

# Análisis de ciclo de vida de lechuga (*Lactuca sativa*) cultivada bajo un sistema orgánico y convencional, como insumo para toma de decisiones en dos fincas agrícolas costarricenses

## Life cycle analysis of lettuce (*Lactuca sativa*) cultivated under an organic and conventional management system, as input for decision-making in two Costa Rican agricultural farms

Jonathan Rodrigo Castro-Granados<sup>1</sup>, Laura Brenes-Peralta<sup>2</sup>,  
María Fernanda Jiménez-Morales<sup>3</sup>, Roel Campos-Rodríguez<sup>4</sup>

Fecha de recepción: 11 de abril de 2020

Fecha de aprobación: 23 de agosto de 2020

Castro-Granados, J.R; Brenes-Peralta, L; Jiménez-Morales, M.F; Campos-Rodríguez, R. Análisis de ciclo de vida de lechuga (*Lactuca sativa*) cultivada bajo un sistema orgánico y convencional, como insumo para toma de decisiones en dos fincas agrícolas costarricenses. *Tecnología en Marcha*. Vol. 34-3 Julio-Setiembre 2021. Pág 108-119.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v34i3.5108>

1 Ingeniero en Agronegocios. Investigador independiente. Costa Rica.

Correo electrónico: [jonacg28@gmail.com](mailto:jonacg28@gmail.com)

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo electrónico: [labrenes@tec.ac.cr](mailto:labrenes@tec.ac.cr)

3 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo electrónico: [maria.jimenez@tec.ac.cr](mailto:maria.jimenez@tec.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0002-9775-2545>

4 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo electrónico: [rocampos@tec.ac.cr](mailto:rocampos@tec.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0002-3912-5092>



## Palabras clave

Análisis de ciclo de vida; impacto ambiental; lechuga; agricultura orgánica; agricultura convencional.

## Resumen

Por medio de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y un Costeo de Ciclo de Vida (CCV), se evaluó y comparó los impactos ambientales y económicos potenciales de un sistema de producción de lechuga orgánico y uno convencional. Se definió como unidad funcional el kilogramo de lechuga, para un proceso productivo con límites establecidos entre la adquisición de insumos (cuna) y el transporte a la comercialización (puerta). A partir de los hallazgos se aplicó un método de decisión multicriterio conocido como Proceso de Análisis Jerárquico para priorizar factores de interés y el sistema de preferencia en el contexto en estudio. Como principales resultados se detectó que el sistema convencional presentó los mayores impactos ambientales en comparación al sistema orgánico para los indicadores de potencial de calentamiento global en un 13%, eutrofización un 85%, gases acidificantes un 62% y deterioro de la capa de ozono un 96%. En cuanto al CCV los costos fueron mayores en el sistema orgánico para las etapas de preproducción en un 45%, producción un 13% y comercialización un 32% más. Mientras, en el acondicionamiento el costo fue mayor en un 9,1% para el sistema convencional. Se concluyó que las prácticas de manejo con potencial ambiental y económico deben orientarse a aspectos como el uso eficiente del transporte, utilización de bioinsumos, reciclaje, tratamiento de aguas residuales, manejo de residuos vegetales y participación en programas ambientales, y se deja recomendado que las prácticas de disminución se centren en las etapas donde se hallaron mayores impactos y costos.

## Keywords

Life cycle analysis; environmental impact; lettuce; organic agriculture; conventional agriculture.

## Abstract

The potential environmental and economic risks of an organic and a conventional lettuce production system were evaluated and compared through a Life Cycle Analysis (LCA) and Life Cycle Cost (LCC). The kilogram of lettuce was defined as a functional unit, for a productive process with established limits between the acquisition of inputs (cradle) and transport to the commercialization (gate). Based on the findings, a multicriteria decision method known as Analytic Hierarchy Process was applied to prioritize factors of interest and the system of preference in the context under study. The main results are that the conventional system presented increased environmental impact in comparison with the organic system for indicators of global warming potential in 13%, eutrophication in 85%, acidifying gases in 62% and deterioration of the ozone layer risk in 96%. As for the LCC, the costs were higher in the organic system for the pre-production stages by 45%, production by 13% and commercialization by 32%. While in conditioning, the cost was 9,1% greater for the conventional system. It is concluded that management practices with environmental and economic potential should be oriented to

aspects such as efficient use of transport, use of bio-inputs, recycling, wastewater treatment, plant waste management and participation in environmental programs and it is recommended that practices decrease focus on the stages where the greatest impacts and costs were found.

## Introducción

La agricultura envuelve una de las principales necesidades del ser humano: no obstante, la huella ambiental que genera la actividad de producción de alimentos ocasiona grandes impactos negativos al medio ambiente según el manejo de la producción y de los recursos naturales a disposición [2]. Por medio de la presente investigación se busca garantizar modalidades de consumo y producción sostenible sustentados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente en el objetivo número 12 relacionado a la producción y consumos responsables, tomando en consideración además de que Costa Rica se comprometió a cumplir estos [4].

La producción agrícola actual en Costa Rica, en su mayoría se desarrolla en el marco de la agricultura convencional, que si bien no es la alternativa que conlleve los mejores resultados ambientales, es la práctica por tradición y facilidad en su ejecución resultando más atractiva para los productores. En el caso de la agricultura convencional se estima que cerca de 80987 productores se dedican a esta forma de producción, mientras para el caso de la actividad orgánica, cerca de 3769 productores realizan esta labor [3].

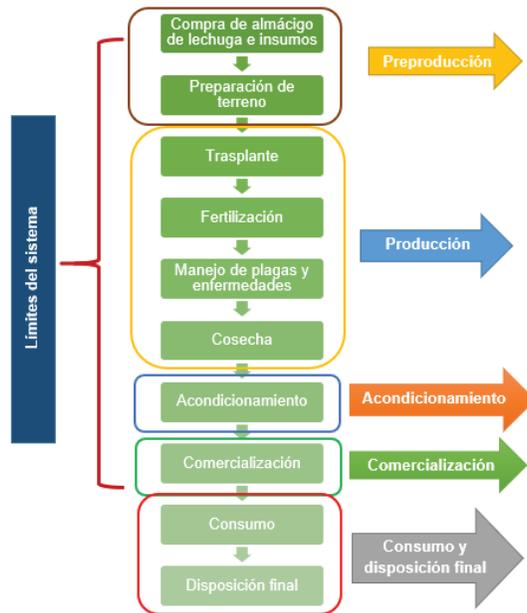
La provincia de Cartago representa la zona de mayor área sembrada (516,3 ha) y cosechada (490,8 ha) de lechuga en el país [7]. Adicionalmente según datos del Programa Integral de Mercadeo Agropecuario PIMA, esta hortaliza se coloca como parte de las 10 de mayor consumo en los hogares costarricenses [15]. Partiendo de lo anterior radica la importancia de la elección del lugar y el cultivo seleccionado para este estudio.

Una herramienta que ha probado ser útil e integral en la comprensión y búsqueda de sistemas alimentarios más sostenibles, como lo propuesto por el ODS 12 es el Pensamiento de Ciclo de vida (ACV). La ISO 14040 define el ACV como un conjunto sistemático de procedimientos para compilar y examinar las entradas y salidas de materiales, energía y los impactos ambientales asociados, directamente al funcionamiento de un producto en todo su ciclo de vida [8]. Mientras tanto el Costeo de Ciclo de Vida (CCV) busca costear los diferentes eslabones participantes del ACV.

## Materiales y Métodos

La siguiente investigación se basó en un ACV y CCV en un sistema de producción orgánico y convencional. Para el ACV se siguió lo indicado por la norma internacional de INTECO específicamente la ISO 14040:2006 (principios y marco de referencia) y 14044:2006 (requisitos y directrices), así como las reglas de categoría de producto, en este caso el CPC O12: vegetales, con el posterior tratamiento estadístico y análisis de la información, utilizando herramientas como SIMAPRO 8,5 con la base de datos de Ecoinvent v3 LCI database, infoSTAT, Excel, entre otros. En el caso del CCV se siguieron los lineamientos descritos por Hunkeler en su libro referente al costeo de ciclo de vida ambiental [5]. Así mismo, se fundamentó el proceso de toma de decisiones a partir de la aplicación de un Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) según lo descrito por Hurtado [6].

La figura 1 muestra la secuencia de operaciones y los límites que se definieron para el estudio en cuestión, los cuales se centraron desde la preproducción con la adquisición y elaboración de los insumos necesarios para la plantación hasta la entrada al proceso de comercialización.



**Figura 1.** Diagrama de flujo y límites del sistema de lechuga en las fincas en estudio.

Al finalizar el ciclo de cultivo y al medir la masa de las lechugas con el objetivo de obtener la cantidad de masa en kilogramos (unidad declarada en RCP vegetales) se calcularon los impactos ambientales potenciales por unidad declarada, considerando para ellos las siguientes categorías de impacto ambiental para vegetales: potencial de calentamiento global en dióxido de carbono equivalentes ( $\text{CO}_2$ ), emisión de gases acidificantes en dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) equivalentes, deterioro de la capa de ozono en kg CFC-11 equivalentes, emisión de sustancias al agua que contribuyen al agotamiento del oxígeno en fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) equivalentes y el deterioro de recursos abióticos en MJ. En este caso, el análisis se realizó mediante el método Recipe Midpoint H.

Las diferentes entradas y salidas que se consideraron para los sistemas de producción en las distintas etapas se presentan en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Entradas y salidas para los sistemas de producción en las diferentes etapas productivas.

Etapa	Entradas	Salidas
Preproducción	Materias primas (insumos agropecuarios, agua) Energía (transporte)	Emisiones al aire y agua Residuos
Producción	Materias primas (insumos agrícolas, bandejas de lechuga, agua) Energía (transporte de maquinaria y vehículo)	Emisiones al aire, agua y suelo Residuos (envases contenedores)
Acondicionamiento	Materias primas (bolsas de empaque, detergentes, agua, lechugas)	Emisiones al aire y agua Residuos (lechuga, desinfectantes, agua)
Comercialización	Materias primas (lechuga) Energía (transporte)	Emisiones al aire (transportes)

Respecto al análisis del costo, se trabajó igualmente con los límites establecidos para el ACV, considerándose para cada uno de estos los principales rubros de costo, como mano de obra, agua, transportes e insumos, y expresados en función del costo entre la unidad funcional establecida (\$/kg y ¢/kg de lechuga).

Dentro del grupo de métodos de decisión multicriterio, se seleccionó y se empleó el proceso analítico jerárquico creado por Thomas L. Saaty el cual se basa en comparaciones pareadas para la toma de decisiones [12], para ello se definieron tres niveles de jerarquización el primero o la meta, respecto a las prácticas de manejo con mayor potencial ambiental y económico. El segundo nivel consistió en los criterios de interés obtenidos durante el estudio de ACV y CCV, dentro de los que se destacan la productividad, costos, ingresos, e impactos ambientales, como el caso del dióxido de carbono equivalentes ( $\text{CO}_2$ ), emisión de gases acidificantes en dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) equivalentes, deterioro de recursos abióticos, así como la emisión de sustancias al agua que contribuyen al agotamiento del oxígeno en fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) equivalentes. Finalmente se creó un tercer nivel donde se colocaron las alternativas a los criterios anteriores, siendo en este caso las alternativas, la producción orgánica y convencional.

Luego se procedió a seleccionar expertos relacionados con la cadena de valor de la lechuga, los cuales calificaron la preferencia entre la combinación de los diferentes criterios, empleándose para ello una escala de comparación pareada.

Una vez definidos y calificados los criterios se ponderaron entre sí, para conocer si los mismos influían de la misma forma en el interés de la alternativa o en porcentajes distintos. Seguidamente se construyó las matrices de comparación de las alternativas entre cada criterio, para lo cual se calculó el vector propio de cada matriz, indicándose la importancia de los diferentes criterios en referencia a las alternativas.

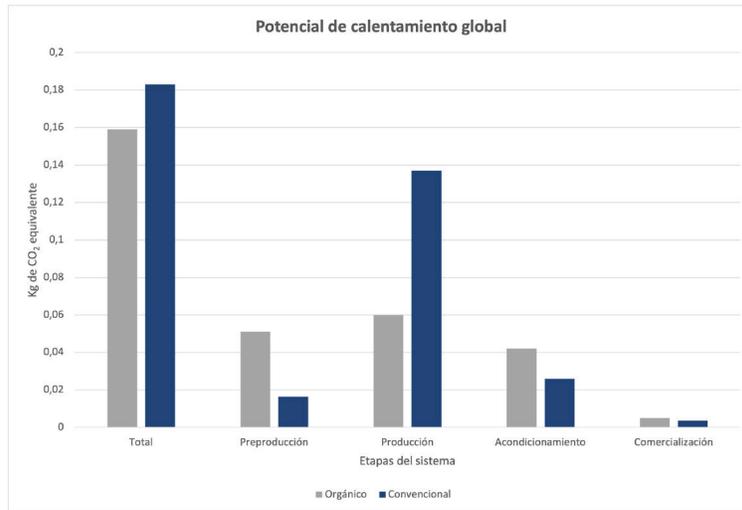
Finalmente se elaboró una matriz columna contemplando las anteriores la cual generó la ponderación o peso de las alternativas en función de todos los criterios y de su importancia. Siendo el vector columna final el que indicó el peso de cada alternativa y permitió elegir la mejor. Con base en lo anterior se realizó una selección de prácticas de manejo con potencial ambiental y económico, para que eventualmente esto de soporte a la toma de decisiones en las fincas, con aquellas que generarían los menores impactos negativos en función de los criterios de preferencia. Además, se realizó una prueba de consistencia para determinar la normalidad de los datos y la ponderación efectuada.

## Resultados y discusión

Los diferentes impactos ambientales negativos encontrados para cada uno de los sistemas de producción en estudio se detallan a continuación:

### Potencial de Calentamiento Global en $\text{CO}_2$ equivalentes

Se destaca un mayor impacto en el sistema convencional, con 0,18 kg de  $\text{CO}_2$  equivalente, en comparación al sistema orgánico, con un 0,15 kg de  $\text{CO}_2$  equivalente, siendo el principal impacto en estos sistemas la fase referente a la producción, tal como se puede observar en la figura 2.



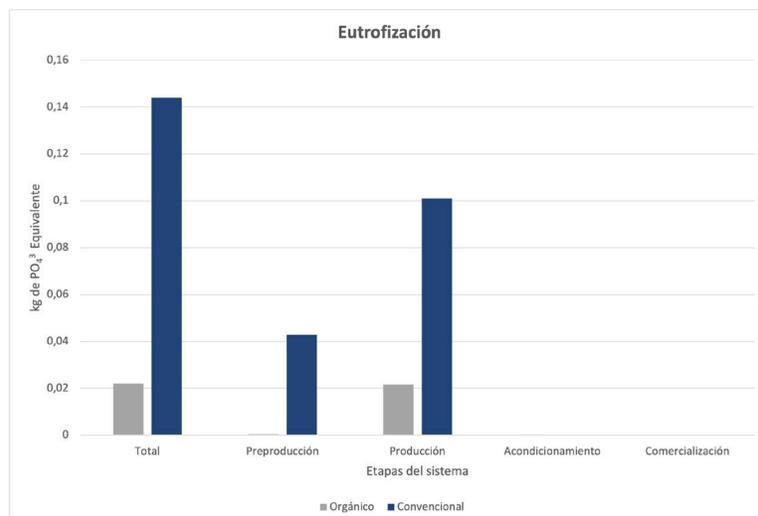
**Figura 2.** Potencial de calentamiento global para los sistemas de producción en estudio.

Los productos que más aportaron en la etapa de producción en la lechuga orgánica a este indicador ambiental son los residuos y los abonos nitrogenados. En el caso del sistema convencional los que más incidieron fueron los residuos y pesticidas, aportando en gran parte estos últimos al indicador, debido a un porcentaje más alto de concentración de nitrógeno en comparación a los abonos orgánicos.

Una evaluación de sostenibilidad para la obtención de cacao, mostró un comportamiento similar al presentado en este estudio, donde los fertilizantes y pesticidas fueron la mayor fuente del impacto ambiental negativo con aproximadamente un 90% de las emisiones [13].

### Eutrofización en kg de PO<sub>4</sub><sup>3</sup> equivalente

Al igual que en el anterior se destaca un mayor impacto en el sistema convencional en relación al orgánico, al presentarse un total de 0,14 kg de PO<sub>4</sub><sup>3</sup> equivalente en el sistema convencional con respecto al orgánico con 0,02 kg de PO<sub>4</sub><sup>3</sup> equivalente, destacándose principalmente la etapa de producción como el mayor generador de dicho impacto tal como se puede apreciar en la figura 3.



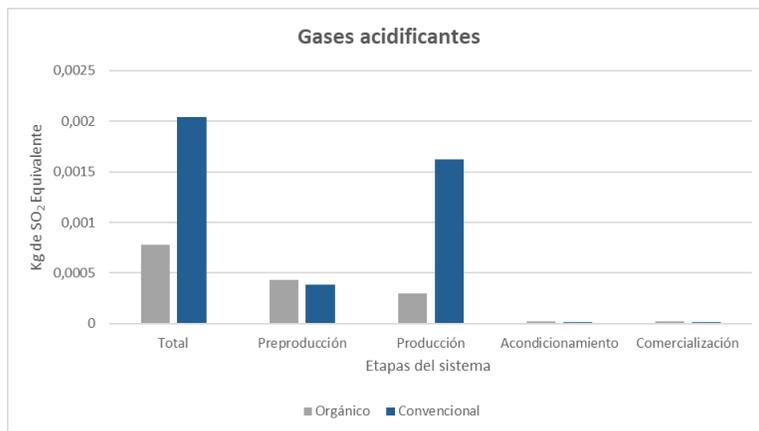
**Figura 3.** Eutrofización para los sistemas de producción en estudio.

Los productos orgánicos que más suman a este impacto son los microorganismos de montaña, Bio-tri y Serenade, mientras los convencionales a destacar son los residuos generados durante la etapa, así como los pesticidas como el Bayfolan y Orizal.

Autores como Lassaletta destacan que del nitrógeno aplicado en el campo solo es asimilado por los cultivos entre un 10 y 40%, siendo devuelto el resto a la atmósfera o exportado a los ecosistemas adyacentes generando un gran número de problemas ambientales como el caso del nitrógeno que llega a los cuerpos de agua y genera una alteración de los ecosistemas acuáticos (eutrofización), que no están adaptados a disponer de tales cantidades de un elemento que era limitante, desde este sentido la mayor cantidad de aporte del sistema convencional justamente se achaca a pesticidas con un porcentaje más alto de nitrógeno que los empleados en el sistema orgánico [9].

### Gases acidificantes en dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) equivalente

El sistema convencional mostró un mayor impacto en lo referente al potencial de acidificación expresado en dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) equivalente, donde la producción convencional contribuyó con 0,0020 kg de SO<sub>2</sub>, mientras la orgánica fue de 0,00078 kg de SO<sub>2</sub>, destacándose la mayor contribución a este indicador a la etapa referente a preproducción para el sistema orgánico y la producción para el convencional, tal como se aprecia en la figura 4.



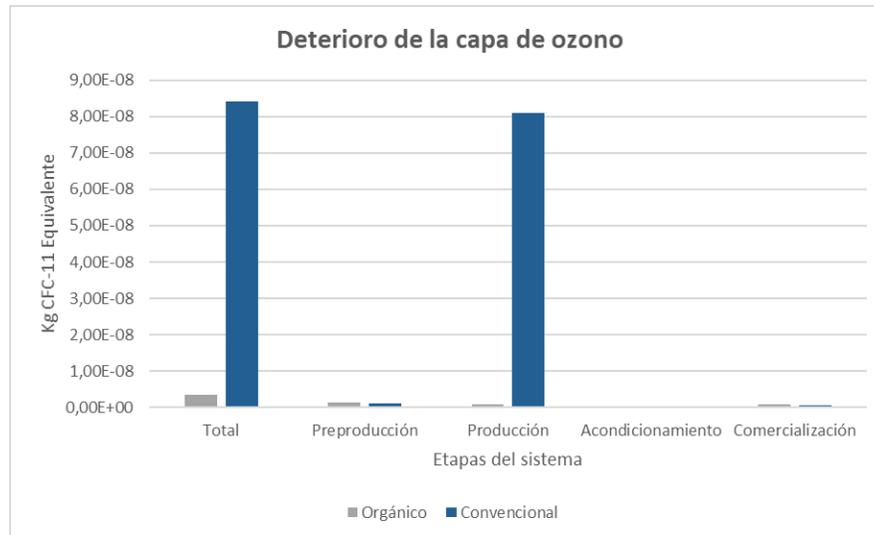
**Figura 4.** Gases acidificantes para los sistemas de producción en estudio.

En la etapa de preproducción, los productos orgánicos que más cooperaron a la producción de gases fueron el transporte para la compra de insumos agropecuarios, los residuos generados durante esta etapa y los fertilizantes fosfatados empleados en los almácigos, mientras en la etapa de producción para el sistema convencional son el Tricel, Magnesio y Bayfolan.

Según el Ministerio para la Transición Ecológica de España los contaminantes acidificantes más importantes a considerar son: el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y el amoníaco (NH<sub>3</sub>), los cuales poseen la característica de poder dispersarse y permanecer en el aire durante varios días y ser transportados a largas distancias, provocando efectos en zonas muy alejadas de su fuente de emisión, destacándose como principales emisores de estos contaminantes el transporte a partir de la generación de NO<sub>x</sub>, tal como se reflejó este impacto como de los de mayor aporte en los sistemas productivos en estudio [11].

### Deterioro de la capa de Ozono kg CFC-11 equivalente

En este se calculó la disminución de la capa de ozono debido a las emisiones antropogénicas de agotamiento, hallándose que el sistema convencional aportó un mayor impacto al presentar una cantidad de 0,0000000015 kg CFC-11 equivalente, mientras en el caso del sistema orgánico el deterioro de la capa de ozono fue de 0,0000000012 kg CFC-11 equivalente. Los principales contribuyentes, fueron la preproducción para el sistema orgánico mientras para el convencional la etapa de la producción, lo mismo se puede notar de mejor manera en la figura 5.



**Figura 5.** Deterioro de la capa de ozono para los sistemas de producción en estudio.

En la preproducción los impactos de mayor contribución a este indicador para el sistema orgánico fueron el transporte, urea y fertilizantes fosfatados. Para el sistema convencional el mayor aporte en la producción fue por parte de pesticidas.

Varios autores mencionan que los mayores aportadores al deterioro de la capa de ozono son los compuestos llamados halocarbonos y clorofluorocarbonos, los cuales son moléculas sintetizadas que al llegar a la estratósfera se pueden disociar por radiación ultravioleta liberando átomos de cloro que reaccionan con el ozono contribuyendo a la destrucción del mismo, en el caso del estudio mucho de los productos empleados en las etapas de preproducción y producción poseen compuestos de carbono, cloro y flúor que aportan a la generación de lo anteriormente descrito [1].

### Agotamiento abiótico, de combustibles fósiles en MJ de combustibles fósiles

Se midió en este caso la disminución de la disponibilidad de recursos no biológicos (no renovables) como resultado de su uso insostenible, expresados en MJ de combustibles fósiles, siendo para el caso de la agricultura convencional un total de 1,36 MJ, mientras para el sistema orgánico el impacto total fue de 0,39 MJ. Relacionando el mayor impacto en el sistema orgánico a la preproducción y para el convencional la producción, tal como se observa en la figura 6.

Los productos que más impacto ocasionaron en la etapa de preproducción para el sistema orgánico fueron el transporte, la urea y fertilizantes fosfatados. En el caso de la etapa de producción para el sistema convencional los productos de mayor impacto fueron los pesticidas.

Autores como Marín y González describen que el proceso de extracción y utilización de los combustibles fósiles es más contaminante que el de las energías renovables, siendo relevantes las altas emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en la combustión del carbón, así como los impactos de los vertidos de crudo, los cuales están directamente relacionados con el transporte de vehículos, de aquí del aporte mayoritario del transporte a este impacto en los sistemas en estudio[10].

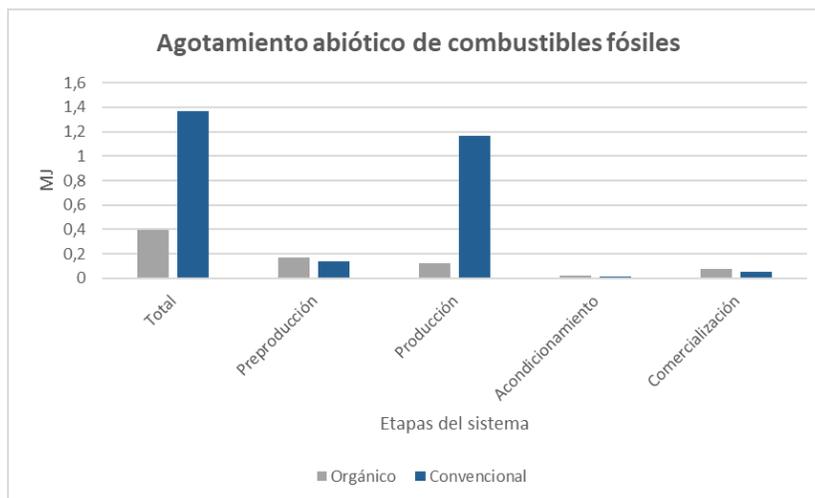


Figura 6. Agotamiento abiótico de combustibles fósiles para los sistemas de producción en estudio.

### Costeo de Ciclo de Vida

El Costeo de Ciclo de Vida mostró que el sistema orgánico presenta mayoritariamente los costos más altos, durante las etapas de preproducción, producción y comercialización, debiéndose principalmente esto a una menor productividad, así como a un mayor uso de mano de obra para actividades tales como la elaboración de abonos, biofermentos y deshierbas. En el caso del acondicionamiento, el sistema convencional presentó el mayor costo, esto ante un mayor uso de mano de obra e insumos para el proceso de empaque que no se realiza en el sistema orgánico.

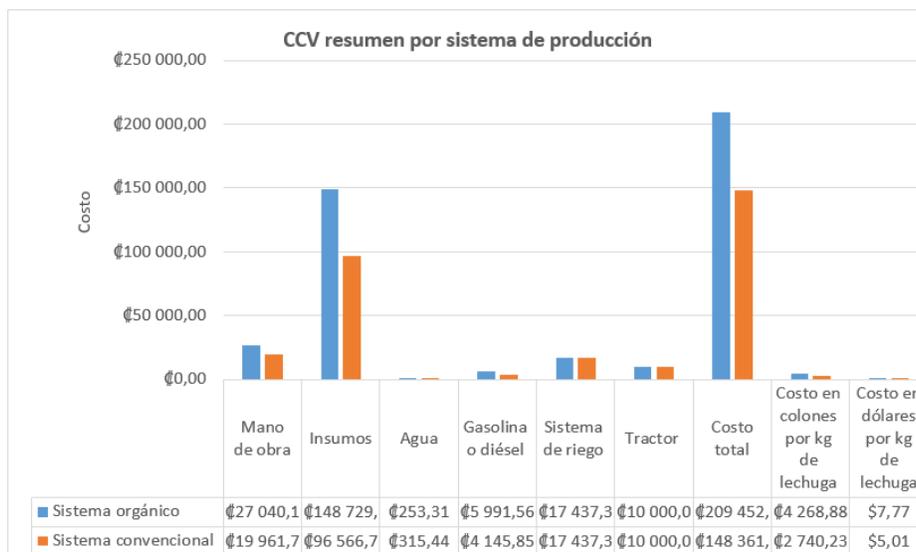


Figura 7. Resumen de costos para los sistemas de producción en estudio.

A partir de lo encontrado en la caracterización económica, según en una investigación referente a una comparación económica de un café orgánico y convencional, se encontró que el sistema de producción convencional obtuvo menores costos económicos ante la producción orgánica, además de mayores rendimientos en cuanto a productividad por hectárea [14].

### Prácticas de manejo con potencial ambiental y económico

En cuanto al Proceso de Análisis Jerárquico los cálculos de la matriz normalizada y ponderación por cada criterio seleccionado se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Matriz normalizada y ponderación de los criterios seleccionados.

Criterios	Matriz normalizada							Ponderación
Productividad (kg)	0,07	0,11	0,18	0,09	0,04	0,03	0,03	0,08
Costo	0,10	0,16	0,26	0,09	0,14	0,15	0,23	0,16
Ingreso	0,07	0,11	0,18	0,39	0,21	0,15	0,19	0,19
Potencial de calentamiento Global (CO <sub>2</sub> )	0,14	0,33	0,09	0,19	0,21	0,18	0,33	0,21
Gases acidificantes (SO <sub>2</sub> )	0,17	0,11	0,09	0,09	0,10	0,15	0,05	0,11
Eutrofización	0,17	0,08	0,09	0,08	0,05	0,07	0,04	0,08
Deterioro de recursos abióticos	0,29	0,09	0,12	0,08	0,25	0,26	0,13	0,17

A partir de los datos resultantes de las evaluaciones se encontró que los criterios que obtuvieron mayor importancia respecto a los demás, se centran en el potencial de calentamiento global con una ponderación de 0,21, el ingreso con 0,19, así como el deterioro de recursos abióticos con 0,17, tal como se aprecia en el cuadro 2.

En lo que corresponde a la priorización de las alternativas, el sistema de producción orgánico fue el mejor evaluado (69%) sobre el convencional (31%), tal como se observa en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Matriz de priorización.

Criterio /alternativa	Productividad (kg)	Costo	Ingreso	Potencial de Calentamiento Global	Gases acidificantes	Eutrofización	Deterioro de recursos abióticos	Priorización
Sistema orgánico	0,19	0,32	0,86	0,83	0,78	0,83	0,78	0,69
Sistema convencional	0,81	0,68	0,14	0,17	0,22	0,17	0,22	0,31
Ponderación	0,08	0,16	0,19	0,21	0,11	0,08	0,17	

A partir de los hallazgos encontrados con la herramienta de análisis de procesos jerárquicos, se observa que las prácticas de manejo con potencial económico y ambiental deben estar dirigidas entorno a los ingresos, el deterioro de recursos abióticos, así como el potencial de calentamiento global, además de que el sistema de producción orgánico puede ser empleado

como base para la búsqueda de dichas alternativas de manejo con potencial económico y ambiental, lo anterior puede venir sustentado a que el desarrollo de una agricultura sostenible conlleva una innovación tecnológica más comprometida con el ambiente y la optimización de los agroecosistemas.

Las posibles prácticas de manejo con potencial ambiental y económico que se proponen se centran en la utilización de biofermentos y abonos en finca para la reducción del uso de fertilizantes sintéticos, el reciclaje para la disminución de productos en vertedero, mantenimiento de equipos y vehículos para el mejor rendimiento de los mismos, conservación de la cantidad y calidad del agua, tratamiento de aguas residuales, manejo de residuos vegetales por medio de compostaje y participación en programas ambientales.

## Conclusiones

En cuanto a los impactos ambientales negativos el sistema convencional presentó niveles más altos en referencia al sistema orgánico, para los indicadores de potencial de calentamiento global, eutrofización, deterioro de la capa de ozono, agotamiento de recursos abióticos y gases acidificantes, aunándose lo anterior principalmente al uso de fertilizantes y abonos con porcentajes altos de elementos que aportan a dichos indicadores.

Las etapas para ambos sistemas de producción donde se presentan los mayores impactos son las referentes a la preproducción y producción, principalmente por el uso de fertilizantes con altos niveles de elementos como el nitrógeno de gran impacto ambiental.

A partir de la aplicación del análisis de procesos jerárquicos y la opinión de expertos se llega a la conclusión que las prácticas de manejo con potencial económico y ambiental se deben centrar en la disminución de los indicadores de potencial de calentamiento global y deterioro de recursos abióticos, buscando paralelamente aumentar los ingresos y tomando el sistema de producción orgánico como referencia para las posibles prácticas.

## Recomendaciones

En el caso del uso de bases de datos se recomienda crear una nacional que integre aspectos tales como abonos, biofermentos e ingredientes o materias primas propias del país, para generar la mayor precisión de datos a la hora del estudio.

Centrar las prácticas de manejo con potencial ambiental y económico en las etapas que se encontraron los mayores impactos, en este caso la preproducción y producción, por medio de colaboración o capacitación de profesionales o instituciones inmersas en el proceso de disminución de impactos ambientales negativos, tal como el caso del INA, MAG, INDER u otro.

Se recomienda emplear una unidad funcional que se adapte a las condiciones de mercado o venta imperantes según el producto en cuestión, esto para que el estudio refleje lo más cercano a la realidad de los productores o comerciantes.

## Referencias

- [1] BBC News Mundo . (23 de Mayo de 2019). Ozone layer: Banned CFCs traced to China say scientists. *BBC News Mundo* .
- [2] Contreras, E. (2014). *Aplicación del Análisis de ciclo de vida del producto (ACV) en la cadena productiva del cacao como estrategia de ventaja competitiva ambientalmente sostenible* . Obtenido de Universidad Piloto de Colombia : <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00001232.pdf>

- [3] El Financiero . (22 de julio de 2016). ¿Cómo son los agricultores en cada provincia de Costa Rica? Obtenido de El financiero : [https://www.elfinancierocr.com/gnfactory/ELF/GNF/2016/07/22/0001/agricultura-organiza-costa-rica-agricultores\\_19\\_998490142.html](https://www.elfinancierocr.com/gnfactory/ELF/GNF/2016/07/22/0001/agricultura-organiza-costa-rica-agricultores_19_998490142.html)
- [4] Gobierno de la República de Costa Rica. (2017). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de Gobierno de la República de Costa Rica: <http://www.ods.cr/pacto-nacional>
- [5] Hunkeler , D., Lichtenvort, K., & Rebitzer, G. (2015). *Environmental life cycle costing* . New York: SETAC.
- [6] Hurtado, G. (2013). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Obtenido de Proceso de análisis Jeárquico (AHP): [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano\\_hg/cap3.PDF](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/cap3.PDF)
- [7] Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). *Censo Nacional Agropecuario*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos: <http://www.inec.go.cr/censos/censo-agropecuario-2014>
- [8] INTECO. (2007). *Análisis de ciclo de vida*: INTE/ISO 14040: 2007. Obtenido de INTECO.
- [9] Lassaletta, L., & Rovira, J. (2011). Influencia de la agricultura industrial en el cambio global. *El Ecologista*, 23-26.
- [10] Marín , J., & Gonzáles, E. (s.f.). El futuro de los combustibles fósiles. Obtenido de Universidad Nacional de Educación a Distancia: <https://canal.uned.es/uploads/materials/resources/pdf/4/1/1319025174814.pdf>
- [11] Ministerio Para la Transición Ecológica (MITECO). (2016). *Problemática ambiental y contaminantes*. Obtenido de MITECO: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/>
- [12] Moreno, J. M. (2002). Universidad de Zaragoza. . Obtenido de El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), fundamentos, metodología y aplicaciones: <https://core.ac.uk/download/pdf/47280581.pdf>
- [13] Ortiz , O., Villamizar , R., & Rangel , J. (2014). *Applying life cycle management of colombian cocoa production*. Obtenido de Scielo : [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612014000100009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612014000100009)
- [14] Porras-Vanegas, C.; Soto, G.; De Melo, E.; Casanoves, .F; Tapia, A. Comparación de manejos orgánico y convencional de café dentro del Corredor Biológico Turrialba-Jimenez. VII Congreso SEAE Zaragoza 2006 No149. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/286451526\\_Comparacion\\_de\\_manejos\\_organico\\_y\\_convencional\\_de\\_cafe\\_dentro\\_del\\_Corredor\\_Biologico\\_Turrialba-Jimenez](https://www.researchgate.net/publication/286451526_Comparacion_de_manejos_organico_y_convencional_de_cafe_dentro_del_Corredor_Biologico_Turrialba-Jimenez)
- [15] Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA) . (Noviembre de 2016). *Análisis del consumo de frutas, hortalizas, pescado y mariscos en los hogares costarricenses*. Obtenido de Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA) : <https://mail.google.com/mail/u/0/#search/pima+analisisn/MfcgxmSfCnjdQRfsNQdgLjvjtQXRTDs?compose=CllgCJqVNfGJqXvqjRnjddtXpSPzmJclkXcVrLMfzChcJBnBzQqjBvsPrkHCQrbdftvtTBmjtlq&projector=1>