



# Análisis de ciclo de vida en el sector agrícola: el caso del municipio de Viotá, Cundinamarca (Colombia)\*

Lifecycle Analysis (ACV) in the Agricultural Sector: The  
Case of the Municipality of Viotá, Cundinamarca  
(Colombia)

Analyse du cycle de vie (ACV) dans le secteur agricole :  
le cas du municipe de Viotá, Cundinamarca (Colombie)

Alejandro Arango Ramírez\*\*, Luis Gabriel Carmona\*\*\*,  
Saida Alejandra Romero\*\*\*\*

*Recibido: 2014-02-18 // Aprobado: 2014-04-10 // Disponible en línea: 2014-09-10*

Cómo citar este artículo Arango Ramírez, A., Carmona, L. G. & Romero, S. A. (2014). Análisis de ciclo de vida en el sector agrícola: el caso del municipio de Viotá, Cundinamarca (Colombia). *Ambiente y Desarrollo*, 18(35), 117-131. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.AyD18-35.acvs>  
doi:10.11144/Javeriana.AyD18-35.acvs

## Resumen

El objetivo de este artículo es hacer algunas recomendaciones sobre las vías que es preciso explorar en el fortalecimiento de estudios sobre análisis de ciclo de vida (ACV) en agricultura. Metodológicamente, se consideró la identificación en la literatura de las principales barreras específicas al ACV agrícola y su contraste con la experiencia de los autores en el desarrollo de un estudio de la "finca al mercado", sobre cadenas agrícolas del municipio de Viotá. Se identificaron dos particularidades sobre el ACV agrícola: i) dificultades sobre ausencia de datos y ii) limitaciones derivadas de la variedad de contextos en cuanto a escala, técnica y límites del sistema de producción. Las recomendaciones fueron pensadas desde el marco institucional colombiano y para contextos de producción informal y débil aplicación de criterios técnico-administrativos.

**Palabras clave:** análisis de ciclo de vida; agricultura; Cundinamarca; Viotá; Colombia

---

\* En este artículo se presenta parte de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación *Programa piloto para la conformación de proyectos productivos en el centro y occidente de Cundinamarca, Epicentro Viotá*, desarrollado por investigadores de la Universidad Piloto, Bogotá (Colombia).

\*\* Administrador del Medio Ambiente de la Universidad Tecnológica de Pereira (Pereira, Colombia). Realizó estudios de Maestría en Economía en la Universidad de Los Andes (Bogotá, Colombia). Desde septiembre del 2011 se desempeña como docente-investigador en la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Piloto (Bogotá, Colombia). Correo electrónico: [alejandro-arango@unipiloto.edu.co](mailto:alejandro-arango@unipiloto.edu.co).

\*\*\* Ingeniero ambiental y sanitario de la Universidad de La Salle (Bogotá, Colombia). Máster en Eficiencia Energética y Ecología Industrial de la Universidad de Zaragoza (Zaragoza, España). Docente-investigador de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Piloto (Bogotá, Colombia). Correo electrónico: [luis-carmona@unipiloto.com.co](mailto:luis-carmona@unipiloto.com.co).

\*\*\*\* Administradora ambiental de la Universidad Piloto (Bogotá, Colombia), docente-investigadora de la Facultad de Ciencias Ambientales de esta misma institución. Correo electrónico: [saida-romero@unipiloto.edu.co](mailto:saida-romero@unipiloto.edu.co).

**Abstract**

The objective of this article is to propose several recommendations about paths to explore regarding the strengthening of the Lifecycle Analysis (ACV) studies on agriculture. Methodologically, we considered identifying in the literature the main specific barriers for the ACV on agriculture and its contrast with the experience of the authors in the development of a study of the "from the ranch to the market" on agricultural chains in the municipality of Viota. We identified two particular issues on the agriculture ACV: i) difficulties regarding the absence of data and, ii) limitations derived from the variety of contexts regarding the scale, technique and limitations of the production system. The recommendations were thought from the Colombian institutional framework and for contexts of informal production and weak application of technical and management criteria.

**Keywords:** lifecycle analysis; agriculture; Cundinamarca; Viota; Colombia

**Résumé**

L'objectif de cet article est de postuler quelques recommandations sur les voies à explorer dans le renforcement de l'étude sur l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) dans l'agriculture. Méthodologiquement on a considéré l'identification en littérature des principales difficultés spécifiques à l'ACV agricole et son contraste avec l'expérience des auteurs dans le développement d'une étude de la « ferme au marché » sur les chaînes agricoles du municipe de Viota. On a identifié deux particularités sur l'ACV agricole: i) les difficultés par rapport à l'absence de données et ii) les limitations dérivées de la variété de contextes en ce qui concerne à l'échelle ; la technique et les limites du système de production. Les recommandations ont été pensées depuis le cadre institutionnel colombien et pour les contextes de production informel et la débilite d'application de critères techniques et administratifs.

**Mots Clés:** Analyse du cycle de vie; agriculture; Cundinamarca; Viota; Colombie

## Introducción

El análisis ciclo de vida (ACV) es un método analítico empleado para la evaluación del uso, transformación, consumo y destino de los recursos. A nivel mundial, a través de las normas internacionales ISO 14040 e ISO 14044, esta herramienta se considera integral en la medición y direccionamiento de la carga ambiental y la huella ecológica asociadas con la fabricación de un producto, un proceso o actividad, desde la cuna hasta la tumba (ISO 2006; Anielski & Wilson, 2010). Según el World Wildlife Fund for Nature (WWF) et ál. (2011), el ACV tiene como propósito identificar, cualificar y cuantificar los impactos que se generan en el medio ambiente durante todas las fases de existencia de un elemento y de esta manera obtener información lo más transparente y veraz posible sobre la calidad ambiental, para no dañarlo, o perjudicarlo lo menos posible.

El ACV representa entonces una forma de contabilizar sistemáticamente las entradas y salidas energéticas y de materiales a lo largo de todas las etapas de un ciclo de vida, desde la adquisición de las materias primas, producción, procesamiento, empaquetado, uso y finalmente reciclaje o disposición de un producto o varios recursos empleados en un respectivo sector (Heller & Keoleian, 2000).

Muchos estudios orientados a evaluar los impactos ambientales de las producciones agroalimentarias ecológicas y convencionales han utilizado la metodología ACV (Notarnicola, 2011; Notarnicola et ál., 2012 & Zimmermann et ál., citados por Fedele et ál., 2014). En la producción agrícola, la metodología de ACV se aplica generalmente para comparar diferentes escenarios alternativos de producción y niveles de labranza, así como algunas aplicaciones que se centran en la comparación entre las prácticas orgánicas y las convencionales (Dalgaard et ál., 2001; De Backer et ál., 2009; Meier et ál., 2012; Meisterling et ál., 2009; Refsgaard et ál., 1998; Salomone & Loppolo, citados por Fedele et ál., 2014).

En este artículo se presenta una síntesis de las principales particularidades metodológicas propias para el ACV del sector de producción agrícola, identificadas en estudios recientes. El fin del análisis es brindar algunas reflexiones sobre las posibles vías que se pueden explorar para el desarrollo y fortalecimiento de este campo de la gestión ambiental, aspecto en el que también se consideró la experiencia de los autores en el desarrollo de una investigación sobre ACV en cadenas productivas agrícolas del municipio de Viotá, Cundinamarca (Colombia).

## Metodología

La metodología empleada para llegar a las recomendaciones de las que trata este estudio consistió, en primer lugar, en identificar patrones recurrentes en la literatura acerca de las principales dificultades y vacíos experimentados al desarrollar estudios de ACV en el sector de la agricultura, para posteriormente analizarlos desde las especificidades del contexto de Viotá, las cuales surgen por la experiencia de los autores en el desarrollo del estudio de ACV anteriormente mencionado.

Las recomendaciones para posteriores investigaciones en el ciclo de vida de la producción agrícola se hacen considerando el marco institucional de la gestión ambiental en Colombia y se enfocan, principalmente, a escenarios caracterizados por la informalidad y precarios criterios técnicos en el desarrollo de las producciones.

## Resultados

### Particularidades del ACV en agricultura: una síntesis de la literatura reciente

En esta sección se comienza por presentar una recopilación de información del ACV en el sector de producción agrícola, con base en una búsqueda de artículos científicos en bases de datos virtuales, centrada en un periodo de estudio de los últimos cinco años (2009-2014).

La tabla 1 presenta un resumen con la selección de ACV de producción agrícola de reciente publicación, en la que se identifica unidad funcional, metodología de evaluación de impacto, alcance del sistema, entre otros aspectos. Llama la atención cómo no solo se ha ampliado el uso de la huella de carbono, sino que ahora son consideradas otras categorías.

**Tabla 1.** Resumen de aplicación de ACV para evaluar sistemas productivos agrícolas

<i>Autor</i>	<i>Producto (s)</i>	<i>País</i>	<i>Metodología de impacto</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Alcance</i>	<i>Base de datos</i>
Contreras et ál. (2009)	Caña (como azúcar)	Cuba	Ecoindicador 99	11 categorías de impacto	Finca a la fábrica	EcoInvent, FAO
Fedele et ál. (2014)	Soya y cebada	Italia	ReCiPe	Los 18 indicadores de <i>mid y end point</i>	Cuna a la finca	EcoInvent, IPCC, otros
Ingwersen (2012)	Piña	Costa Rica	Varios (TRACI, PAS 2050, Huella Hídrica, etc.)	10 categorías de impacto	Finca al mercado	EcoInvent, FAO
Martínez-Blanco et ál. (2014)	Tomate fertilizado	España	CML 2001	11 categorías de impacto	Cuna a la finca	EcoInvent
Meisterling et ál. (2009)	Trigo (como harina)	Estados Unidos	IPCC	Potencial de calentamiento global	Cuna a la fábrica	US Government
Ntiamoah & Afrane (2008)	Cacao	Ghana	CML 2001	9 categorías de impacto	Cuna a la fábrica	EcoInvent
Page et ál. (2012)	Tomate	Australia	Varios (IPCC, PAS 2050, Huella Hídrica azul y gris, Ecoindicador 99)	Huella de carbono y huella hídrica, con complemento de 11 categorías de Ecoindicador 99	Cuna a: finca, fábrica y mesa	Australian Database
Ridoutt et ál. (2010)	Mango	Australia	Huella hídrica propia	Huella hídrica	Finca a la mesa	FAO

Fuente: elaboración propia

Como primera consideración se identifica en este sector una evolución de la metodología empleada en un estado de madurez inferior al de otros sectores productivos, considerando que su desarrollo se ha dado para los últimos 18 años, así como el uso predominante de bases de datos europeas y norteamericanas (Harris & Narayanaswamy, 2009).

Aparte de las dificultades geográficas, en agricultura la definición del alcance del estudio es mucho más compleja que el mismo ACV aplicado a casos industriales. Esta particularidad, según Horne y Grant (2009) también se explica por la carencia de datos al momento de generar un inventario con el cual los investigadores puedan hacer un análisis robusto y con suficiente validez para el producto objeto investigación. Por dar un ejemplo de un reto que es necesario enfrentar en el ACV agrícola, incluso en los casos en los que se siembra directamente la semilla, la producción de la cosecha puede ser completamente distinta según el contexto de producción abarcado: orgánico a pequeña escala y trabajando a mano sin la aplicación de ningún pesticida, en lugar de una escala de producción masiva con maquinaria pesada y la dispersión constante de un coctel de químicos.

Al comparar los dos grupos de datos relacionados (pequeña y gran escala de producción) con respecto a biodiversidad, procesos bioquímicos y la dinámica que existe entre el suelo y la cosecha, estos podrían llegar a ser completamente desacordes, sobre todo cuando se consideran sistemas que no cuentan con alta dependencia externa de materiales y en los que la complejidad de su análisis puede considerarse amplia, debido a la alta interacción y generación de servicios ecosistémicos que podrían quedar fácilmente excluidos de una evaluación de impacto ambiental dentro del ACV. Este es, sin embargo, uno de los aspectos más importantes que se emplea al comparar las técnicas del sector, debido a crecientes inquietudes de los usuarios acerca del acceso a información sobre los productos que consumen.

Por otra parte, un ACV empleado en la evaluación del sector agrícola tiene la dificultad conceptual de no ser estrictamente un análisis de la “cuna a la tumba”, considerando que no consume los recursos en un sentido lineal, como por ejemplo ocurre en los procesos industriales donde este tipo de análisis se utiliza habitualmente (Hayashi et ál., 2011; Harris & Narayanaswamy, 2009). Por este motivo, normalmente la definición de límites del sistema para los ACV agrícola se puede clasificar tradicionalmente en: de la “cuna a la finca”, de la “cuna al mercado” y de la “cuna a la mesa” (Page et ál., 2012), aunque en la literatura también se han identificado sus diferentes combinaciones (e. g., de la “finca a la mesa”, o incluso de la “cuna a la fábrica”, cuando se trata de alimentos procesados).

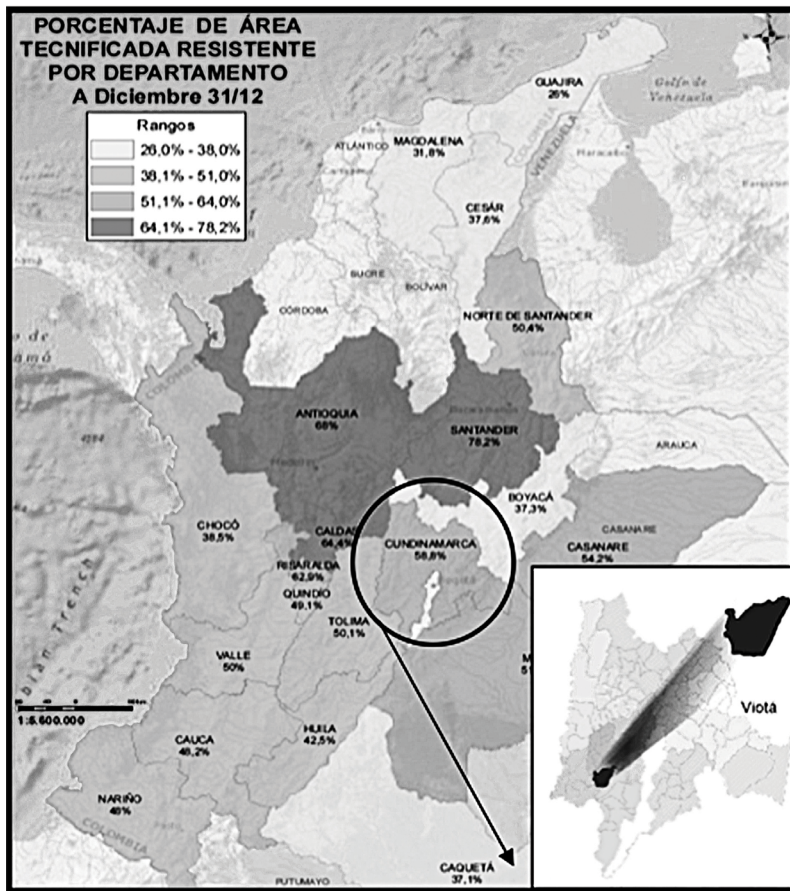
El ACV en agricultura requiere, como reto adicional, un sistema de referencia donde se explique cómo se emplearía el terreno cultivado si no se produjera la cosecha bajo evaluación. Esta práctica es necesaria por la cantidad de tierra utilizada en el sector, en comparación, por ejemplo, con una fábrica o una plataforma petrolera. Es decir, sin un sistema de referencia, los resultados de cualquier ACV asociado con la agricultura serán distorsionados por la desigualdad en ratio a las unidades producidas, debido a las magnitudes de diferencia en área.

Normalmente, el sistema de referencia no es un indicador, sino un elemento fundamental en la definición de la selección del sistema, incluyendo sus límites (Jungk et ál., 2002); algo muy importante y que debería tomarse en cuenta al momento de decidir sobre la evaluación de los impactos generados por las interacciones con los sistemas agrícolas del entorno. Por otra parte, es tradicional que para los ACV agrícolas los impactos asociados a la infraestructura y la fabricación de insumos como los insecticidas, no sean considerados, sino que el análisis se centre en la comparación de las prácticas mismas (Cederberg & Mattsson, 2000).

## **Análisis de particularidades a la luz de un estudio de caso**

Viotá es un municipio ubicado al suroccidente del departamento de Cundinamarca, sobre el piedemonte de la Cordillera Oriental, a 86 km de Bogotá y a 12 km de la carretera troncal que comunica el interior con el sur del país. Se localiza en las coordenadas geográficas 4° 27' 00" de latitud norte y 74° 32' 00" de longitud oeste, donde el clima y el relieve son muy variados, con registros de temperatura que oscilan entre 6 y 30° C y precipitaciones entre 900 y 1900 mm anuales (Alcaldía de Viotá, 2012).

Este municipio tiene una superficie de 20 800 hectáreas, de las cuales 20 667 son rurales y 133 urbanas. Se encuentra en la parte sur de la llamada provincia del Tequendama, la cual está integrada por diez municipios, en su orden alfabético: Anapoima, Apulo, Cachipay, El Colegio, La Mesa, Quipile, San Antonio del Tequendama, Tena y Viotá (Alcaldía de Viotá, 2012). En la figura 1 se presenta la ubicación geográfica del municipio a nivel nacional y departamental.



**Figura 1.** Ubicación del municipio de Viotá (Cundinamarca, Colombia)

Fuente: adaptación hecha por la investigadora Marcela Wilches con base en la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) (2012) y la Gobernación de Cundinamarca (2013)

Fisiográficamente, la zona se encuentra dividida en tres formaciones generales del relieve, a saber: formas aluviales, que comprenden a la planicie de inundación, diferentes niveles de terraza, abanicos y sus respectivos taludes; formas de colina, que comprenden a los valles coluvio-aluviales, laderas con influencia coluvial y laderas; finalmente, formas de montaña, integradas por los valles coluvio-aluviales, laderas con influencia coluvial, laderas y morrenas laterales y de fondo de valle glaciar (Alcaldía de Viotá, 2012).

La topografía de los suelos del municipio de Viotá corresponde a un relieve bastante quebrado, la zona cafetera está localizada en zona de ladera. Estas laderas oscilan entre los 15 y 90 grados de inclinación, con altitud descendiente desde los 1800 hasta los 540 m, donde se define que son suelos bastante ondulados (Alcaldía de Viotá, 2012). Siendo el promedio de altura del municipio 567 m, la temperatura es de 25° C en verano para las partes bajas y de 23° C en invierno; las precipitaciones oscilan entre los 850 y los 1600 mm, conforme a la estación meteorológica de Atala, y la humedad relativa es del 60% en verano (Alcaldía de Viotá, 2012).

A continuación se busca analizar los factores anteriormente identificados, desde lo experimentado por los autores en un proyecto sobre el acv de cadenas productivas agrícolas en el municipio de Viotá,

Cundinamarca (Colombia). En este proyecto de investigación se llevó a cabo una evaluación de ACV de la “finca al mercado” de las cadenas productivas agrícolas café, mango, cacao y aguacate, como uno de los componentes potenciadores del acceso a nuevos mercados de los productores agrícolas de un municipio que por sus condiciones especiales de vulnerabilidad socioeconómica fue incluido en el listado de atención prioritaria del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) - Colombia “Los Municipios del Milenio” (Gobernación de Cundinamarca & PNUD, 2010).

Aunque en contextos como el colombiano, la dificultad por la ausencia de datos se cumple también para otros sectores productivos, porque las bases de datos detrás de los análisis de ciclo de vida se estructuran generalmente a partir de datos provenientes de Europa, Norteamérica, o en el mejor de los casos de Brasil, en agricultura este aspecto sale a relucir con especial fuerza debido a limitaciones implícitas a los sistemas de producción agrícola, relacionadas con la naturaleza de los impactos asociados a su principal factor de producción: la tierra.

Mientras en los sectores industrial o de servicios la relación entre los procesos productivos de ciclo de vida y el entorno del sistema se presentan generalmente de manera directa (emisiones, vertimientos, disposición de residuos o extracción de cantidades específicas de materia prima), en agricultura la relación causa-efecto es difícil de establecer por particularidades del sistema de producción estudiado y que conciernen a aspectos tales como composición y calidad del suelo y correlaciones variables según geografía entre insumos y técnicas de producción con las matrices de agua y biodiversidad.

Lo anterior implica que mientras la construcción de los procesos de ciclo de vida en otros sectores puede desarrollarse de una manera mucho más estandarizada y basada en datos subyacentes al análisis de *software*, en agricultura, dadas estas relaciones complejas entre suelo e impactos ambientales generados, los procesos las más de las veces deben elaborarse de forma manual y partir de datos particulares al caso estudiado.

En la investigación sobre las cadenas agrícolas de Viotá, por ejemplo, la aplicación del ACV se desarrolló partiendo de la identificación de tres estudios de caso (tres unidades de producción) que aun cuando similares desde su contexto geográfico, presentaban entre sí variaciones con respecto a los productos cultivados, insumos utilizados y escala de la producción. Como primera dificultad de investigación, se encontró que solo una pequeña parte de los datos requeridos para la construcción del inventario se encontraba en la base de datos estándar de GaBi 6.0, la herramienta de *software* utilizada en el análisis.

Aunque esta limitante pudo ser subsanada creando la información de procesos y flujos de inventario a partir de información primaria y secundaria, resulta difícil realizar una comparación entre los tres casos estudiados, a pesar de que se utilizó la misma unidad funcional. Esto porque precisamente las variaciones entre las unidades productoras llevarían a errores de interpretación de los análisis; por ejemplo, los impactos ambientales derivados de la aplicación de pesticidas compuestos de *dyethyl ether*, uno de los ingredientes de *Lorsban*, insecticida común a los tres casos analizados, pueden variar según pequeñas diferencias en productos cultivados, composición de los suelos, cantidades aplicadas y cercanía a recursos hídricos.

Por otra parte, las limitaciones en cuanto a la disponibilidad de datos son más visibles en países caracterizados, entre otros aspectos, por entornos institucionales con baja disponibilidad de información. Estas limitaciones no solo surgen por fallas estructurales congénitas al organigrama administrativo que definen las actividades de investigación en estos países; también intervienen en ello comportamientos culturalmente aprendidos por los pobladores, relacionados con la informalidad en las prácticas de producción, las cuales refuerzan las dificultades asociadas a la disponibilidad de datos.

En la ejecución del ACV en el municipio de Viotá, este factor fue importante barrera en la recolección de los datos, dado que los mismos productores agrícolas no solo no contaban con registros sobre entradas y salidas de recursos naturales, sino que también carecían de insumos usados y cantidades de producción.

Dentro la investigación, esta barrera ha venido siendo superada mediante la construcción de formatos de recolección de datos, que a partir de un proceso de continua retroalimentación por productores y personal experto han sido adaptados a las especificidades de este contexto de informalidad.

El factor de la ausencia de datos se encuentra estrechamente relacionado con la segunda peculiaridad identificada en este artículo: la variedad de contextos en cuanto a escala, técnica y límites del sistema de producción. De hecho, inclusive en países donde no se advierten limitantes en cuanto a informalidad en la producción, es necesario complementar los procesos y flujos de inventario de bases datos, por la inherente complejidad anteriormente mencionada sobre las relaciones causa-efecto en la generación de impactos ambientales en los sistemas agrícolas.

En entornos de investigación como el encontrado en el municipio de Viotá, donde sin importar la escala de producción se hallan en una misma unidad productora múltiples usos del suelo distribuidos en patrones no fácilmente identificables, surge también la necesidad de complementar el análisis de impactos de ciclo de vida con estudios agronómicos rigurosos que relacionen el uso de insumos, el tipo de cultivo (e. g., café, mango, cacao, etc.), especie (e. g., arábica, Castillo, Colombia, etc.) y aplicación de diversas técnicas de producción (e. g., café con proceso productivo convencional vs. proceso tradicional) con efectos ambientales y sobre la salud; dada la naturaleza del sistema estudiado, estos estudios deben ser específicos al contexto geográfico. En razón de limitantes en cuanto a disponibilidad de recursos, en el proyecto de investigación analizado aún no ha sido posible establecer una relación clara y específica entre los usos del suelo y las categorías de impacto analizadas.

## Consolidación de resultados T1

Como se expuso en la sección introductoria, la metodología para la elaboración de las recomendaciones sobre el fortalecimiento de los procesos de ACV en agricultura, consistió en un contraste de información entre patrones recurrentes en la literatura sobre barreras en el ACV en agricultura y la experiencia de los autores en el desarrollo del estudio de caso abarcado. Presentados ambos referentes de información en las dos secciones anteriores, en la tabla 2 se caracterizan estos resultados a fin de facilitar el análisis posterior.

**Tabla 2.** Contraste de resultados entre revisión de literatura y estudio de caso

<i>Barrenas para estudios de ACV agrícola identificadas en literatura</i>	<i>Detalle</i>	<i>Barreras identificadas en el estudio de caso (viotá)</i>
	Predominio de bases de datos europeas y norteamericanas	Solo una parte de los datos en la base datos de la herramienta de <i>software</i>
Ausencia de datos	Ausencia de datos sobre sistemas de referencia (desigualdad en ratio)	Entorno institucional caracterizado por baja disponibilidad de información
		Unidades productoras informales, con débil aplicación de criterios técnico-administrativos



<i>Barrenas para estudios de ACV agrícola identificadas en literatura</i>	<i>Detalle</i>	<i>Barrenas identificadas en el estudio de caso (viotá)</i>
Variedad de escalas, técnicas y límites del sistema de producción	Diferencias sustanciales de impactos ambientales según pequeñas variaciones en técnicas y escalas de producción	Posibles errores de interpretación por variaciones en escala y productos de las unidades productoras seleccionadas
	Dificultad de establecer relaciones causa-efecto por interacciones complejas entre insumos, factores de producción y productos (agricultura)	Dificultad de identificación de relaciones causa-efecto por asociación de cultivos en unidades seleccionadas

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con lo plasmado en la sección “Particularidades del ACV en agricultura: una síntesis de literatura reciente”, surgen dos barreras principales en el desarrollo de ACV en agricultura: i) dificultades sobre la ausencia de datos y ii) variedad de contextos en cuanto a escala, técnica y límites del sistema de producción. Mientras la primera de ellas se puede desglosar a partir del predominio de bases de datos europeas y norteamericanas para el análisis de *software* y la ausencia de datos sobre sistemas de referencia, lo cual puede conducir a errores de interpretación por desigualdad en ratio, es posible generalizar la segunda a la dificultad de establecer relaciones causa-efecto por interacciones complejas entre insumos, factores de producción y productos en el sector de agricultura.

Comparando estos resultados con lo expuesto en la sección anterior en el estudio de caso sobre ACV en cadenas agrícolas del municipio de Viotá, se encontraron las barreras que se detallaron en la tercera columna de la tabla 2.

Más allá de los resultados concretamente encontrados sobre el estudio de caso,<sup>1</sup> cabe destacar que la principal estrategia utilizada por los autores para subsanar estas dificultades específicas tuvo que ver con la aplicación de métodos de recolección de datos directamente de los productores.

Aunque esta vía para la construcción de la información base de los estudios de ACV puede contar con la desventaja de ser proclive a sesgos, en contraste con lo que ocurre cuando los datos son tomados mediante instrumentos de medición, en contextos caracterizados, por ejemplo, por la carencia de medidores de entradas y salidas de agua, porque la fuente proviene de acueducto veredal o directamente de nacimientos ubicados en los mismos predios, y donde los mismos productores manifiestan no contar con las herramientas técnicas y/o administrativas para cuantificación de entradas y salidas de recursos, insumos y/o productos, se hace necesario para el analista adaptarse a estas especificidades de contexto. En el caso del estudio aquí abordado, los investigadores diseñaron un instrumento de recolección de datos para ser aplicado presencialmente a los productores y buscando la aplicación de mecanismos de verificación de los datos obtenidos, por ejemplo, a partir de consulta en fuente secundaria sobre el consumo de agua por especie cultivada (ver anexo 1).

1 Se desea publicar los resultados sobre el ACV de las cadenas agrícolas del municipio de Viotá en un artículo posterior.

## Discusión

Según las dos limitantes generales identificadas en los ACV en agricultura, tanto a nivel de literatura como desde su análisis a partir del caso de estudio, a continuación se presentan algunas recomendaciones orientadas a fortalecer aspectos subyacentes al marco metodológico general del ACV en el sector de la agricultura. Como fue mencionado en la sección introductoria, estas recomendaciones se hacen considerando el marco institucional de la gestión ambiental en Colombia y se enfocan principalmente a escenarios caracterizados por la informalidad y precarios criterios técnicos en el desarrollo de las producciones.

Respecto a la importancia que requieren los datos locales como insumos de investigación, es necesaria la investigación orientada a la construcción, conformación y divulgación de bases de datos locales que contengan información primaria sobre procesos de producción, obtención de insumos, gastos de energía, uso de agua, utilización de pesticidas y fertilizantes, generación de vertimientos, disposición de residuos, entre otros, y así propender por disminuir la dependencia de bases de datos internacionales. La experiencia del ACV en el municipio de Viotá ha ayudado, entre otros aspectos, a la generación de ideas que ayuden a la construcción de marcos metodológicos específicos tanto al ACV agrícola como a entornos de producción con marcada ausencia de aplicación de criterios técnico-administrativos en los procesos de planeación.

La construcción de estas metodologías, por el momento enfocadas a la recolección de datos de fuente primaria, debe ir acompañada, sin embargo, de la identificación de vías institucionales que ayuden tanto a la expansión de prácticas de recolección de datos a otros subsectores de producción agrícola, como a conectarlas con necesidades identificadas por actores del Gobierno, gremios, Academia y otros.

En Colombia, la inclusión y fortalecimiento de criterios técnicos en el manejo de la producción agrícola, y su conexión con posibles intenciones de desarrollar capacidades específicas en ACV, presenta características especiales de complejidad por la variedad de actores institucionales y de las respectivas cadenas de abastecimiento involucradas, las cuales a su vez varían de acuerdo con regiones, sectores y subsectores de producción, todo ello enmarcado en la existencia de patrones endógenos al marco institucional donde la información se construye de una manera desarticulada, dispersa o simplemente resalta por su ausencia.

En el caso del desarrollo de prácticas dirigidas a realizar estudios de ACV en la región centro-occidente de Cundinamarca, subdivisión territorial a la cual pertenece el municipio de Viotá, se requiere, por ejemplo, la articulación de acciones e intereses de actores administrativos territoriales (gobernación, alcaldías), gobierno central (Ministerio de Agricultura, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, CAR, entre otros), académicos (universidades), comunitarios (juntas de acción comunal, juntas veredales, juntas de acueductos, entre otros) y gremiales (e. g., comité regional de cafeteros) que permitan la inclusión de criterios de ACV en la planeación de la producción de manera congruente y evitando la repetición de acciones.

Sin lugar a dudas, este proceso de articulación debe partir de un análisis de puntos de interés común entre los estudios de ACV y los intereses políticos de cada uno de los actores y llama de nuevo la atención sobre la necesidad de abordar los temas de formulación políticas desde una visión interdisciplinaria. En cualquier caso, la disponibilidad de bases de datos locales deberá ser un objetivo indispensable para generar estudios ACV robustos y adaptados a las condiciones particulares del entorno, con suficiente credibilidad.

Lo anterior le apunta directamente al fortalecimiento y robustez en la conformación de la fase de inventario, que desde el marco operativo de la NTC ISO 14040, implica la recopilación de datos y procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas pertinentes de un sistema del producto. Esta actividad resulta iterativa, pues a medida que se van recolectando los datos, es posible identificar nuevos requisitos y limitaciones que requieran cambios en los procedimientos de la recolección, sin

afectar los objetivos primarios del estudio. La elección tanto de la conformación del inventario, como de los modelos para el cálculo de impactos, resulta subjetiva y, en este sentido, priman y coinciden las perspectivas socioculturales tenidas en cuenta para analizar métodos y resultados (Cowell, 1998; Hofstetter, 1998; Goedkoop et ál., 2000, Sonnemann, citado por Antón Vallejo, 2004).

En cuanto al uso de metodologías de evaluación y factores de caracterización, actualmente se están llevando a cabo investigaciones en torno al desarrollo de nuevos métodos de evaluación del impacto. Estos estudios son realizados por la empresa PRÉ-Consultants en el marco del Life cycle impact assessment methods for improved sustainability characterisation of technologies, cuyos objetivos principales incluyen el desarrollo de nuevos métodos de evaluación de impacto para las categorías que no están comúnmente incluidas en esta fase del ciclo de vida y para aquellas cuyo factor de incertidumbre resulta alto, es decir, el uso de la tierra, uso del agua, explotación de recursos y ruido.

Adicionalmente, trabajan en la caracterización y normalización del uso de suelo agrícola y forestal, los servicios ecosistémicos y la riqueza de las especies; la explotación del agua subterránea y superficial; el uso de minerales y recursos fósiles, así como la investigación de los impactos sobre la salud humana causados por las emisiones de partículas primarias, la formación de partículas secundarias y el ruido (Huijbregts, 2013).

Por otro lado, el grupo Ecoinvent (centro suizo para inventarios de ciclo de vida) está desarrollando una metodología simplificada para incorporar el impacto del uso del suelo en los estudios de ACV. Organismos como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, en su sigla en inglés) esperan proporcionar una base común para el desarrollo futuro de métodos de evaluación de impacto consistentes, además de la exploración de herramientas tales como la termodinámica de los ecosistemas y la teledetección, consideradas como prometedoras para evaluar los impactos del uso de la tierra de manera más directa y medir las características térmicas de los ecosistemas (Wagendrop et ál., citado por Roy et ál., 2008). La erosión del suelo, su materia orgánica, el pH, el potasio, el estado del suelo y la biodiversidad son buenas opciones para la creación y adaptación de nuevos indicadores para futuros estudios en el ámbito agrícola (Mattsson et ál., 2000).

La comunidad internacional ACV está aunando esfuerzos para mejorar los aspectos relacionados con la recopilación y los objetivos de calidad de los datos. Los investigadores de las diferentes organizaciones internacionales están estrechamente involucrados en los procesos de desarrollo que intervienen en el ACV. Dentro de estas organizaciones, hoy encontramos la Organización internacional de Normalización (ISO), la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (Setac), el PNUMA, la Comisión Europea y la Dirección Danesa de Alimentación, Pesca y Agronegocios (Finkbeiner et ál., citado por Roy et ál., 2008).

Sin embargo, dejando de lado las anteriores recomendaciones, las cuales están más orientadas a las entidades y organizaciones con funciones al respecto, los investigadores enfocados en contextos ambientales, económicos y sociales como el descrito sobre el municipio de Viotá, deben encontrar vías adaptativas para la recolección de datos, que si bien están marcadamente distanciados de los esquemas estandarizados y tecnificados, deben procurar también por la veracidad de la información. Como se mencionó anteriormente, los autores encontraron una estrategia de recolección de información para ser aplicada directamente a los productores. Es importante hacer hincapié en que la validez de la información recolectada debe ser verificada mediante contraste con información secundaria.

## Conclusiones

Como resultado de la investigación, se puede concluir que el análisis de ciclo de vida es una metodología relativamente nueva, sobre todo en su aplicación al sector agrícola. Dicha aplicación en los productos alimenticios requiere una investigación a fondo, no solo para llegar a comprender su especial aplicación a los procesos subyacentes, sino también para la inclusión de factores como la tierra y el

consumo de agua, lo que aportaría información más amplia y fiable a aquellas partes interesadas que intervienen en los procesos (Roy et ál., 2008).

Llevar a cabo investigaciones en torno al análisis de ciclo de vida en temas agrícolas es una labor bastante compleja que, no solo advierte sobre la importancia de los datos, sino que también propone un desafío en la medición de los ciclos naturales (e. g., nitrógeno, fósforo) que intervienen en los procesos productivos. Sin embargo, el estudio y la publicación de casos de estudio agrícolas que integren la herramienta de ACV para el análisis de impactos ambientales, se convierte en un desafío fundamental para empezar a generar datos reales aplicados a contextos tropicales y de esta manera avanzar en el uso de nuevas herramientas que mitiguen los aspectos ambientales potenciales y establezcan bases de sostenibilidad en la producción.

A pesar de que las metodologías del ACV han sido mejoradas, debe existir una mayor normalización internacional para facilitar una comparación válida entre los diferentes productos (Shau & Fet, 2008). Esto, unido al perfeccionamiento de la herramienta y la difusión de resultados de investigación, puede convertirse en el gran reto para alcanzar la sostenibilidad de nuestra agricultura.

Reconocer la importancia que requiere la conformación de la fase de inventario representa un reto, no solo para investigadores y gestores ambientales, sino también para campesinos e integrantes de los gremios agrícolas. Lograr una correcta divulgación de la importancia de los datos a dichas partes interesadas, permitiría la conformación de buenas bases de datos locales y asimismo la generación de estudios robustos que generen recomendaciones y/o lineamientos para generar prácticas agrícolas sostenibles aplicadas a contextos locales.

Para próximos estudios de ACV en casos agrícolas, es importante tener en cuenta que la selección de la unidad funcional puede realizarse desde dos enfoques. El primero, propuesto por Mourad et ál. (2007) quien sugiere dos tipos de unidad funcional: área cultivada y producción, y el segundo enfoque propuesto por Charles et ál. (2006) quien identifica tres tipos de unidad funcional: producción, producción con requerimiento de calidad y área.

La aplicación de instrumentos de recolección de datos directamente a los productores, surge como una alternativa válida para superar las barreras a la realización de estudios de ACV en contextos caracterizados por la informalidad y/o el débil empleo de criterios técnicos y/o administrativos en el proceso productivo, siempre y cuando los datos encontrados sean contrastados y verificados con otras fuentes de información.

## Referencias


- Alcaldía de Viotá (2012). *Plan de Desarrollo “Viotá territorio de paz y prosperidad 2012 – 2015”*.
- Anielski, M. y Wilson, J. (2010). Environmental Footprinting for Agriculture in Alberta: Literature Review and Analysis (Report). Alberta: Agriculture and Rural Development - Environmental Stewardship Division, 157 p
- Antón Vallejo, M. A. (2004). Metodología del análisis de ciclo de vida. En *Utilización del análisis de ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Cederberg, C. & Mattsson, B. (2000). Life Cycle Assessment of Milk Production - A Comparison of Conventional and Organic Farming. *Journal of Cleaner Production*, 8, 49-60.
- Cellura, M., Ardente, F. & Longo, S. (2012). From the LCA of Food Products to the Environment Assessment of Protected Crops Districts: A Case-Study in the South of Italy. *Journal of Environment Management*, 93(1), 194-208
- Charles, R., Jolliet, O., Gaillard, G. & Pellet, D. (2006). Environmental Analysis of Intensity Level in Wheat Crop Production Using Life Cycle Assessment. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 113(1), 216-225.

- Cowell, S. (1998). Use of the Environmental Life Cycle Assessment to Evaluate Alternative Agricultural Production Systems. In *Proceedings of the New Zealand plant protection conference* (pp. 40-44). New Zealand: Plant Protection Society.
- Cowell, S. & Clift, R. (1997). Impact Assessment for the LCAs Involving Agricultural Production. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2(2), 99-103.
- Empresa Ecolombiana (s. f.). Página web. Recuperado en junio del 2014, de <http://www.soyecolombiano.com/site/Portals/0/Empresa-Ecolombiana.pdf>
- Fedele, A., Mazzi, A., Niero, M., Zuliani, F. & Scipioni, A. (2014). Can the Life Cycle Assessment Methodology Be Adopted to Support a Single Farm on its Environmental Impacts Forecast Evaluation between Conventional and Organic Production? An Italian Case Study. *Journal of Cleaner Production*, 69, 49-59
- Federación Nacional de Cafeteros (Colombia) (FNC) (2012). *Caficultura sostenible - LXXVII Congreso Nacional de Cafeteros 2012*. Informe del gerente general.
- Gobernación de Cundinamarca. (s. f.). *Mapa base del municipio de Viotá*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Secretaría de Obras Públicas de Cundinamarca.
- Harris, S. & Narayanaswamy, V. (2009) A Literature Review of Life Cycle Assessment in Agriculture Rural Industries. Research and Development Corporation, 45 p.
- Hayashi, K., Gaillar, G. & Nemecek, T. (2011) *Life Cycle Assessment of Agricultural Production Systems: Current Issues and Future Perspectives*. Recuperado en junio del 2014, de [http://agnet.org/htmlarea\\_file/library/20110721140039/bc54011.pdf](http://agnet.org/htmlarea_file/library/20110721140039/bc54011.pdf)
- Heller, M. & Keoleian, G. (2000) Life Cycle-Based Sustainability Indicators for Assessment of the U.S. Food System. 59 p.
- Horne, R. & Grant, T. (2009). Life Cycle Assessment and Agriculture: Challenges and Prospects. En Horne, R. Grant, T. & Verghese, K. (Eds). *Life Cycle Assessment: Principles, Practice and Prospects* (pp. 107 – 124). Collingwood, Victoria: CSIRO Publishing.
- Huijbregts, M. (2013). *PRE- Sustainability*. Recuperado el 3 de junio del 2014, de Impact Assessment Methods - Improved sustainability characterisation of technologies: <http://www.pre-sustainability.com/impact-assessment-methods-improved-sustainability-characterisation-of-techn>
- Instituto Colombiano de Normas técnicas y certificación (Icontec) (2007). *NTC-ISO 14040. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia*. Bogotá: Icontec.
- International Organization for Standardization (iso) (2006). *Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework. ISO 14040*. Ginebra: iso.
- Jungk, N., Reinhardt, G. & Gartner, S. (2002) Agricultural Reference Systems in Life Cycle Assessments En Ireland, E. & Lansink A.O. (Eds) *Economics of Sustainable Energy in Agriculture: Issues and Scope*. (pp 105-119). Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- Mattsson, B., Cederberg, C. & Blix, L. (2000). Agricultural Land Use in Life Cycle Assessment (LCA): Case Studies of Three Vegetable Oil Crops. *Journal of Cleaner Production*, 8(4), 283-292.
- Milá, L. (2003). *Contribution to Life Cycle Analysis for Agricultural Systems. Site - Dependency and Soil Degradation Impact Assessment*. Facultat de Ciències, Universitat Autònoma. Barcelona: Bellaterra.
- Mourad, A. L., Coltro, L., Oliveira, P. A., Kletecke, R. M., & Baddini, J. P. O. (2007). A Simple Methodology for Elaborating the Life Cycle Inventory of Agricultural Products. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(6), 408-413.

- Page, G., Ridoutt, B. & Bellotti, B. (2012) Carbon and Water Footprint Tradeoffs in Fresh Tomato Production. *Journal of Cleaner Production*, 32, 219-226.
- Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N. et ál. (2009). A review Of Life Cycle Assessment (LCA) on some Food Products. *Journal of Food Engineering*, 90(1), 1-10.
- Schau, E. & Fet, A. (2008). LCA Studies of Food Products as Background for Environmental Product Declarations. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(3), 255-264
- World Wildlife Fund for Nature (WWF), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Universidad EAN (2011). *Guía práctica para ecolombianos* (guía 2). Página web. Recuperado en junio del 2014, de <http://www.soyecolombiano.com/site/Portals/0/Empresa-ECOLombiana.pdf>

### Anexo 1

Fragmento del formato de recolección de información usado en el estudio de acv en cadenas productivas agrícolas del municipio de Viotá, Cundinamarca

		Formato para la recopilación de datos de inventario para cultivos agrícolas					
I. DATOS DE CONTACTO							
Nombre del Contacto:		Municipio		Celular:			
Localización de la finca		Vereda					
		Nombre Finca					
II. CARACTERIZACIÓN DE LA FINCA							
Tamaño Finca: Marque con X		Hectáreas ( )		Fanegadas ( )			
Productos Sembrados (ejemplo: 1. Café, 2. Mango ...)	Variedad (ejemplo: 1. Castillo, 2. Tommy ...)	Área Ocupada (Hectáreas ( ) Fanegadas ( ))	Cosecha producida (Kilogramos por cosecha)	Número de cosechas al año	Tipo de cultivo (transitorio, permanente, semi-permanente) <sup>1</sup>	Cómo inicia el cultivo (Semilla, Clon, Plántula, etc.)	Cantidad de Semilla, Clon, Plántula, etc.
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
III. LUGAR DE ADQUISICIÓN DE INSUMOS							
Nombre del Proveedor		Tipo de insumo		Municipio – Ciudad			
1.							
2.							
3.							
4.							
IV. LUGAR DE VENTA DE LA COSECHA							
Nombre cliente		Producto vendido		Municipio – Ciudad			
1.							
2.							
3.							
4.							
V. MARQUE CON UNA EQUIS (X) EL MÉTODO DE CULTIVO UTILIZADO <sup>2</sup>							
Monocultivo ( )		Orgánico ( )		Policultivo ( )		Hidropónico ( )	
Convencional ( )		Hidropónico ( )		Otro ( ) ¿Cuál?			

<sup>1</sup> **Transitorio:** son aquellos que tienen una duración productiva hasta 1 año. **Permanente:** son aquellos que tienen una duración productiva mayor de tres (3) años. **Semipermanente:** Son aquellos que tienen una duración productiva entre uno (1) y tres (3) años.

<sup>2</sup> **Monocultivo:** un solo producto sembrado en el terreno. **Policultivo:** dos o más productos sembrados en el mismo terreno. **Convencional:** uso de pesticidas o agroquímicos en el proceso de siembra. **Orgánico:** ningún tipo de pesticidas o agroquímicos en el proceso de siembra. **Hidropónico:** usos de agua como sustrato para siembra de las plantas.

