etapes d'AICV, la classificació (assignació de les dades de l'inventari a cada categoria d'impacte) i la caracterització

(modelització, mitjançant factors de caracterització, de les dades d'inventari per a cada categoria d'impacte) són obligatòries. L'obtenció dels factors de caracterització es fa mitjançant models, on cada categoria d'impacte, per exemple *potencial d'escalfament global*, té una unitat de mesura, el *potencial d'escalfament global equivalent*, de manera que totes les mesures ambientals per a una mateixa categoria es faran en la unitat de la categoria.

4. Finalment, en la interpretació es combinen els resultats de l'anàlisi de l'inventari amb l'avaluació de l'impacte. Els resultats permeten determinar en quina fase del cicle de vida del sistema analitzat es generen les principals càrregues ambientals i, per tant, els punts on el sistema pot ser millorat. Si l'objectiu de l'ACV és comparar dos o més sistemes, es podrà determinar quin és millor ambientalment per a cada categoria d'impacte i globalment.

Quatre principis són comuns en tots els ACV, que diferencien aquesta eina d'altres eines d'anàlisi ambiental (Heuvelmans *et al.*, 2005a): *a*) és espacialment i temporalment independent; *b*) es poden utilitzar dades mesurades *in situ* i dades de literatura; *c*) és una metodologia simple i sòlida, i es poden fer assumpcions durant la fase de recerca de dades, fet que disminueix la qualitat de l'inventari però permet arribar a conclusions en la mateixa línia que si totes les dades fossin locals, i *d*) és una eina cost-efectiva.

3. Resultats i discussió

Tot i que la metodologia de l'ACV encara està en procés d'adaptació per a estudiar els sistemes agrícoles, la seva aplicació es presenta com una bona eina per a avaluar la sostenibilitat global del sistema analitzat o, en cas de tenir dos o més sistemes amb la mateixa funció, per a fer comparacions entre si. No obstant això, l'aplicació de l'ACV al camp de l'horticultura, en particular, i de l'agricultura, en general, també presenta mancances, lligades sobretot al fet que l'ACV és una eina independent dels factors locals i temporals, amb els quals els sistemes agrícoles estan fortament relacionats, especialment pel que fa a l'ús dels recursos sòl i aigua. Aquesta mancança metodològica determina que actualment categories d'impacte ambiental lligades a aspectes locals, com la biodiversitat, l'erosió, la dessecació o l'ús del sòl, no puguin ser avaluades amb un ACV. Entre aquestes categories d'impacte, i d'acord amb les conclusions del projecte AGROSOST (Martínez Gasol, 2006), destaquen per la seva importància en un país mediterrani com Espanya, la pèrdua de sòl per erosió i el consum d'aigua, ja que ambdós són recursos escassos. Es fa necessària, per tant, una millora metodològica per a incloure els aspectes assenyalats.

En aquest sentit, els darrers anys, la comunitat científica d'ACV agrícola està portant a terme estudis encaminats a desenvolupar mètodes d'avaluació d'impacte d'ACV per a impactes relacionats amb l'ús del sòl (Guinée *et al.*, 2006). Les discussions d'aquests treballs se centren en propostes metodològiques per a analitzar cada categoria d'impacte, definir

indicadors de mesura i establir factors de caracterització, i actualment no hi ha consens de quins mètodes són els més adequats. Muys i Garcia-Quijano (2002) i Cowell i Clift (2000) tracten el tema de la inclusió de l'erosió en l'ACV i proposen l'ús de l'equació USLE (*Universal Soil Loss Equation*) (Wischmeier i Smith, 1978) per a fer els càlculs de pèrdua de sòl en l'inventari. Respecte al consum d'aigua, Heuvelmans *et al.* (2005b), Alcamo *et al.* (2003) i Allen *et al.* (1998) parteixen del càlcul de l'evapotranspiració del cultiu i de l'ús de programes informàtics de modelització, com el SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) i/o el WATERGAP (*Water Global Assessment and Prognosis*) com un punt de partida per a definir un indicador.

D'altra banda, els sistemes agrícoles tenen un comportament molt variable: els factors climàtics donen lloc a produccions variables; el tipus de varietat cultivada també pot fer variar les produccions i pot determinar les quantitats aportades d'agroquímics i d'aigua; la quantitat i el tipus de fertilitzants aplicats varien segons la localització geogràfica del cultiu. S'ha d'assumir que els resultats d'un ACV agrícola són dependents d'aquests factors i, per tant, molt variables.

L'ACV és una metodologia senzilla, flexible i sòlida que ens aporta una aproximació general dels potencials impactes ambientals associats a un producte o sistema agrícola, però que ha de ser millorada per a incloure impactes locals tan importants com són l'erosió i el consum d'aigua als països mediterranis.

Bibliografia

- ALCAMO, J.; DOLL, P.; HENRICHS, T.; KASPAR, F., LEHNER, B.; ROSCH, T.; SIEBERT, S. (2003), «Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability», *Hydrological Sciences Journal*, núm. 48, vol. 3, p. 317-337.
- ALLEN, R.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998), *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*, Roma Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO Irrigation and Drainage; 56).
- ANTÓN, A. (2004), «Utilización del análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo», Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya. [Tesi doctoral]
- AUDSLEY, E. (1997), *Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture*, European Commission DG VI Agriculture. [Final Report Concerted Action AIR 3-CT94-2028]
- COWELL, S. J. (1998), «Environmental Life Cycle Assessment of Agricultural Systems: Integration Into Decision-Making», Centre for Environmental Strategy, University of Surrey. [PhD thesis]
- COWELL, S.; CLIFT, R. (2000), «A methodology for assessing soil quantity and quality in life cycle assessment», *Journal of Cleaner Production*, núm. 8, p. 321-331.
- GUINÉE, J.; VAN OERS, L.; DE KONING, A.; TAMIS, W. (2006), «Life cycle approaches for conservation agriculture», *CML report*, núm. 171, Leiden, Institute of Environmental Sciences, Leiden University.
- HEUVELMANS, G.; GARCIA-QUIJANO, J. F.; MUYS, B.; FEYEN, J.; COPPIN, P. (2005a), «Modelling the water balance with SWAT as part of the land use impact evaluation in a life cycle study of CO2 emission reduction scenarios», *Hydrological Processes*, núm. 19, p. 729-748.
- HEUVELMANS, G.; MUYS, B.; FEYEN, J. (2005b), «Extending the Life Cycle Methodology to Cover Impacts of Land Use on the Water Balance», *International Journal of Life Cycle Assessment*, núm. 10, vol. 2, p. 113-119.
- ISO 14040 (2006), *Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and framework*, Internacional Organisation for Standardisation ISO, Internacional Standard, Ginebra.
- ISO 14044 (2006), *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*, Internacional Organisation for Standardisation ISO, Internacional Standard, Ginebra.
- JOLLIET, O. (1993), «Bilan écologique de la production de tomates en serre», *Revue S. Vitic. Arboric. Hortic.*, vol. 25, núm. 4, p. 261-267.
- MARTÍNEZ GASOL, C. (2006), «Análisis de Ciclo de Vida del Cultivo Energético *Brassica* sp.». [Treball d'investigació del doctorat en ciències ambientals, Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona, març de 2006]
- MILÀ I CANALS, LL. (2003), «Contributions to Life Cycle Analysis for Agricultural Systems. Site-dependency and soil degradation impact assessment», Barcelona, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona. [Tesi doctoral]
- MUYS, B.; GARCIA-QUIJANO, J. (2002), «A new method for land use impact assessment in LCA based on ecosystem exergy concept», Laboratory for Forest, Nature and Landscape Research, KU, Leuven. [Report intern]
- NIENHUIS, J. K.; DE VREEDE, P. J. A.; DE VREEDE, P. J. A.; BRUMFIELD, R. G. (1996), «Utility of the environmental life cycle assessment in horticulture», *Proceedings of the XIIIth International Symposium on Horticultural Economics*, Rutgers, New Jersey, New Brunswick, núm. 429, p. 531-538.
- OLSSON, P. (1999), *LCAnet Food: final document*, Göteborg, SIK.
- SETAC (1993), «*Guidelines for Life Cycle Assessment: A Code of Practice*», SETAC, Brussel·les, Pensacola.
- WEGENER SLEESWIJK, A.; KLEIJN, R.; VAN ZEITJS, H.; REUS, J. A. W. A.; MEUSEN VAN ONNA, H.; LENEMAN, H.; SENGERS, H. H. W. J. M. (1996), *Application of LCA to Agricultural Products*, CML report núm. 130, Leiden. Institute of Environmental Science, Leiden University (CML), Centre of Agriculture and Environment (CLM), Agricultural-Economic Institute (LEI-DLO).



WEIDEMA, B. P.; MORTENSEN, B.; NIELSEN, P.; HAUSCHILD, M. (1996), *Elements of an Impact Assessment of Wheat Production*, Institute for Product Development, Technical University of Denmark. p. 12.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. (1978), «Predicting Rainfall Erosion Losses-A guide to Conservation Planning», *Agricultural Handbook*, núm. 537, United States Department of Agriculture.