



DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA EL CÁLCULO AUTOMATIZADO DE INDICADORES AMBIENTALES EN ACTIVIDADES AGRÍCOLAS A PARTIR DE LOS CUADERNOS DIGITALES DE EXPLOTACIÓN

Arrúe Gonzalo, Lucía

Tutores: Barreiro Elorza, Pilar¹; Ruiz Amador, Diego²

¹Departamento de Ingeniería Agroforestal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

²Grupo de Agroenergética E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

lucia.arrue@hotmail.es

RESUMEN

En este trabajo se ha desarrollado un módulo informático capaz de calcular automáticamente la huella de carbono generada por una explotación agrícola, teniendo en cuenta los gases emitidos desde la fabricación de insumos y extracción de materias primas hasta la producción del cultivo. Este módulo se integrará en la aplicación CROPTI, una startup de base tecnológica que ayuda a los agricultores a cumplimentar diferentes estándares de trazabilidad. El procedimiento lógico que se ha elaborado para el cálculo de la huella de carbono consta de dos fases: en primer lugar, se realiza un pre-análisis de los datos brutos, obtenidos de los demás módulos de la herramienta informática, para filtrarlos y depurarlos con el fin de utilizar datos consistentes; seguidamente el software calcula la huella de carbono producida por el cultivo objetivo, en el caso de este proyecto ha sido la cebada (*Hordeum vulgare* L.). Los resultados se han comparado con artículos científicos directamente relacionados.

Palabras clave: huella de carbono, cuadernos de campo, cálculo automatizado

INTRODUCCION

En la actualidad los productos fitosanitarios son clave para el control de plagas, enfermedades y malas hierbas y por consiguiente para el aumento de la productividad de los cultivos. Pero no hay que olvidar que estos productos también poseen efectos adversos para la salud humana y para los ecosistemas, es por ello que la Unión Europea (UE) y el Estado Español han establecido una serie de medidas reguladoras para llevar un registro del consumo de estos insumos, con el ánimo de garantizar la calidad y seguridad de los alimentos. Una de estas medidas es el Real Decreto 1311/2012, en el que se establece la obligatoriedad de cumplimentar los cuadernos de explotación (CDE) para percibir las subvenciones concedidas por la Política Agrícola Común (PAC). El CDE es un documento oficial que pretende caracterizar los tratamientos fitosanitarios realizados en una explotación, en el que se incluyen datos relacionados con la superficie tratada, la dosis aplicada o la fecha de realización del tratamiento, entre otros.

En este contexto nace Cropti, una aplicación informática que posibilita la cumplimentación de los CDE de manera digital a través del ordenador o de un dispositivo móvil. Además ofrece otros servicios para caracterizar las demás actividades agrícolas (laboreo, fertilización, siembra y cosecha); dispone de un módulo de costes, un vademécum actualizado; una alerta de zonas protegidas y un gestor de documentos. Esta herramienta va dirigida a un amplio abanico de clientes (particulares, cooperativas, asesores, casas de distribución de fitosanitarios), actualmente Cropti gestiona alrededor de 800.000 ha del territorio español, lo que supone alrededor del 3% de la superficie agraria útil en España.

TIPOLOGÍA Y NATURALEZA DEL PROYECTO

En este estudio se ha realizado una ampliación de la aplicación web Cropti, creando un módulo complementario nuevo capaz de calcular de manera dinámica la huella de carbono de un cultivo en una parcela a partir de los datos recogidos en los CDE



proporcionados por los módulos ya existentes. Para diseñar el procedimiento de cálculo se ha hecho un proyecto piloto analizando los datos del cuaderno de campo de un usuario de la aplicación (76 parcelas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en secano).

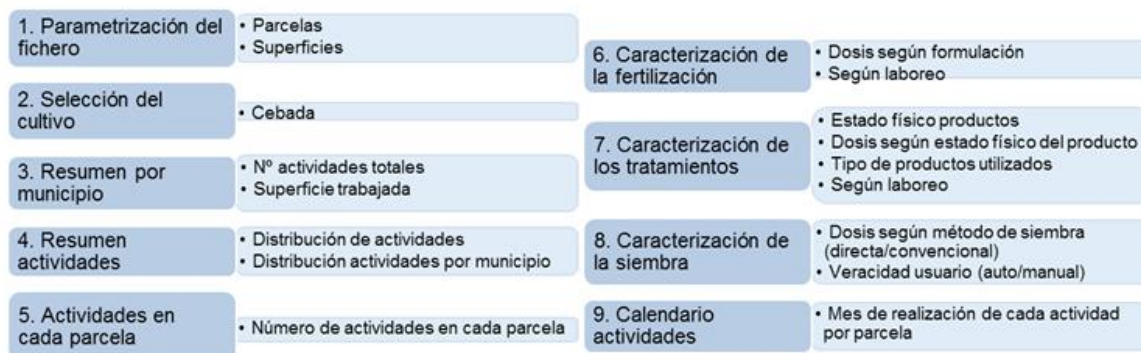
Este proyecto ha tenido que responder a condicionantes y criterios de naturaleza diversa impuestos por el promotor: 1) diseñar un algoritmo que calcule la huella de carbono producida por un cultivo; 2) en el plazo de seis meses; 3) optimizando los recursos tanto materiales como de personal para hacer una inversión lo más reducida posible; 4) adaptable a diferentes cultivos, localizaciones y manejos; 5) fácil de usar, 6) utilizando el mínimo espacio virtual y la máxima capacidad de procesamiento para no ralentizar la actividad de la herramienta; y por último 7) con unas líneas de diseño acordes con la aplicación.

Así, se han definido los objetivos que se persiguen en el proyecto, siendo el principal, el aumento de la competitividad de la empresa, ya que habiendo hecho algunas encuestas a agricultores y asociaciones se ha visto que existe una cierta demanda de conocimiento de la huella de carbono y se puede ampliar el abanico de clientes al que llegaría Cropti. También este proyecto intenta fomentar la concienciación del sector agrario de los problemas medioambientales y satisfacer a los usuarios que utilizan la herramienta.

BASES DEL DISEÑO. PROYECTO PILOTO

Para automatizar el cálculo se han diseñado las rutinas de programación en el entorno de cálculo científico Matlab (MathWorks, Inc). El procedimiento seguido consta de dos fases, en primer lugar se realiza un análisis previo de los datos brutos introducidos por el usuario en el CDE, y seguidamente se calcula la huella de carbono, utilizando la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV) (Ruíz Amador & Zúñiga López, 2012).

Figura 1. Procedimiento automatizado del pre-análisis de los datos brutos de la explotación, fase 1 (elaboración propia)



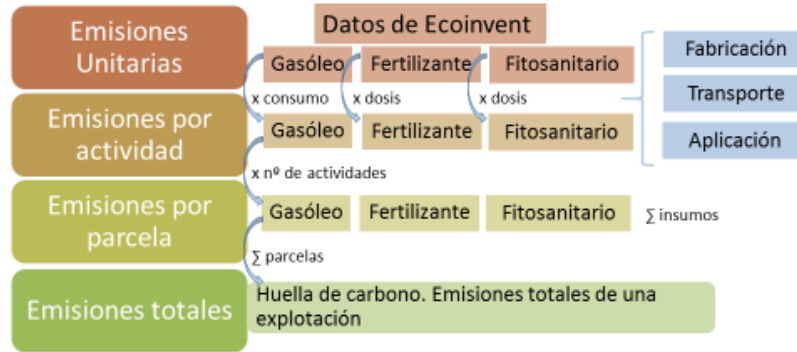
En la figura 1 se puede apreciar el método seguido para automatizar la primera fase de análisis de datos en bruto. Gracias a este pre-análisis se localizan y depuran los registros con el fin de utilizar datos consistentes (datos homogéneos en formato y unidades) además, permite caracterizar el manejo que se ha llevado a cabo en las diferentes parcelas de la explotación. Al ejecutar estas rutinas de programación se vio que en la explotación estudiada, de las 76 parcelas, el 87% realizaba no laboreo, el 97% una sola siembra (con dosis completamente uniformes para todas las parcelas), el 92% dos fertilizaciones (una de fondo y otra de cobertura) y el 89% tres tratamientos fitosanitarios (utilizando 8 productos diferentes, todos herbicidas, el 31% de los tratamientos se realizó con Roundup Ultra Plus y el 28% con Grandstar Super 50 Sx). Por último, se concluyó que los datos presentes en los diferentes módulos de Cropti son suficientes como punto de partida del ACV (dosis, superficies, métodos, productos...).

En la segunda fase se calcula la huella de carbono del cultivo objetivo utilizando la metodología ACV (con diferentes etapas: definición de objetivos y alcance, inventario y evaluación del impacto de ciclo de vida e interpretación de resultados). Las fuentes de



datos que se utilizaron fueron Cropti (datos referentes al manejo agrícola que se ha llevado en la explotación) y Ecoinvent, base de datos con inventarios de ciclo de vida (datos referentes a las emisiones unitarias de los insumos).

Figura 2. Método automatizado para el cálculo de la huella de carbono, fase 2 (elaboración propia)



La manera en que se lleva a cabo el cálculo en la segunda fase (Figura 2) permite desglosar el impacto generado en las diferentes etapas del ciclo de vida del cultivo (fabricación de insumos, transporte y producción del cultivo), en los diferentes insumos utilizados (gasóleo, fertilizantes y productos fitosanitarios) y, con respecto, al gasóleo, la huella de carbono producida por cinco actividades agrícolas (laboreo, siembra, fertilización, tratamientos fitosanitarios y cosecha). Estas huellas de carbono se pueden visualizar para cada parcela y para la explotación entera expresados tanto en kg de CO₂/ha cultivada, en kg de CO₂/kg de grano de cebada cosechado como en kg de CO₂ totales.

Al analizar los datos obtenidos de la ejecución de las rutinas de programación diseñadas de las fases 2 se descubrió que en la explotación estudiada, el fertilizante es el insumo que mayor impacto genera mayor impacto en la huella de carbono (Figura 2.1), el laboreo es la operación agrícola que más gases de efecto invernadero produce, en referencia al gasóleo (Figura 2.2) y por último, la fabricación de insumos es la etapa del ciclo de vida de la cebada que más contribuye a la huella de carbono (Figura 2.3, ejemplo del fertilizante), de las etapas estudiadas.

Figura 2. Emisiones de dióxido de carbono equivalente por hectárea de los insumos analizados (2.1), de la combustión del gasóleo (2.2) y de las etapas del ciclo de vida de la cebada para el caso del fertilizante (2.3) (elaboración propia)

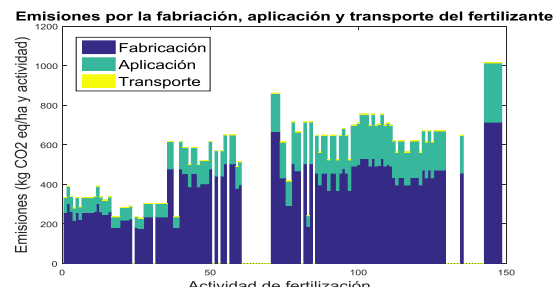
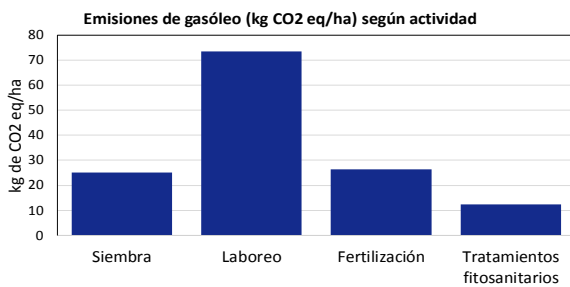
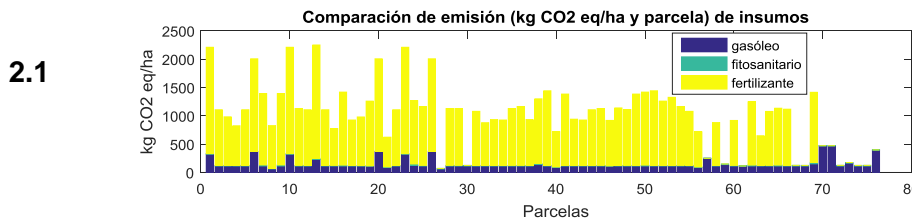




Tabla 1. Comparación de resultados obtenidos con un artículo de referencia Maraseni & Cockfield, 2011 (elaboración propia)

Insumo	kg CO ₂ eq/ha			
	Maraseni y Cockfield (2012)		Proyecto	
	No laboreo	Laboreo	Mediana ⁽¹⁾	Media ⁽¹⁾
Combustible	83,9	162,5	115,05	149,36
Agroquímicos	126	61,3	9,4	3,36
Fertilizante	4,6	4,6	982,44	865,76

(1) Se han considerado las medianas y las medias de los valores de las emisiones por ha en cada parcela

Para comprobar si los métodos seguidos habían sido correctos se compararon las emisiones producidas por cada insumo en todas las parcelas estudiadas con un artículo científico (Maraseni & Cockfield, 2011) que encaja con el proyecto piloto ya que estudia el mismo cultivo y especifican el tipo de manejo (Tabla 1). Se observaron resultados congruentes en el caso del combustible ya que las magnitudes se corresponden, mientras que se evidenciaron diferencias destacables en el caso de los fertilizantes y los productos fitosanitarios. En caso de los fertilizantes, las diferencias son atribuibles a que en el estudio llevado a cabo en el artículo de referencia no se aplicó ningún tipo de abonado, mientras que en el caso de los fitosanitarios podría ser debido a la diferencia de datos primarios utilizados en el artículo y en el proyecto piloto. Como se ha indicado, los resultados relativos a la emisión derivada del empleo de gasóleo se corresponden debidamente (Tabla 1).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para comprobar si los objetivos y metas del proyecto se alcanzaron se llevó a cabo una evaluación financiera, social y ambiental. La primera de estas evaluaciones se llevó a cabo con diferentes criterios financieros (VAN, TIR, relación beneficio/inversión y pay back) estudiando dos escenarios hipotéticos diferentes (considerando distintas demandas de uso de la herramienta), obteniéndose resultados favorables en ambos escenarios. Las evaluaciones social y ambiental se están llevando a cabo realizando encuestas a los usuarios actuales y potenciales antes de utilizar la herramienta, estas encuestas se han realizado a través de asociaciones de agricultores, redes sociales y la lista de correos de Cropti, se percibió a partir de los resultados que existe demanda para conocer la huella de carbono de los cultivos. Las evaluaciones ambiental y social continuarían realizando las encuestas a los usuarios cuando lleven varios años de uso y se compararía el alcance y el efecto conseguido. Las preguntas tratan sobre el conocimiento que tienen los usuarios sobre los indicadores ambientales, especialmente de la huella de carbono y sobre si se ha modificado el manejo de la parcela al conocer las fuentes que producen mayores emisiones.

CONCLUSIONES

Se concluye que el proyecto es viable financieramente a la vez que ofrece un servicio de beneficio social y ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de todos los agricultores que desinteresadamente prestaron su ayuda, dando su opinión en las diferentes encuestas.

BIBLIOGRAFÍA

- Maraseni, T. N., & Cockfield, G. (2011). Does the adoption of zero tillage reduce greenhouse gas emissions? An assessment for the grains industry in Australia. *Agricultural Systems*, 104(6), 451-458.
- Arrúe, L (2015) Desarrollo de una aplicación informática para el cálculo de indicadores ambientales (huella de carbono) a partir de los cuadernos de explotación. Proyecto de fin de grado, Archivo digital UPM.
- Ruiz-Amador, D., & Zúñiga-López, I. (2012). Análisis de ciclo de vida y huella de carbono