

Revisión bibliográfica de los costos ambientales asociados a las Actividades Agrícolas entre el 2015 y 2025

Alejandro Ramos Realpe

Nathalia Porras Ángel

Director:

Carlos Augusto Rincón

Universidad del Valle

Facultad de Ciencias de la Administración

Programa Académico De Contaduría Pública

Santiago De Cali

2025

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar las bases teóricas y metodológicas de los costos ambientales en el sector agrícola el periodo comprendido entre el 2015 y 2025 mediante una revisión bibliográfica cualitativa. La investigación identificó que el principal desafío es la escasa identificación y medición de estos costos en los modelos actuales. Las metodologías más relevantes halladas para abordar esta problemática son el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), la Contabilidad de Costos Sociales y la Contabilidad de Costos de Flujo de Materiales. Finalmente, los autores concluyen resaltando la importancia de la integración de estas metodologías para lograr una valoración económica más completa de los impactos agrícolas, proponiendo estrategias que combinen el ACV con el Análisis de Costos del Ciclo de Vida y la Contabilidad de Costos Verdaderos, procurando de esta forma tender hacia una contabilidad más transparente y sostenible que refleje el costo total de la producción de manera multidimensional.

Palabras clave: Costos ambientales, Contabilidad ambiental, Agricultura, Análisis de Ciclo de Vida.

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	3
Índice de tablas	5
1. Introducción	7
2. Descripción del problema	10
2.1 Antecedente del problema.....	10
2.2 Planteamiento del problema.....	13
2.3 Formulación del problema de investigación	16
2.3.1 Sistematización del problema de investigación	16
2.4 Objetivos	16
2.4.1 Objetivo General.....	16
2.4.2 Objetivos Específicos	17
3. Justificación	18
4. Marco de Referencia	21
4.1 Marco Teórico.....	21
4.2 Marco Conceptual.....	27
4.3 Marco Contextual.....	28
4.4 Marco Normativo.....	30
5. Metodología	34
5.1 Tipo de Estudio	34
5.2 Método de investigación	34
5.3 Fuentes de investigación	34
5.4 Técnicas de investigación	35
5.5 Fases de la investigación.....	35
6. Resultados.....	39
6.1 Capítulo I: Documentación de las principales teorías sobre los conceptos, características y clasificación de los costos ambientales del sector agrícola.....	39
6.2 Capítulo II: Examinación de las metodologías relevantes para la valoración de los costos ambientales en el sector agrícola.	55
6.2.1 <i>Análisis de Ciclo de vida</i>	56
6.2.2 <i>Costos sociales</i>	58
6.2.3 <i>Contabilidad de costos de flujo de materiales (CCFM)</i>	59

6.2.4 Costo de regeneración de la fertilidad del suelo	61
6.2.5 Análisis emergetico	64
6.3 Capitulo III. Proposición de lineamientos o estrategias para la gestión efectiva de los costos ambientales, orientadas a fortalecer la sostenibilidad del sector agrícola.....	70
7. Conclusiones.....	82

Índice de tablas

Tabla 1	66
Tabla 2	76

Índice de figuras

Figura 1	44
Figura 2	44
Figura 3	46
Figura 4	46
Figura 5	47
Figura 6	48
Figura 7	72

1. Introducción

La relación entre globalización y crisis ambiental se puede sintetizar en una serie de fenómenos que, en rigor, no son nuevos pero que en las últimas dos décadas se han agudizado y acelerado (Anampi, et al. 2018), en parte, esto se debe al aumento constante de las prácticas empresariales de producción y transformación de recursos, junto con una falta de conocimiento y comprensión sobre la mitigación de los impactos ambientales; frente a esta coyuntura, diversos ámbitos profesionales han integrado a su campo de conocimiento el análisis y la investigación de las problemáticas ambientales, con el objetivo de estimular el desarrollo de alternativas que busquen reducir los efectos negativos generados por las múltiples actividades empresariales en el entorno natural.

De acuerdo con Rodríguez & Rico (2017), la academia encargada del saber contable, no ha sido ajena a esta tendencia, y han alcanzado avances significativos estructurados bajo el esquema de la Contabilidad Ambiental, aportando con ello a la comprensión y reducción del daño medioambiental, facilitando opciones de medición, reconocimiento, registro del uso y generación de residuos en los recursos naturales, sin embargo, es necesario mencionar que es un nicho del conocimiento con una exploración relativamente nueva, implicando de esta forma que se generen diversos juicios, críticas y cuestionamientos que la atañen.

Siendo así, se han desarrollado propuestas con enfoques en los diferentes sectores productivos que consumen los recursos naturales, según Plasencia (2023), dentro de estos es relevante mencionar al segundo sector más contaminante en el mundo, la agricultura, que representa el 11% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Según la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), las emisiones globales debidas a la agricultura fueron de

9.300 millones de toneladas de CO₂ equivalente (CO₂eq) en años anteriores, lideradas por las emisiones de metano y óxido nitroso de las actividades agrícolas y ganaderas

Este trabajo adquiere una relevancia significativa en este contexto, pues tiene como propósito conocer cómo la contabilidad bajo el foco de los costos ambientales está aportando a la mitigación del daño medioambiental en los diferentes sectores productivos, en este caso, del sector primario, específicamente el sector agrícola.

Dado que es uno de los sectores que más contaminación genera, resulta imperativo comprender y abordar las implicaciones ambientales asociadas a este sector, siendo crucial relevancia explorar cómo la contabilidad y los costos ambientales han contribuido a este panorama encaminados sus esfuerzos hacia una gestión más efectiva y sostenible de los recursos naturales.

Para ello, se realizará una exploración bibliográfica de autores representativos que han aportado al campo de la contabilidad y los costos ambientales en el sector agrícola, en donde, se realizará una exploración documental sobre los avances y aportes que la academia ha desarrollado en este tema. En donde se logre identificar las metodologías, prácticas y avances realizados en este campo de la contabilidad.

Acorde a lo anterior, el presente trabajo se organiza en diversas secciones que permiten comprender de manera integral las metodologías y enfoques para la evaluación de los costos ambientales en el sector agrícola. En primer lugar, se contextualiza la problemática y el marco teórico, seguido de un análisis de las metodologías existentes y su aplicabilidad en diferentes contextos. Los resultados evidencian que la integración de enfoques como el análisis de ciclo de vida y la contabilidad de costos sociales facilita una valoración más completa de los impactos ambientales, permitiendo traducir estos efectos en valores

económicos comprensibles. Asimismo, se propone un conjunto de estrategias que favorecen la gestión efectiva de dichos costos.

2. Descripción del problema

2.1 Antecedente del problema

De acuerdo con el informe de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), demuestra el estado del uso excesivo de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura, las cuales han aumentado hasta llegar a una situación crítica después de haber sufrido un deterioro considerable en la última década.

En dicho informe histórico se advierte sobre el deterioro de los recursos del suelo, la tierra y el agua del planeta y las dificultades que esto significa para alimentar a una población mundial que se prevé de casi 10 000 millones de personas en 2050.

Ante esta contingencia, está claro que la seguridad alimentaria futura dependerá de la protección de los recursos de tierras, suelos y aguas. Los modelos actuales de producción agroalimentaria no están resultado sostenibles, sin embargo, la transformación de sistemas agroalimentarios puede ser decisivos para contribuir positivamente a enfrentar el cambio climático y avanzar en el desarrollo. En el informe se afirma que, si se sigue en la trayectoria actual, para producir el 50 % más de alimentos que se necesitan se podría tener que aumentar la extracción de agua destinada a la agricultura hasta un 35 %. Esto no solamente generaría desastres ambientales, sino también aumentaría la competencia por los recursos y provocar nuevos problemas y conflictos sociales.

Algunos de los principales problemas mencionados por la FAO (2021) son:

- La degradación del suelo inducida por el ser humano afecta al 34 %, esto es, 1660 millones de hectáreas, de las tierras agrícolas.
- Más del 95 % de nuestros alimentos se producen en la tierra, pero hay poco margen para

ampliar la superficie de tierra productiva

- Las zonas urbanas ocupan menos del 0,5 % de la superficie terrestre del planeta, pero el rápido crecimiento de las ciudades ha tenido una repercusión considerable en los recursos de tierras y aguas, al contaminar e invadir tierras agrícolas de buena calidad que son esenciales para la productividad y la seguridad alimentaria.
- La escasez de agua pone en peligro la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible del mundo, y amenaza a 3 200 millones de personas que viven en zonas agrícolas.

Desde el contexto de la literatura existente en Colombia los costos ambientales han tomado relevancia en los últimos años debido a la crisis ambiental que sufre nuestro planeta, dentro de la documentación recopilada se destacan investigaciones importantes como la realizada por Salazar y Montoya (2014) quienes señalan que en las empresas no hay un reconocimiento objetivo del costo total de los impactos ambientales asociados al consumo de recursos por parte de estas. Dentro de las posibles explicaciones a ello se presenta el desconocimiento de metodologías para su valoración y la ausencia de políticas estatales que regulen e incentiven su internalización y reconocimiento contable. Su trabajo deja en evidencia la postura empresarial respecto a la valoración, reconocimiento y representación de los costos ambientales en los informes financieros y contables de las compañías. Se expone la trascendencia histórica del tema a nivel mundial, las metodologías existentes para valorar este tipo de costos, su forma de cálculo, ventajas y algunas precisiones necesarias para incentivar su revelación en la contabilidad.

De acuerdo con lo anterior, es esencial que las organizaciones registren y controlen los efectos medioambientales de sus actividades económicas, lo que les permitirá tomar decisiones encaminadas a reducir la degradación del medio ambiente y, al mismo tiempo,

minimizar los costos y gastos medioambientales sin comprometer sus beneficios.

Por otra parte, los autores Arámbulo, et al. (2020), mencionan como los costos de producción agrícola tienen características que intervienen en cada proceso y dependen del tipo de cultivo de cada ciclo. El perfeccionamiento de los procedimientos de cultivo permite planificar de forma más eficiente los costos ambientales, tomando en cuenta sucesos imprevistos en escenarios de riesgo. Por lo tanto, el objetivo de la investigación consistió en establecer el tratamiento contable de los costos ambientales para los productores bananeros del cantón. Con el fin de valorar el tipo de costos vinculados al medioambiente, se utilizó una metodología no experimental descriptiva de corte transversal. Los resultados evidenciaron que en la mayoría de las pequeñas empresas del sector no se aplican técnicas de cuidado ambiental y que quienes sí lo hacen no emplean un tratamiento contable adecuado de los costos.

Finalmente, Oña (2024) proporciona una revisión de las prácticas y desafíos en la contabilidad de costos en empresas agrícolas, utilizando métodos de revisión sistemática de la literatura para identificar, describir y analizar 40 artículos empíricos publicados entre 2016 y 2023 que abordan la gestión de la contabilidad de costos en empresas agrícolas. De lo que concluye que, aunque se han investigado casi todos los tipos y tamaños de empresas agrícolas, la literatura carece en gran medida de explicaciones teóricas sólidas. Además, la práctica de la gestión de contabilidad de costos en estas empresas está influenciada principalmente por intereses personales, políticas gubernamentales, las presiones del mercado, las tecnologías y factores naturales como las estaciones y el clima. Adicional a esto, expone una falta de teorías explícitas que respalden los resultados empíricos, lo que limita la comprensión completa de cómo y por qué se implementan ciertas prácticas de

contabilidad de costos en el sector agrícola.

De este último documento, es importante señalar que, en el desarrollo de este, que no se evidencia de manera clara el proceso desarrollado en la revisión bibliométrica y en la documentación utilizada se encuentran referencias que no se ciñen a los parámetros de segmentación de la información expuestos por la autora, Esta situación podría afectar la robustez de las conclusiones presentadas, ya que, en algunos casos, los argumentos que las respaldan podrían beneficiarse de una fundamentación más sólida.

2.2 Planteamiento del problema

De acuerdo con Cortes (2019) debido a la reciente tendencia global hacia la preservación del medio ambiente, son muchas las empresas que se enfrentan a la comprensión e identificación de un nuevo enfoque de costos denominados “costos medioambientales”. Con este cambio se destaca que la protección del medio ambiente es un componente esencial de la competitividad. Para abordar estos costos con eficacia, las organizaciones deben incorporar a su planificación estratégica y operativa correspondiente un programa de gestión medioambiental adecuado. Estos procesos deben ajustarse a los objetivos medioambientales de la empresa para garantizar el reconocimiento y la medición de los costos ambientales, con el fin de cumplir con la normativa medioambiental y fomentar la sostenibilidad y la eficiencia de los recursos (Castillo, et al., 2020).

Los ecosistemas y la biodiversidad resultan muy alterados por la contaminación ambiental provocada por las prácticas agrícolas. Las actividades agrícolas tienen efectos directos como la deforestación, la contaminación del suelo y las emisiones de gases de efecto invernadero. El impacto negativo de estas prácticas sobre el aire, el suelo y los recursos hídricos puede provocar el deterioro de los ecosistemas.

En Colombia, según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR 2022), en el plan de acciones y estrategias para el año 2022, informa que la situación se agrava por factores como la expansión desordenada de la frontera agrícola, la debilidad en el cumplimiento de normativas ambientales, la escasa implementación de incentivos para la agricultura sostenible y la ausencia de sistemas integrales de monitoreo ambiental en zonas rurales. Todo esto contribuye a una creciente presión sobre los recursos naturales y limita la sostenibilidad a largo plazo del sector agrícola.

Así mismo, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) también son un gran problema para la industria agrícola. La agricultura contribuye fuertemente a las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente a través de la ganadería y el uso de fertilizantes. Estas emisiones son causantes del cambio climático, teniendo un impacto en los patrones climáticos y los ecosistemas naturales, así como en costos económicos y sociales a largo plazo (Chuquitarco, 2024).

El sector agrícola, debido al uso de fertilizantes, agrotóxicos, semillas y uso desmedido de suelos es responsable del entre 11 y 15% de la emisión de gases de efecto invernadero, adicional a este porcentaje se le atribuye dentro del sistema integral del proceso agrícola otros factores de contaminantes como la deforestación, donde la expansión de la frontera agrícola se responsabiliza de cerca de 18% de las emisiones de GEI, de igual forma sucede con el transporte, donde se reconoce que cerca del 6% corresponde a una utilización de este factor como parte del proceso logístico de la agricultura; por último, dentro de las actividades de procesamiento, refrigeración y disposición final de productos se le responsabiliza de un 15 a 20% de las emisiones, lo que evidencia que una revisión integral de las emisiones de gases de efecto invernadero en el proceso del sector agrícola lo hace

responsable de 44 y 57% de las emisiones (Ribeiro, 2012).

De esta manera, para Arámbulo, la gestión de los costos medioambientales en el sector agrícola es cada vez más importante, no sólo por razones de sostenibilidad, sino también por sus repercusiones económicas. Gran parte de la degradación medioambiental en Colombia procede de actividades agrícolas. Esto no solo contribuye al cambio climático, sino que también aumenta el riesgo financiero de las empresas debido a impuestos y normativas medioambientales más exigentes. En efecto, las empresas que adopten prácticas sostenibles obtienen información mucho más acertada en términos de los costos de producción al distinguir de ellos los costos ambientales lo que les permite hacer evaluaciones integrales para buscar la continuidad operativa, y así mismo, analizar los riesgos u omisiones en términos normativos y ambientales (2020).

Salazar y Montoya (2014), Arámbulo (2020) y Castillo (2020) plantean que la identificación y clasificación de los costos ambientales permite evaluar y tomar decisiones propias para la reducción de costos, maximización de beneficios, disminución de riesgos económicos y ambientales, establecimiento de políticas, entre otras. Para ello es indispensable buscar y compilar los avances que la contabilidad de gestión ha realizado en términos de costos ambientales en el sector agrícola, de esta manera se puede observar cuáles son los marcos teóricos y metodológicos con los que se está abordando el problema de medición y revelación de los efectos ambientales de las empresas, llegando a comprender el alcance de la contabilidad de la investigación y la aplicación contable y normativa en temas ambientales, así como revisar la implementación de estas metodologías, la consolidación de conocimientos, facilitando la comparación y promoviendo la adopción de prácticas más efectivas y atractivas a las empresas.

En síntesis, la revisión permitió evidenciar que uno de los problemas centrales reside en la escasa identificación, medición e incorporación de los costos ambientales asociados a las actividades agroindustriales en los modelos de desarrollo rural y agrícola, además se evidencia un rezago tanto a nivel global como nacional de publicaciones que traten sobre revisiones bibliográficas. Estas limitaciones afectan la sostenibilidad ambiental, económica y social del sector, al tiempo que dificulta la aplicación de mecanismos efectivos de control, y limita la transición hacia sistemas agrícolas más responsables y comprometidas con el medio ambiente.

2.3 Formulación del problema de investigación

¿Cuáles son las bases teóricas y metodológicas utilizadas para analizar los costos ambientales en el sector agrícola?

2.3.1 Sistematización del problema de investigación

- ¿Cuáles teorías son las principales sobre los conceptos, características y clasificación de los costos ambientales del sector agrícola?
- ¿Qué metodologías existen para la identificación y cuantificación de los costos ambientales en el sector agrícola?
- ¿Qué estrategias pueden implementarse para mejorar la gestión de los costos ambientales y fomentar prácticas agrícolas sostenibles?

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

- Analizar las bases teóricas y metodológicas de los costos ambientales en el sector agrícola comprendidas entre el 2015 y 2025.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Documentar las principales teorías sobre los conceptos, características y clasificación de los costos ambientales del sector agrícola.
- Examinar las metodologías más relevantes para la valoración de los costos ambientales en el sector agrícola.
- Proponer lineamientos o estrategias para la gestión efectiva de los costos ambientales, orientadas a fortalecer la sostenibilidad del sector agrícola.

3. Justificación

El presente estudio se justifica en la necesidad de indagar en la comprensión del impacto que ejerce los costos ambientales asociados a las actividades industriales principalmente en el sector agrícola, como una herramienta que estimule habilidades más responsables de los autores que intervienen con el medio ambiente.

Para Riera et al. (2005) la economía y el medio ambiente son elementos mutuamente dependientes, en primer lugar, el medio ambiente constituye la fuente primaria de los recursos naturales necesarios para el proceso productivo, proporcionando materias primas esenciales para diversos sectores, incluidos el industrial y el agrícola. En segundo lugar, los servicios ecosistémicos, como el aire limpio y el espacio para el ocio, son fundamentales para el bienestar físico y mental de la población. En tercer lugar, el medio ambiente recibe los desechos y residuos producidos en las actividades de producción y consumo, los cuales, si no se gestionan adecuadamente, pueden causar la decadencia del medio ambiente y tener un impacto negativo en los ecosistemas y en la salud humana. En esencia, la economía requiere de los recursos naturales para sus procesos de desarrollo, y a su vez las condiciones y utilización de estos recursos depende del desarrollo económico.

Por lo que, se pretende identificar cómo los costos ambientales no estimados por las organizaciones afectan la viabilidad económica en las organizaciones especialmente del sector agrícola. Las cuales se identifican como la pérdida de fertilidad del suelo que implica un incremento en los costos en insumos, la contaminación del agua que implica tratamientos altamente costosos en su purificación, y la pérdida de biodiversidad que reduce la permanencia de los sistemas agrícolas ante plagas y enfermedades, afectando la productividad y la rentabilidad especialmente de este sector.

En Colombia, como es sabido, el sector agrícola desempeña un compromiso estratégico para el desarrollo del país, por lo que de acuerdo con la FAO (2018) este sector debe hacer uso adecuado del suelo, garantizar la protección de la fauna y flora y la conservación del medio ambiente, sin embargo, este sector se ve afectado negativamente por la falta de medición y gestión de los costos ambientales en las organizaciones que ejercen producción agrícola, para estos productores les representa una limitante la adopción de prácticas sostenibles ya sea por desconocimiento o por la ineficiente aplicación de las políticas gubernamentales, así mismo el Gobierno nacional también se encuentra restringido en la capacidad para desarrollar políticas claras y eficientes, ya sean por factores políticos, económicos o sociales que a través de los años afectan la nación y su desarrollo.

A nivel global, esta problemática se agudiza debido los desafíos del cambio climático, la seguridad alimentaria y el deterioro de los recursos naturales, por lo tanto, se hace necesario y de manera prioritaria, proponer modelos agrícolas sostenibles que contrarresten la destrucción del medio ambiente y garantice la producción de alimentos de manera responsable. Las actividades agrícolas, aunque fundamentales para el sustento humano y la economía de cualquier país, están generando impactos ambientales cada vez más negativos y de alto costo, que, en la mayoría de los casos, no son tenidos en cuenta por los agentes productivos, sino que finalmente recaen sobre la sociedad y los ecosistemas.

En la evaluación y gestión de los costos medioambientales, la labor del contable y de la profesión contable en general es de vital importancia. En efecto, es importante que los expertos contables participen activamente en la identificación de los costos medioambientales y en la propuesta de medidas para reducir sus efectos. Esto implica no sólo registrar e informar correctamente sobre estos costos, sino también proporcionar información

que permita a los gestores tomar decisiones informadas que promuevan la sostenibilidad a largo plazo.

4. Marco de Referencia

En esta sección se presentan los aspectos relacionados a las teorías y conceptos relacionados con costos ambientales, así como la normatividad vigente en Colombia lo cual se presenta a continuación.

4.1 Marco Teórico

Para realizar una revisión de la bibliografía que se ha desarrollado en torno al tema de los costos ambientales y el sector agrícola, es necesario comprender la relación entre la actividad económica y el entorno natural. Para ello, a continuación, se exponen algunas de las perspectivas que los autores plantean y que se completan para lograr señalar la necesidad de abordar esta relación de manera multidimensional, desde la **teoría de la sostenibilidad** se expone que, para garantizar el bienestar presente y futuro, es necesaria la consecución de un equilibrio entre lo social, económico y ambiental. De igual forma, la **teoría del desarrollo sostenible** refuerza esta visión al precisar que el crecimiento debe satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. Por otro lado, la **teoría de las externalidades** sostiene que las actividades productivas generan efectos indirectos, que no se reflejan en los precios de mercado y que terminan afectando a la sociedad y al medio ambiente. Finalmente, la **teoría de la contabilidad medioambiental** aporta herramientas conceptuales y metodológicas necesarias para reconocer, medir y exponer dichos impactos, posibilitando que las empresas gestionen de manera más eficiente y responsable sus impactos sobre el entorno.

Con el tiempo, la importancia de la contabilidad y de los costos relacionados con el medio ambiente ha ido creciendo. La contabilidad, desde un enfoque que combina diferentes disciplinas, permite vincular distintas áreas de estudio, especialmente en lo que respecta a la

protección y conservación del medio ambiente. En este documento, se explican varias teorías sobre la contabilidad general, la contabilidad medioambiental y los costos asociados a cuidar y preservar el medio ambiente. Por ejemplo, **la Teoría de la Sostenibilidad**, según De la Rosa Leal, Vega Campos y Hernández García (2018), implica la conjunción de conductas y disposiciones para el cuidado de los recursos naturales y socioculturales en las esferas social, ambiental y económica, con un sentido soportable, viable y equitativo. En una comprensión de factores físicos y programas de intervención, ejerciendo una propuesta colectiva para el bienestar presente y futuro de la humanidad"

A su vez, "El Desarrollo Sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (CMMAD, (1987), p. 67).

Esta definición subraya la importancia de encontrar un equilibrio entre el crecimiento económico, la equidad social y la protección ambiental para garantizar un futuro sostenible para todos. En términos de crecimiento económico, debería implicar la satisfacción de las necesidades básicas, enfoque del desarrollo que han establecido la mayoría de las organizaciones, sin embargo, el matiz diferenciador que muchas de estas no han tomado en cuenta es el consumo consciente de los recursos naturales finitos, garantizando la existencia de estos recursos para próximas generaciones. En ese mismo sentido, la dimensión social del desarrollo sostenible implica la integración de todas las personas en los procesos de desarrollo remarcando la interacción en términos de equidad y justicia social, por último, la dimensión ambiental propone una gestión de los recursos eficientes donde los recursos deben gestionarse garantizando la continuidad de estos en el tiempo y la búsqueda de la mitigación de los efectos negativos de esta gestión en dichos recursos.

Es importante resaltar que, según, Ospina y Correa (2017) se refieren a la estructura de capital vista como un sistema cerrado, que ha limitado la comprensión de los impactos ambientales, considerándolos externalidades a las actividades de las empresas, donde se subraya la necesidad de buscar alternativas para "internalizar las externalidades", de modo que las empresas puedan volverse más sustentables. La idea de que toda actividad económica tiene impactos ambientales resuena con la teoría económica neoclásica, donde surge **la teoría de las externalidades**, como lo menciona Troche (2019) las externalidades deben ser entendidas como efectos indirectos que producen las decisiones de consumo, producción o inversión de los agentes económicos sobre terceros ajenos a dicha decisión. Estos efectos, beneficiosos o perjudiciales, no quedan incorporados en los precios de mercado, lo que genera situaciones de ventaja gratuita o de costos no compensados.

Estas externalidades negativas, lejos de ser simplemente fallos del mercado, representan un éxito provisional en la transferencia de costos socioambientales a otros grupos poblacionales, países, ecosistemas y generaciones futuras. En este sentido, se pueden considerar como obligaciones no cubiertas, o pasivos ambientales. (Ospina, et al. 2017)

Estos efectos pueden alterar significativamente los indicadores de rentabilidad de las empresas, llegando a provocar pérdidas si son demasiado altos. Por lo tanto, el reconocimiento de los pasivos ambientales en las estructuras de capital es una forma técnica de internalizar las externalidades negativas generadas por la industria que podría contribuir a que las empresas fueran más sustentables. (Ospina, et al. 2017)

La detección y evaluación de los costos ambientales relacionados con las actividades productivas es un componente crucial de la gestión ambiental. Por ejemplo, en la agricultura, prácticas comunes como el uso de abonos pueden causar costos ambientales significativos

porque contaminan el suelo y las aguas. Los efectos ambientales que las empresas generan y que no se reflejan debido a su falta de valoración en el mercado se consideran externalidades ambientales. Según Cafferla (2001) la externalidad se presenta cuando un hecho u actuación de un agente genera consecuencias en el bienestar o nivel de producción de otro, sin que exista una compensación a través de la cual los efectos sean subsanados en su totalidad, estas externalidades no se incluyen en la contabilidad de las organizaciones porque no tienen un valor económico específico, quedando por lo tanto fuera de los informes financieros. Sin embargo, muchas empresas proactivas están cada vez más interesadas en apoyar la protección y conservación del entorno natural. Por ello, es importante para estas organizaciones emitir un reporte contable que contemple estas externalidades ambientales, para que los directivos cuenten con información integral que les permita tomar decisiones adecuadas y oportunas en beneficio del medio ambiente (Sinforoso, et. al, 2019).

En cuanto a disciplina, la contabilidad no se limita a registrar las transacciones económicas, sino que también proporciona herramientas útiles para la gestión medioambiental. Para Fernández (2004), **la teoría de contabilidad medioambiental** tiene como objeto las relaciones entre una entidad y su medio ambiente, por tanto, incluye un conjunto de sistemas y metodologías destinados a medir, evaluar y comunicar el comportamiento medioambiental de una empresa. Puede aplicarse en este ámbito el aporte de la Teoría de los Recursos y las Capacidades que sostiene que las organizaciones potencialicen sus habilidades y establezcan una estrategia corporativa en lo que mejor saben hacer para responder al mercado, utilizando un plan de interacción entre la planta, equipo, aptitud del personal y aprendizaje colectivo de rutinas y hábitos organizativos formales e informales (Rosa, 2021).

Con esta disciplina se aspira a mejorar la ecoeficiencia organizativa integrando la información fiscal y monetaria, lo que permite a las empresas no sólo cumplir la normatividad medioambiental, sino también mejorar su imagen corporativa y sus relaciones con la comunidad y otras partes interesadas.

Desde un punto de vista práctico, el sistema de contabilidad medioambiental debe tener en cuenta tanto las normas y políticas internas de la empresa como la normativa medioambiental vigente en el entorno operativo. En la teoría de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC). Se sostiene la idea de que las empresas tienen una obligación de hacer el bien a la sociedad, más allá de contribuir con dinero u otras actividades filantrópicas (Lizcano, et. al., 2018).

Por último, para reducir la contaminación y promover un uso más eficiente de los recursos es esencial gestionar adecuadamente las externalidades, estas se presentan cuando el desarrollo de una actividad por un grupo de personas impacta a otro, y esto no fue tomado en consideración por parte del primer grupo (Alberto y Tinoco, 2005). En este sentido, el valor de la gestión medioambiental en una sociedad post industrializada, enfrentada a un entorno tecnológico, es importante tener en cuenta que la planificación no programada de la evolución de este entorno conlleva efectos negativos, con consecuencias de segundo o tercer orden que a menudo se pasa por alto y no se esperan. Esto se debe a que la economía contempla a los recursos naturales como bienes de acceso común desprovisto de un precio que regule su utilización, debido a esto, no se integran con una valoración real dentro de los costos de los procesos productivos (Rodríguez, et al., 2014).

Entre los costos de control medioambiental se incluyen todas las actividades que una organización lleva a cabo para garantizar que sus productos, procesos y otras actividades

cumplen las normas medioambientales establecidas. Estos costos incluyen el seguimiento continuo de normativas, como leyes gubernamentales, normas internacionales como ISO 14000, sobre la gestión ambiental, y políticas medioambientales internas de la empresa. El control medioambiental es esencial para prevenir y minimizar el impacto medioambiental garantizando que las operaciones empresariales cumplen las mejores prácticas y normativas vigentes, las medidas de control desarrolladas por las organizaciones están asociadas a actividades de clasificación, procesamiento y valoración de productos no deseados o desechos que indefectiblemente generados en el proceso productivo (Atapuzar et al., 2018).

Finalmente, para reducir el impacto ambiental, la política de prevención y mitigación de la contaminación debe ser el enfoque principal. Es fundamental que las empresas adopten procesos y tecnologías que minimicen la generación de residuos y contaminantes desde el principio, en lugar de pagar multas después de que se ha producido la contaminación. (Galván y Reyes, 2009)

A partir de las teorías mencionadas, se logra evidenciar la importancia de analizar las prácticas agrícolas no solamente desde una lógica tradicional, sino que es indispensable comprenderlas desde una perspectiva multidimensional que integre costos ambientales, sociales y económicos, visibilizando los impactos generados por la agricultura, una actividad necesaria pero que debe comprometerse con la preservación de los recursos para el futuro. En la medida que la contabilidad aporte herramientas que internalicen las externalidades y se reconozcan los costos ocultos, las organizaciones pueden potencializar su capacidad de implementar estrategias que fortalezcan la sostenibilidad y competitividad del sector agrícola.

4.2 Marco Conceptual

El análisis de los costos medioambientales relacionados con el sector agrícola requiere comprender a fondo diversos conceptos importantes de contabilidad y gestión medioambiental.

- Medio Ambiente: Los seres desarrollan su vida en un espacio físico rodeado por otros organismos y el medio físico y socioeconómico. Los factores bióticos y abióticos interaccionan entre sí generando un lugar propio y dicho espacio se denomina ambiente. Medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas (Marino, 2011).
- Contaminación Ambiental: La contaminación es la alteración del entorno negativa causada por las actividades humanas, como la construcción, la gestión de desechos, el uso de vehículos, la agricultura y la deforestación. Entonces, se puede considerar a un contaminante como todo agente, físico, químico o biológico que produce alteraciones en los equilibrios establecidos en y entre los compartimentos ambientales o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos (Marino, 2011).
- Contabilidad Ambiental: Es una rama de la contabilidad que complementa a la contabilidad financiera ya que a través de ella se pueden informar impactos ambientales medidos en unidades monetarias y no monetarias. así como el

reconocimiento y la búsqueda con el fin de mitigar los efectos ambientales negativos de la práctica contable convencional, la tipificación de los costos y los ingresos relacionados con el ambiente, dentro de los sistemas contables y la identificación, el examen y la búsqueda de áreas en las cuales el criterio financiero y el criterio ambiental estén en conflicto y rectificar (Fuentes, 2022).

- **Costos Ambientales:** Los costos ambientales son los originados por las medidas adoptadas por una empresa, o por otra en nombre de ésta, para prevenir, reducir o reparar daños al medio ambiente que resulten de sus actividades ordinarias o para la conservación de sus recursos renovables o no renovables (Cañibano, 2000).
- **Sostenibilidad Empresarial:** La sostenibilidad empresarial es aquella que genera valor económico, ambiental y social a mediano y largo plazo, contribuyendo de esa forma al aumento del bienestar y al auténtico progreso de las generaciones presentes y futuras, en su entorno general (Uribe, et al. 2018).
- **Agricultura sostenible:** Para ser sostenible, la agricultura debe satisfacer las necesidades alimentarias de las generaciones presentes y futuras, y al mismo tiempo garantizar la rentabilidad, la salud ambiental, y la equidad social y económica. La alimentación y la agricultura sostenibles contribuyen a los cuatro pilares de la seguridad alimentaria, la disponibilidad, el acceso, la utilización y la estabilidad y a las tres dimensiones de la sostenibilidad ambiental, social y económica (FAO, 2021)

4.3 Marco Contextual

Ante la reciente preocupación por los efectos medioambientales de las actividades empresariales, según Vicuña, et. al., la contabilidad medioambiental ha cobrado importancia en el mundo actual. Este apartado integra datos medioambientales y financieros para medir,

evaluar y notificar los efectos medioambientales de las operaciones de una empresa. Las empresas pueden gestionar sus costos relacionados con la contaminación y la degradación ambiental con la contabilidad ambiental, que les permite no sólo cumplir la normativa vigente, sino también mejorar su eficiencia operativa y su responsabilidad social. Los costos medioambientales, desde la prevención y detección hasta los fallos internos y externos, así como la implantación de sistemas de gestión, son conceptos clave en este campo (2020).

Las empresas deben adaptarse a un entorno en el que la gestión ambiental se ha convertido en un componente esencial de la estrategia corporativa en el marco de la sostenibilidad empresarial. La sostenibilidad empresarial busca equilibrar el desarrollo económico, el medio ambiente y el bienestar social. Las empresas que implementan prácticas sostenibles no solo tienen como objetivo la generación de beneficios económicos, sino reducir su impacto negativo en el entorno, administrar eficientemente los recursos naturales y fomentar el desarrollo social en sus comunidades. Esta incorporación de elementos ambientales en la estrategia comercial no solo cumple con las expectativas regulatorias y sociales, sino que también puede brindar ventajas competitivas importantes, como una mejora en la reputación, información integral que potencialmente implica eficiencia operativa (Vicuña, et al., 2020).

Finalmente, la identificación de los costos ambientales establece un marco para identificar y gestionar los diversos costos asociados a la protección y mejora del medio ambiente, pues posibilita la estimación de un valor del impacto ambiental haciendo uso de diversos métodos, la aplicación de estos va a depender de las características de los recursos naturales que se afecten y la población que se ve impactada. El uso de estos costos como una herramienta económica posibilita la gestión sostenible de los recursos naturales, además

permite evaluar las estrategias que se implementen en términos de protección, conservación y explotación de dichos recursos (Osorio, 2004).

4.4 Marco Normativo

De acuerdo con información proporcionada por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible en Colombia, la sostenibilidad ha tomado relevancia dado el crecimiento de las problemáticas ambientales y sociales, como por una mayor conciencia ambiental de las nuevas generaciones por el medio ambiente, la sociedad y el ámbito empresarial (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2022).

Esta preocupación, no ha sido ajena a la realidad del país y desde la Constitución Política ha establecido que el desarrollo económico del país vaya de la mano con el desarrollo sostenible, otorgándole una importancia fundamental al tema ambiental, reconociendo la responsabilidad compartida del estado y de la ciudadanía en la búsqueda de la protección del patrimonio natural y cultural, y también de la gestión adecuada de los recursos, donde se prima la conservación del medio ambiente, buscando la prevención del deterioro y asegurar un aprovechamiento responsable ((Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022, párr. 4)

Bajo este mismo enfoque, la Ley 99 de 1993 que creó el Ministerio del Medio Ambiente y re ordenó el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente, establece que la protección y la recuperación del entorno debe ser una tarea colectiva, que requiere una articulación entre el estado la sociedad, y entidades no gubernamentales y el sector privado, así mismo, se le otorga al Ministerio la responsabilidad de definir lineamientos ambientales que deben integrarse en las políticas sectoriales y la planificación de las demás entidades del gobierno.

Siendo así, el gobierno nacional ha impulsado políticas ambientales orientadas a fomentar un crecimiento sostenible, en el que incorpora criterios ambientales en sectores estratégicos, priorizando la atención a los problemas que más afectan las poblaciones vulnerables, siempre desde la visión de la participación ciudadana activa.

Así, Colombia ha demostrado un avance en la implementación de políticas y acciones, tanto nacionales como internacionales, que buscan contribuir a un desarrollo sostenible a través de sinergias intersectoriales y con la perspectiva de equilibrar las llamadas agenda verde (conservación ambiental) y agenda gris (infraestructura y desarrollo urbano).

De igual manera, en Colombia las empresas certificadas bajo la norma NTC ISO 14001; 2015 especifican el proceso cíclico en el cual se planifican, implementan, revisan y mejoran los procedimientos y acciones realizados dentro de una organización para llevar a cabo sus actividades mientras se garantiza el cumplimiento de la política ambiental, metas, objetivos y la legislación ambiental aplicable, entre otros aspectos.

Dentro del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT), el Sistema de Gestión Ambiental constituye la parte del Modelo Integrado de Planeación y Gestión – MIPG que se encarga de desarrollar e implementar la política ambiental, la cual se basa en la prevención de la contaminación y la mejora continua del comportamiento ambiental.

Así mismo, se han publicado la NIIF S1 y NIIF S2 que son estándares internacionales de divulgación sobre la sostenibilidad y el clima. Por una parte, la NIIF S1 establece los requerimientos generales respecto a sostenibilidad relacionada con la información financiera a ser revelada por las empresas con la finalidad de proporcionar a los usuarios principales información útil para tomar decisiones referentes al suministro de recursos a la entidad.

(Inga, et al. 2023)

Por otra parte, la NIIF S2 establece los requerimientos para identificar, medir y revelar los riesgos y oportunidades sobre el clima y las revelaciones que las empresas deben divulgar respecto a su impacto ambiental a corto, mediano y largo plazo (Inga, et al. 2023).

Siendo así, la NIIF S1 proporciona los requisitos básicos para las divulgaciones sobre la sostenibilidad de la empresa, que deben usarse con la NIIF S2, por lo que el fin de los dos estándares es ser aplicados juntos.

Por otra parte, la permanencia en el mercado, el fortalecimiento y beneficio empresarial, son consecuencia de las actividades organizacionales que llevan a cabo las empresas en relación con su responsabilidad social, como resultado de la gestión estratégica en la cultura de la RSE, dado que los grupos de interés cada vez más exigen dar cuenta de ello (Rodríguez, et al. 2016).

En este mismo sentido, a nivel empresarial existen varias metodologías para hacer evaluación de las dimensiones de la sostenibilidad, no obstante, la más aceptada a nivel internacional es la suministrada por el Global Reporting Initiative (GRI).

En aras de proporcionar a las organizaciones un marco - guía que garantice transparencia en la información reportada, está claramente definido en dicha metodología que las empresas para elaborar su respectiva memoria de sostenibilidad deben guiarse por unos principios rectores tanto en contenido como en calidad.

De igual manera, la definición en cuanto a contenido y alcance. El propósito de la metodología GRI es contribuir a que la información divulgada por las empresas sobre los aspectos económicos, sociales y ambientales conformen criterios homogéneos fácilmente comparables, es decir, ayuda a las empresas, gobiernos y otras organizaciones a entender y comunicar a sus respectivos grupos de interés, el impacto que dichas organizaciones tienen

en temas de sostenibilidad como cambio climático, derechos humanos, corrupción, entre otros (Rodríguez, et al, 2016).

5. Metodología

5.1 Tipo de Estudio

A través de un enfoque exploratorio y una metodología de carácter cualitativo se llevó a cabo una revisión bibliográfica de la literatura contable enfocada en las bases teóricas y metodológicas relacionadas con los costos ambientales asociados a las actividades agrícolas. Esta revisión de tipo descriptivo y analítico tuvo como objetivo evaluar enfoques, modelos y marcos conceptuales existentes, con el fin de comprender las tendencias, limitaciones y avances en la identificación, valoración y gestión de los costos ambientales.

Con esta metodología se logró seleccionar y analizar estudios científicos, informes y publicaciones académicas relevantes, que permitieron identificar patrones y temas emergentes relacionados con el impacto de las actividades agrícolas en el medio ambiente, así como las regulaciones y políticas relevantes.

5.2 Método de investigación

Para la revisión bibliográfica de la literatura contable sobre los costos ambientales relacionados con las actividades agrícolas se utilizó un enfoque cualitativo y exploratorio. Este método implica la recopilación y análisis de literatura relevante, como artículos académicos, informes institucionales y estudios de casos, con el fin de identificar y comprender los diversos costos ambientales relacionados con las prácticas agrícolas. La investigación cualitativa ayuda a construir un marco teórico sólido para futuras investigaciones y políticas al explorar en profundidad los patrones y temas emergentes relacionados con el impacto ambiental.

5.3 Fuentes de investigación

Para la revisión bibliográfica se utilizaron fuentes de tipo secundarias que

corresponden a los artículos académicos tomados de las bases de datos (lo cual se detalla en el apartado de fases de investigación), que dan cuenta de las interpretaciones de diversos autores que orientan implementaciones y el análisis de diversas metodologías para la estimación de los costos ambientales en el sector agrícola, que son el objeto de interés para el presente documento.

5.4 Técnicas de investigación

Para la revisión de la literatura contable sobre costos ambientales, relacionados con las actividades agrícolas, se utilizó el análisis documental y la revisión crítica basada en el enfoque sectorial de nuestro interés: las actividades agrícolas y la temporalidad de estos. Esta revisión de las bases de datos académicas, repositorios institucionales y otras fuentes de valor, constituyeron la selección de artículos que fueron caracterizados, desde una mirada general, que permitió determinar la pertinencia de este.

Posteriormente, la fase de esquematización se basó en organizar la información de dichos artículos a partir de criterios contextuales, metodológicos, limitaciones y alcances, esto con la intención de reconocer significados y enfoques relevantes que aporten a la comprensión de los costos ambientales en las actividades agrícolas. Esta revisión estructurada permitió identificar, contrastar e interpretar modelos de implementación.

5.5 Fases de la investigación

Para dar inicio al proceso de investigación sobre los costos ambientales, se presenta una fase epistemológica que abarca la descripción conceptual del objeto de estudio, es decir, los costos ambientales en el sector agrícola. En esta etapa, se identifica y delimita el problema de investigación.

[Escriba aquí]

- La primera fase consistió en la definición del tesauro de búsqueda, estableciendo los criterios de inclusión y exclusión de los documentos. Entre ellos se encuentran el rango de publicación, limitado entre los años 2015 y 2025, con el propósito de contar con la información más actual posible y la selección de palabras clave relacionadas con el tema de interés, tales como “*agricultura*”, “*costos ambientales*” y “*contabilidad ambiental*”. Asimismo, se consideraron estudios tanto nacionales como internacionales, priorizando aquellos escritos en inglés por ser el idioma predominante en la literatura científica.

Paralelamente, se realizó una búsqueda detallada en las bases de datos científicas de alta calidad, tales como Scopus y Web Of Science de los documentos y artículos publicados en relación con el tema de investigación, donde se encontraron inicialmente un total de 79 artículos académicos, donde una revisión preliminar de la información permitió seleccionar los documentos que se alineaban con los intereses de investigación, este filtro permitió consolidar los 44 artículos con los que se desarrolló la segunda fase.

- En la segunda fase, se realizó una esquematización de los artículos que en la selección inicial se alinearon con los intereses de este documento, para esto se construyó con apoyo de herramientas de inteligencia artificial una matriz, facilitando así el análisis de la información de manera eficiente, dinámica e interrelacionada. Para lograr que dicha herramienta aporte valor en la consecución de los objetivos de la presente investigación, se orientaron las preguntas categorizadoras en los elementos claves que generaron interrelaciones entre los artículos, estas preguntas corresponde a:

[Escriba aquí]

1. ¿En qué contexto específico se llevó a cabo el análisis (por ejemplo, tipo de agricultura, ubicación geográfica, tipo de cultivo)?
 2. ¿Cómo se conceptualizan los costos ambientales en el artículo (Definición, características, implicaciones, perspectiva)?
 3. ¿Cuáles son los principales impactos ambientales identificados y las valoraciones empleadas para determinar su magnitud en la actividad agrícola?
 4. ¿Qué metodologías e indicadores se utilizaron para evaluar los costos ambientales en la práctica agrícola a tratar en el artículo?
 5. ¿Cuáles son los principales resultados sobre los costos ambientales asociados a las actividades agrícolas analizadas?
 6. ¿Qué limitaciones y alcances identifica el estudio en su metodología o en la generalización de sus resultados?
 7. ¿Cómo afectan los costos ambientales frente a los beneficios económicos de las actividades agrícolas?
 8. ¿Cuál es la conclusión más importante del artículo respecto a los costos ambientales?
- La tercera fase, consistió en estructurar el análisis de la información categorizada, presentando la sistematización de la información, dejando en evidencia las relaciones y tendencias en las metodologías identificadas, con el objetivo de dar respuesta al interés por conocer las principales bases metodológicas. A partir de este ejercicio de integración, se construyó la propuesta de lineamientos orientados a la articulación de dichas metodologías, optando por la vinculación de algunas de

[Escriba aquí]

ellas en función de su alcance y aplicabilidad. Siendo esto la base para realizar una estimación de costos ambientales, a partir de un enfoque más integral y comparativo que recoge las fortalezas metodológicas y complementariedad detectadas en la literatura.

Resultados

6.1 Documentación de las principales teorías sobre los conceptos, características y clasificación de los costos ambientales del sector agrícola.

En este apartado se llevó a cabo una revisión bibliográfica con el propósito de documentar y caracterizar los costos ambientales asociados a las actividades agrícolas. Para ello, se consultaron las bases de datos Scopus y Web of Science, estas fueron seleccionadas por ofrecer acceso a investigaciones de alto nivel y rigurosidad científica, se consideraron ambas bases de datos con el fin de acceder a la mayor cantidad posible de documentación generada sobre el tema sin disminuir la rigurosidad en los estudios a analizar.

El proceso de sistematización de la información se estructuró en varias etapas, con las cuales se procuró asegurar la rigurosidad metodológica y la relevancia del material recopilado. En primera instancia, se realizó la definición de criterios de inclusión y exclusión, que sirvieron de guía principal para la selección de documentos a analizar. Estos criterios se establecieron con el propósito de garantizar que fueran pertinentes, modernos y alineados con los objetivos propuestos en la investigación.

Bajo esta perspectiva, uno de los principales parámetros establecidos fue el rango temporal de las publicaciones, que se delimitó a una década, comprendida entre los años 2015 y 2025. Esta decisión respondió a la necesidad de incorporar estudios recientes que reflejaran las tendencias, debates, hallazgos, normatividad y tecnología más relevantes en torno al tema principal de la investigación.

Así mismo, se utilizaron palabras claves específicas durante el proceso de segmentación de la documentación disponible en las bases de datos y que se ajustaban al rango temporal definido con anterioridad. Los términos utilizados para inclusión fueron “environmental costs”,

“environmental accounting”, “agriculture” y “cost accounting”, los cuales fueron seleccionados con el fin de delimitar con precisión el campo de estudio al que se esperaba llegar. Por su parte, las palabras clave que se aplican como criterio de exclusión fueron “fuel”, “animal”, “logistics”, “food industry” y “meat”, esto en aras de focalizar la revisión de los artículos que se relacionarán directamente con los procesos agrícolas.

Adicionalmente, la selección del idioma inglés como criterio de segmentación lingüística obedeció principalmente al hecho de que este constituye el idioma predominante en la producción científica internacional, lo que permitió acceder a un mayor volumen de literatura relevante y de alta calidad.

Otro aspecto considerado fue el acceso al texto completo de los documentos, es decir, se seleccionaron sólo aquellos artículos cuyo contenido completo estuviera disponible, con el propósito de garantizar una lectura y evaluación adecuada de la información encontrada.

En conjunto, estos criterios de búsqueda permitieron construir una base de datos representativa del estado actual del conocimiento sobre los costos ambientales de las actividades agrícolas, facilitando así su análisis y compresibilidad.

Una vez definida la parametrización con los respectivos criterios de exclusión e inclusión se construyen una única base de datos, en esta unificación se identificaron 3 artículos duplicados, por lo tanto, se obtienen un total de 79 artículos únicos. Una vez obtenida esta información se procede a evaluar de manera individual los enfoques de cada artículo, esto con el fin de lograr identificar y focalizar aquellos artículos que se ajustaba en la revisión de los costos ambientales asociados al sector agrícola. Durante este proceso se fueron descartando aquellos estudios cuyo enfoque temático no se alineaba con el eje temático propuesto en el presente trabajo. A continuación, se detallan las principales agrupaciones de exclusión de los artículos, junto con la

[Escriba aquí]

respectiva justificación para su descarte.

Tampoco se tuvieron en cuenta aquellos artículos que abordaron los sistemas productivos de origen animal o en actividades agroindustriales ajenas a la agricultura vegetal. Dado que el enfoque del trabajo está dirigido a evaluar los costos ambientales en los cultivos agrícolas, por lo que los estudios que tratan sobre la producción avícola, porcina, lechera o vinícola no fueron considerados. En total, **5 artículos** fueron descartados de esta categoría. Estos artículos incluían estudios sobre la eficiencia ambiental en granjas lecheras, la rentabilidad de las pequeñas granjas avícolas y la evaluación ambiental de la producción vinícola.

De igual manera, se excluyeron aquellos estudios que se enfocaron en sistemas agrícolas innovadores o alternativos, como la acuaponía, hidroponía o agrivoltaica. Aunque estos sistemas ofrecen interesantes perspectivas en términos de sostenibilidad, su aplicación práctica en la mayoría de los contextos agrícolas sigue siendo limitada, lo que los hace menos relevantes para el análisis de los costos ambientales en la agricultura convencional. Por lo tanto, **4 artículos** fueron descartados bajo esta categoría. Estos trabajos comparan la acuaponía con la agricultura convencional, proponían un modelo agrivoltaico para la cría de conejos.

También se excluyeron los estudios que abordaban enfoques cualitativos o biotecnológicos sin proporcionar una medición cuantitativa de los costos ambientales. Algunos artículos trataban sobre innovaciones tecnológicas en los cultivos, como el uso de técnicas de invigorización de semillas o la mejora genética de cultivos, pero sin aplicar metodologías económicas que permitieran calcular los impactos ambientales de estas prácticas. Estos enfoques no se alineaban con la metodología de valoración económica de los costos ambientales aplicada en este trabajo, por lo que **4 artículos** fueron descartados. Estos artículos se centraban en el impacto cualitativo de la mejora genética y la fisiología vegetal sin ofrecer datos sobre costos

[Escriba aquí]

ambientales directos.

Otro grupo de artículos que fueron excluidos son aquellos que se centraron en políticas públicas, regulaciones o análisis macroeconómicos relacionados con la gestión ambiental en sectores distintos al agrícola. Estos estudios, que incluían la evaluación de políticas de precios del agua o modelos de cuentas verdes del PIB, no se ajustaban al nivel microeconómico requerido para el análisis de los costos ambientales a nivel de las explotaciones agrícolas. Por esta razón, **5 artículos** fueron descartados bajo esta categoría. Estos trabajos tratan temas como el análisis del PIB verde de China, la política de precios del agua o la evaluación de las emisiones asociadas al sector energético.

Adicionalmente, se excluyeron artículos que se enfocan en sectores no agrícolas, como el transporte marítimo, la tala de bosques o la energía, ya que estos trabajos no están vinculados directamente a la producción agrícola. Por ejemplo, se descartaron estudios sobre los costos ambientales de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) en el transporte marítimo o el impacto de la deforestación en el Amazonas, ya que estos no eran pertinentes al objetivo central del trabajo, que se limita al ámbito agrícola. En total, **5 artículos** fueron excluidos de esta categoría.

Los artículos que exploraban las decisiones y percepciones del consumidor también fueron excluidos, dado que su foco estaba en la dieta y el comportamiento del consumidor en lugar de en la producción agrícola misma. Los estudios que estiman las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las decisiones alimentarias de los consumidores o que se enfocan en las actitudes hacia el reciclaje de fertilizantes fueron descartados por no estar directamente relacionados con el análisis de los costos ambientales de la producción agrícola. Se excluyeron **4 artículos** bajo esta categoría.

[Escriba aquí]

Por último, algunos artículos fueron descartados porque presentaban enfoques teóricos o modelos económicos generales sin ejemplos específicos del sector agrícola. Estos estudios, aunque interesantes desde una perspectiva teórica, no aportan datos prácticos o cuantitativos relevantes sobre los costos ambientales de las actividades agrícolas. Por lo tanto, **5 artículos** fueron excluidos bajo esta categoría.

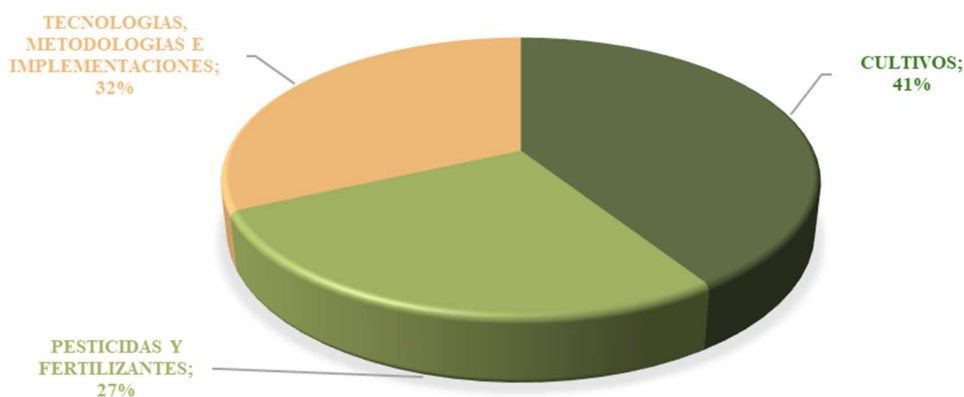
En resumen, la depuración de la literatura permitió enfocar la revisión en aquellos estudios que brindan un análisis cuantitativo y aplicable a la valoración de los costos ambientales en la producción agrícola, en total, **44 artículos** (ver anexo 1). Este proceso asegura que la información recopilada sea coherente con los objetivos establecidos, centrado en la medición y evaluación precisa de los impactos ambientales en el sector agrícola.

Como parte del análisis de la información recopilada, se realizaron gráficas para integrar y proporcionar un mapeo general de los elementos clave que se abordan en cada documento. Inicialmente, en la figura 1, se categorizan los artículos según el tema principal abordado, estableciendo dentro del rubro de cultivo estudios cuyo tema de estudio corresponden al manejo agronómico de los cultivos, incluyendo aquellos que analizan prácticas como la siembra, el riego y la cosecha, el enfoque se centra en las decisiones y técnicas aplicadas sobre el cultivo en sí, sin centrarse en los insumos externos. Por su parte, se categorizó como pesticidas y fertilizantes, los artículos que abordaban exclusivamente el uso de elementos químicos y productos similares aplicados en la agricultura, tales como fertilizantes sintéticos (nitrogenados o fosfatados), pesticidas y otros productos destinados a mejorar el rendimiento agrícola o controlar plagas, enfermedades y malezas, el interés principal de estos estudios radica en los efectos ambientales o económicos de dichos productos. Finalmente, la categoría de tecnologías, metodologías e implementaciones compila los estudios centrados en el desarrollo, aplicación o evaluación de

[Escriba aquí]

herramientas tecnológicas y metodológicas para la gestión agrícola y ambiental, se incluyen las investigaciones sobre sistemas de monitoreo, software de gestión, metodologías de evaluación de impactos ambientales, análisis de ciclo de vida (ACV) y otras estrategias orientadas a mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sector agrícola.

Figura 1
Categorización de los artículos

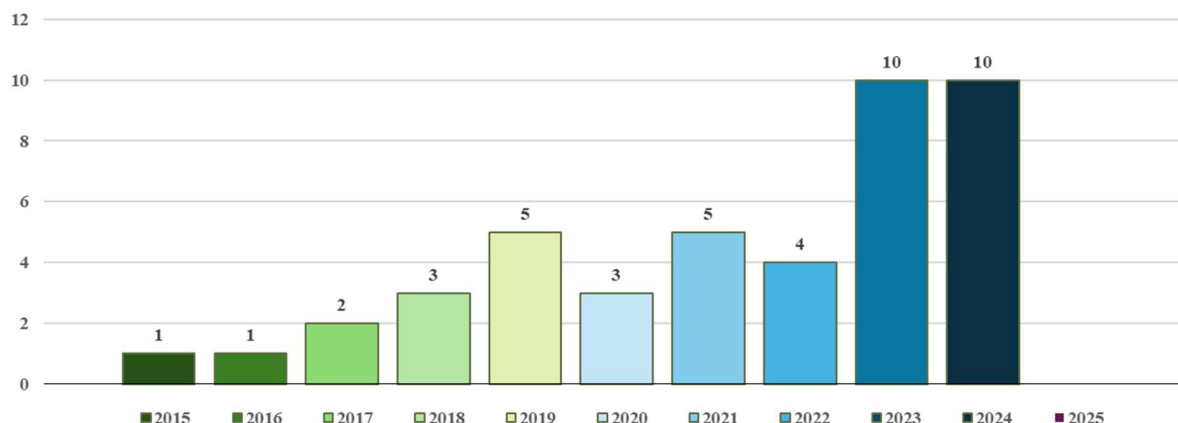


Fuente: Autoría Propia

Por su parte, en la figura 2, se presenta la cantidad de artículos recopilados publicados por año en el periodo de 2015 a 2025, con un total acumulado de 44 publicaciones, se identifica un crecimiento desde el 2015 al punto más alto en 2019. En 2023 y 2024 alcanza el pico máximo de publicaciones con 10 por año, con las publicaciones en este bienal se alcanza casi el 50% de la producción de toda la década estudiada, lo que indica un aumento en el interés y producción científica sobre el tema, y por último sin ningún artículo en el 2025, debido a que el año no ha finalizado y los registros se encuentran en proceso.

Figura 2
Cantidad de artículos publicados por año

[Escriba aquí]



Fuente: Autoría Propia

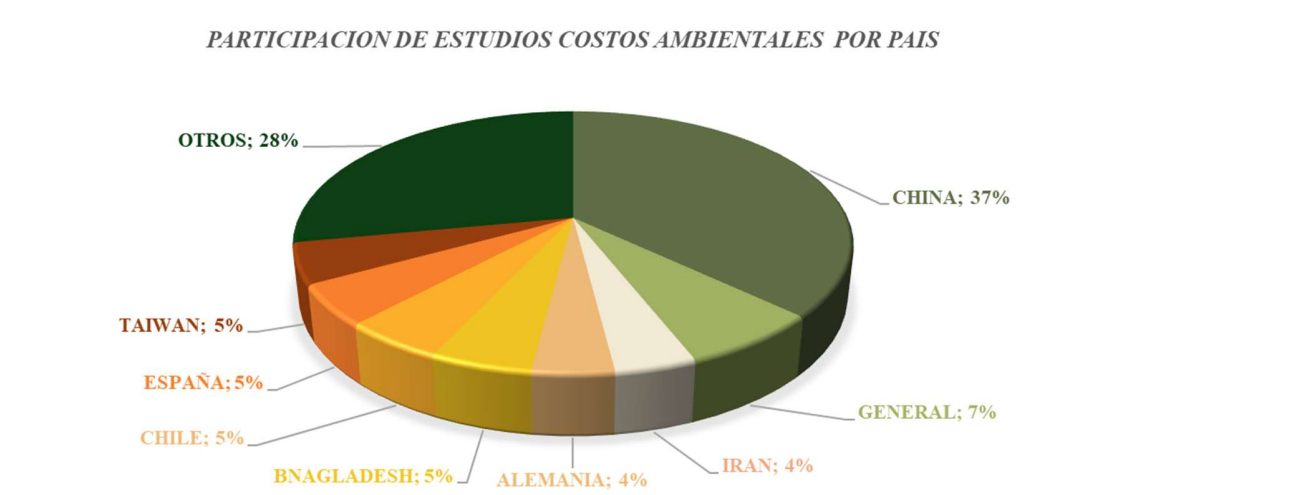
En este sentido, la figura 3, presenta la zona geográfica abordadas en los artículos, evidenciando que China es el país más utilizado como entorno de estudio sobre costos ambientales en el sector agrícola, abarcando el 37% del total de países tratados. Esta tendencia responde a su rol como principal nación productora de alimentos a nivel mundial según la ONU, lo que hace que los impactos ambientales asociados a su agricultura reciban una atención prioritaria en la literatura. Le siguen publicaciones de carácter general (7%) y un conjunto de países como Chile, Bangladesh, España y Taiwán, cada uno con un 5%. La presencia de múltiples países con porcentajes bajos, agrupados bajo la categoría “Otros” (28%), refleja una creciente, aunque aún limitada, diversidad geográfica en el tratamiento del tema.

Asimismo, en el gráfico 4, se sintetiza la distribución de los países tratados según el tipo de agricultura analizada, se observa que la agricultura convencional, es la más extendida, con 13 países donde la emplea, lo que refleja, como su nombre lo menciona, su tradicionalidad sin aplicaciones externas. Le sigue la agricultura intensiva, presente en 8 países, posiblemente debido a su alta productividad y uso intensivo de los recursos. Por otro lado, la agricultura orgánica y la moderna, son menos comunes, probablemente relacionadas con sus mayores

[Escriba aquí]

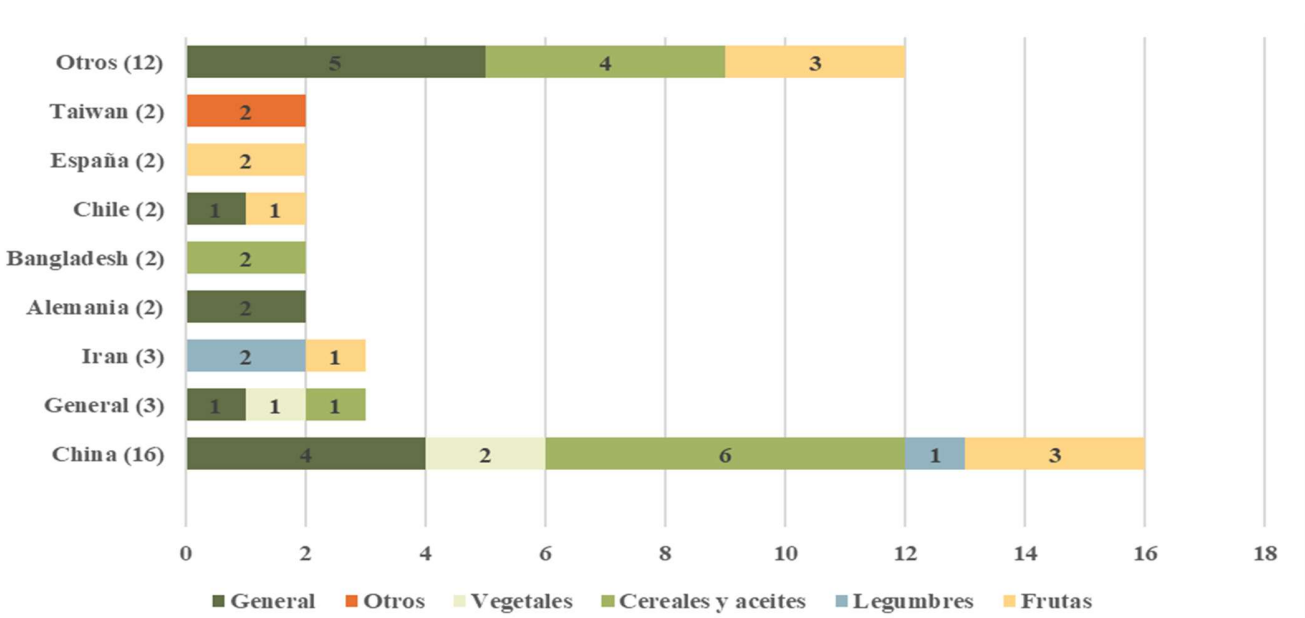
exigencias, técnicas y recursos necesarios. Esta distribución demuestra una evidencia actual sobre métodos tradicionales y artesanales.

Figura 3
Participación de estudios de costos ambientales por país



Fuente: Autoría propia

Figura 4
Tipo de cultivo por país



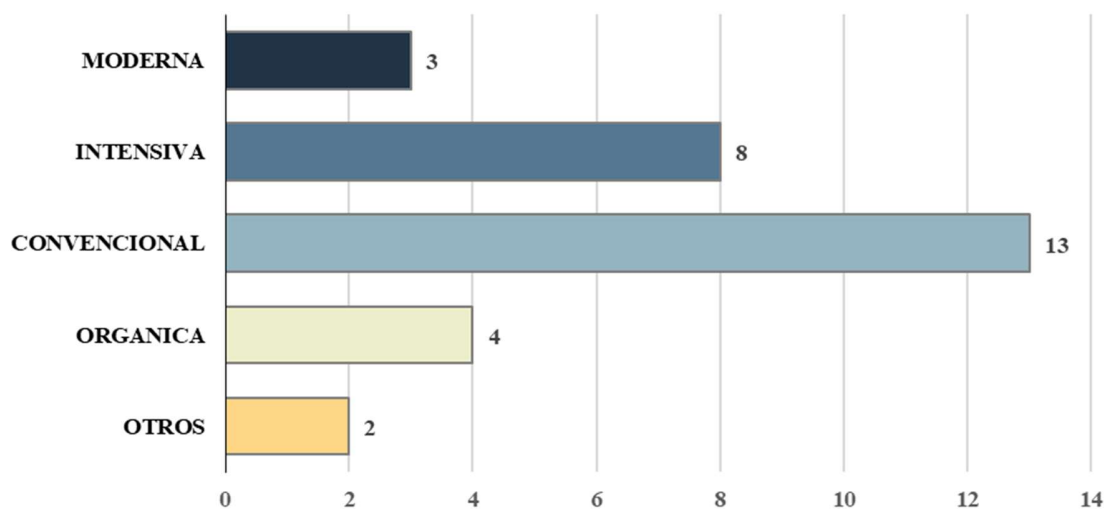
Fuente: Autoría propia

Adicionalmente, en la figura anterior se evidencia la preponderancia de China como lugar

[Escriba aquí]

de análisis de producciones científicas sobre costos ambientales, asimismo, la gran diversidad de tipos de cultivos analizados allí, pues se identifica que de las 6 categorías, en este país se han desarrollado al menos 1 estudio en 5 categorías. Por su parte, aunque aparecen en muchos países, los estudios de categoría "General" no son predominantes en la mayoría, lo que puede sugerir una tendencia creciente a realizar estudios que analicen de manera específica un tipo de cultivo, en lugar de estudios generalistas, esto es coherente con las conclusiones que plantean algunos autores sobre los alcances de sus estudios, como manifiestan Xian, et. al (2023), uno de los aspectos a considerar cuando se realizan evaluaciones generales es que se pueden presentar variaciones o particularidades regionales y contextuales de los sistemas agrícolas.

Figura 5
Distribución de países por tipo de agricultura



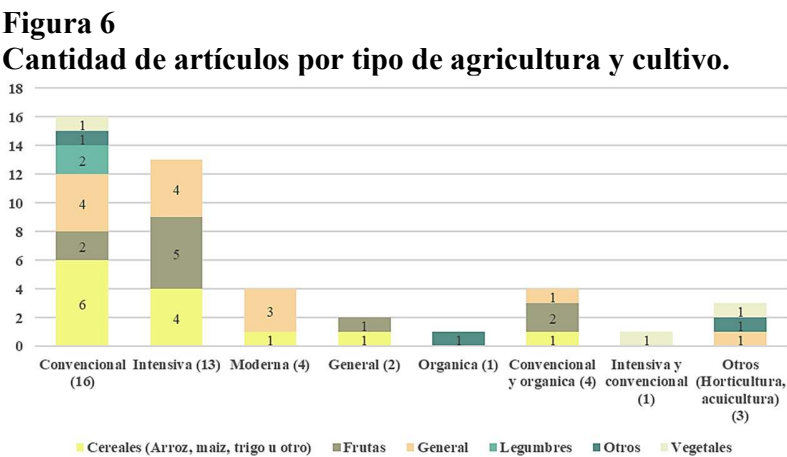
Fuente: Autoría propia

Para la construcción de la figura 5, se tomó en cuenta la cantidad de países tratados según el tipo de agricultura analizada, en este conteo se eliminaron los duplicados, es decir solo se contó una vez la combinación del país A con el tipo de agricultura A. Con esto, se observa que la agricultura convencional, es la más extendida, con 13 países, lo que refleja, como su nombre lo

[Escriba aquí]

menciona, su tradicionalidad sin aplicaciones externas. Le sigue la agricultura intensiva, presente en 8 países, posiblemente debido a su alta productividad y uso intensivo de los recursos. Por otro lado, la agricultura orgánica y la moderna, son menos comunes, probablemente relacionadas con sus mayores exigencias, técnicas y recursos necesarios. Esta distribución deja en evidencia la prelación por métodos de producción agrícola tradicionales y artesanales.

Finalmente, en lo que corresponde a la distribución de los artículos según el tipo de agricultura, figura 6, la producción científica se ha centrado en la agricultura de tipo convencional e intensiva, con una presencia del 65,9%, esto sugiere que la mayor preocupación ambiental (y académica) está ligada con los sistemas de producción con alta demanda de recursos e insumos. Asimismo, en los sistemas convencionales, el cultivo de cereales es el que cuenta con mayor número de artículos, esto concuerda con el hecho de que los cereales son básicos en la agricultura y están asociados a impactos ambientales significativos como el uso de fertilizantes y agua.



Fuente: Autoría propia

Junto con el mapeo de la información clave de los estudios seleccionados, resulta fundamental hacer una revisión de los marcos conceptuales que sustentan dichos artículos. Esta

[Escriba aquí]

revisión permite identificar las teorías y metodologías planteadas por los distintos autores, esto con el objetivo de brindar una síntesis que sirva como guía para una comprensión integral de los diversos enfoques utilizados por los autores.

Siendo así, los costos ambientales bajo la mirada del contexto agrícola pueden definirse según Norse, D., & Ju, X. (2015) como las externalidades negativas derivadas de las actividades productivas del sector agrícola, que se reflejan en pérdidas económicas y daños ecológicos que impactan negativamente al medio ambiente, las cuales no se integran en los precios del mercado. En ese mismo sentido, Pelletier, N. (2024). añade que estas externalidades además de tener efectos adversos sobre el medio ambiente, también los tiene sobre la salud humana, representando así una pérdida del bienestar social.

Así mismo, Alliot, et al. (2022) expone que los costos ambientales constituyen el gasto social relacionado con los efectos negativos ocasionados principalmente por el uso de pesticidas sintéticos, dentro de este concepto se integra la generación de un gasto público en diversas etapas desde la fase de prevención, como de mitigación y reparación de daños ambientales. En este mismo sentido, Palacino, et al. (2024) menciona que, al valorizar económicamente los daños ecológicos que se derivan específicamente de las actividades agrícolas, con implicaciones por impactos negativos sobre la salud humana y los ecosistemas, se genera así una necesidad imperante de integrar los costos ambientales en las decisiones empresariales y políticas del sector, al ser una dimensión que aporta información fundamental en términos de sostenibilidad en el tiempo.

Dentro de las conceptualizaciones aportadas por los autores se logran evidenciar un marca mirada cimentada en la teoría de las externalidades, adicional, señalan dentro de los principales efectos asociados a los costos ambientales en este sector, las emisiones de gases,

[Escriba aquí]

generación de desechos, uso excesivo fertilizantes y pesticidas, entre otros efectos que son actores determinantes en problemas de carácter global como el cambio climático, la acidificación, lixiviación, eutrofización del suelo y agua, alterando el equilibrio entre ecosistemas, la fertilidad del suelo y comprometiendo la calidad del agua, lo que afecta directamente la producción agrícola y por tanto el bienestar de la flora, fauna y comunidades humanas.

Dentro de los planteamientos de los autores, se logran identificar una serie de características asociadas a estos costos generados en las actividades agrícolas, desde lo señalado por Alliot, et al. (2022), a estas externalidades le resultan inherentes la calidad de multidimensional y la heterogeneidad temporal y espacial del daño, pues generan afectaciones que no pueden ser analizadas desde una sola perspectiva, y que varían según en el entorno en donde se presente, siendo esta la razón por lo cual cuando se abarcan los costos ambientales se suele hacer desde una perspectiva que interrelaciona factores sociales, económicos y políticos.

En ese mismo sentido, los costos medioambientales desde la perspectiva planteada por Alamanos, et al. (2020), guardan una relación directa con la generación de un daño o impacto en el medio ambiente que resultan de difícil cuantificación pues depende de la interpretación o perspectiva con la que se quiera analizar, por tanto se identifica una variabilidad en cálculo y estimación económica de dichos costos en función de las definiciones que se establezcan como referencia.

En cuanto a las teorías planteadas por los artículos, se destaca la teoría de la valoración económica ambiental, siendo un instrumento económico que permite obtener un indicador monetario de la importancia que tienen para una sociedad sus recursos naturales.

Este valor revela una aproximación al verdadero costo del uso y escasez de los recursos,

[Escriba aquí]

permitiendo así aprovechar el potencial económico de los mismos desde una base sustentable. Es decir, a partir de un adecuado manejo de la valoración económica se puede lograr un uso más eficiente de los ecosistemas debido a que estos generarían los recursos financieros para asegurar su sostenibilidad. Osorio Múnera y Correa Restrepo (2015).

El instrumento de la valoración económica no es una fórmula única, por el contrario, para lograr una mayor efectividad, es necesario llevar procesos de investigación más arduos. Ejemplo de esto, es la existencia de diversas metodologías de valoración las cuales son aplicables a casos específicos. Osorio Múnera y Correa Restrepo (2015).

De igual manera, se destaca la teoría de la economía ecológica, por su parte, busca profundizar en los aspectos sociales y ecológicos, integrando procesos económicos como los ecológicos a partir de los criterios de eficiencia y equidad; su principal característica en su perfil flexible e interdisciplinario para estudiar la relación entre los ecosistemas naturales y el sistema económico, lo que demanda la participación de diversas ramas del conocimiento, dado que la problemática ambiental se aborda desde diversas perspectivas que permiten elaborar una presentación del ciclo económico que sea sostenible. Gúzman (2016).

Por otro lado, Pearce, D. W y Turner, R. K (1990) mencionan que “las externalidades son efectos indirectos de actividades económicas que afectan el bienestar de otros agentes y que no están reflejados en los precios del mercado, y su valoración implica estimar el costo o beneficio social asociado a dichos efectos”, por lo que la valoración de las externalidades se refiere al conjunto de métodos utilizados para asignar un valor monetario a los impactos ambientales generados por actividades agrícolas.

En este sentido, el logro de una valoración económica de costos ambientales dependerá en gran medida del adecuado manejo de las metodologías y de la información con

[Escriba aquí]

la que se cuente. Por ello, resulta pertinente hacer una identificación de dichos elementos en los artículos seleccionados.

Siendo así, en la revisión de las metodologías empleadas por los autores para realizar actividades de valoración y medición de los costos ambientales asociados a los procesos agrícolas, se identifica que la aplicación de análisis de ciclo se repite con mayor frecuencia, con una incidencia del 36,36%, esta herramienta desarrollada para la gestión de la sostenibilidad, permite hacer una estimación de las entradas y salidas de recursos, emisiones y todo tipo de impacto ambiental que tenga lugar dentro del ciclo de vida de un producto (Bahmutsky, et al., 2024). Para estos autores, la aplicación del LCA para el análisis de los efectos en el entorno que tiene un producto se complementa con el análisis de costos del ciclo de vida (Life Cycle Costing), este último es una herramienta que permite cuantificar y valorar económicamente todos los costos que se implican durante la vida útil de este producto, tales como costos de inversión inicial, operativos, de mantenimiento y otros gastos asociados, posibilitando partir de indicadores financieros como el retorno de inversión (ROI).

En este mismo sentido se logra identificar que son varios los autores que complementan la aplicación del análisis de ciclo de vida con modelos de contabilidad y costeo, tal es el caso de la aplicación de la contabilidad de costos reales, cuyo enfoque propone la internalización de los costos externos en el precio de mercado de los productos, registrando todos los costos y gastos implicados en el proceso productivo Michalke, et. al., (2023). Análogamente, se implementan herramientas de análisis desde la perspectiva de los costos sociales, esta propende reconocer como parte de los costos relacionados al sector agrícola aquellos pagos en los que incurre la sociedad en múltiples ámbitos, tales como regulatorios, salud pública, pérdida de recursos e incentivos a la industria.

[Escriba aquí]

Por su parte, la propuesta realizada con la implementación de MFCA (material flow cost accounting) por Dekamin y Barmaki (2019), donde se realiza un análisis comparativo relacionando los costos incurridos en la producción de cultivos y los costos relacionados con el desperdicio de los insumos necesarios para dicha producción, procurando así una revisión precisa del cuándo, dónde y porqué se están generando impactos negativos en el medio ambiente.

A su vez, se identifica que en un 18,18% de los artículos revisados cimientan la valoración y estimación de dichos costos ambientales en técnicas y herramientas estadísticas u otras disciplinas, tal es el caso de Banger, et. al., quienes implementan una modelación computacional DNDC (DeNitrificación-DeComposición) para modelar el crecimiento de cultivos, las dinámicas del carbono y nitrógeno en el suelo, y las emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, Wang, et. al (2022), utilizan la técnica ANOVA, con la intención de analizar cómo diferentes niveles de aplicación de fertilizante nitrogenado afectan las condiciones del entorno. Es importante resaltar que, estas simulaciones a partir de herramientas estadísticas se evidencian en mayor medida en artículos cuyo enfoque era el análisis de los impactos en función de la aplicación de ciertos niveles y tipos de fertilizantes y pesticidas.

A partir de esta revisión, en este trabajo se interpreta que las diferentes teorías y enfoques presentados, como el análisis de ciclo de vida, la contabilidad de costos sociales y las metodologías basadas en exergía y emergía, reflejan una tendencia hacia una visión más integral de los impactos ambientales en la agricultura. Estas propuestas teóricas buscan no solo evaluar y cuantificar los costos externos, sino también promover la internalización de estos en los procesos productivos y en la toma de decisiones, considerándolo fundamental

[Escriba aquí]

para avanzar hacia un modelo agrícola más sostenible y responsable. La complementariedad de estas teorías resulta pertinente y clave para abordar la complejidad de los fenómenos ambientales y lograr una gestión más equilibrada teniendo en cuenta los factores económicos y ambientales.

[Escriba aquí]

6.2 Examinación de las metodologías relevantes para la valoración de los costos ambientales en el sector agrícola.

El presente capítulo se enfoca en la descripción de algunas de las metodologías propuestas en los artículos y que son empleadas por los autores para la identificación, valoración y estimación de los costos ambientales asociados al sector agrícola. Como se mencionó anteriormente, dentro de las preocupaciones que inquietan a las sociedades actuales, y desde hace algunos años ya, se destaca la priorización de todo aquello que genere algún tipo de impacto en la garantía de la seguridad alimentaria global, por ello resulta indispensable el tema de desarrollo sostenible, del cual forma parte integral la identificación y valoración de los costos ambientales, que ha convertido en un eje fundamental en la gestión del sector agrícola.

Dentro de la bibliografía estudiada, se logran identificar tendencias respecto a los modelos metodológicos propuestos e implementados, dentro de los que se resalta el análisis de ciclo de vida (ACV), este fue empleada al menos en un 36% de los artículos, de manera directa o indirecta, en este mismo sentido, se identifican algunas vertientes de contabilidad como las propuestas desarrolladas desde la identificación de la contabilidad de costos sociales y flujo de materiales. Por su parte, se destacan propuestas innovadoras como la expuesta por (Según Hu, Lyu y Zhang (2022), quienes en su artículo titulado *Evaluating agricultural sustainability and Green GDP in China: An emergy analysis*, implementan una metodología que da un paso más allá en la estimación, pues proponen la construcción de indicadores para la medición de gestión a partir de los datos transformados en una unidad de valoración común, joule.

El análisis de cada una de estas metodologías se desarrolla a partir de una descripción detallada de los principios conceptuales que brindan los autores, las fuentes de información requeridas y las fases de implementación llevadas a cabo.

La revisión de estas metodologías posibilita la creación de un marco conceptual y de referencia para la comprensión de las diversas perspectivas con que se aborda la identificación y valoración de los costos ambientales relacionados con el sector agrícola, dejando sobre la mesa, no solo las propuestas y potenciales ventajas de su implementación sino los retos y limitaciones a las que se enfrenta.

Siendo así, este análisis constituye un eslabón clave para el desarrollo del marco metodológico del presente trabajo, sirviendo como una guía que facilite la comprensión de las implementaciones que se abordaran más adelante, en este sentido se exponen a continuación las conceptualizaciones de algunas de las metodologías empleadas para la identificación y estimación de costos ambientales:

6.2.1 Análisis de Ciclo de vida

Para el análisis de rendimiento de cultivos y la producción se evidenció una fuerte tendencia en la implementación de la metodología Análisis de Ciclo de Vida (ACV), esta metodología se estandariza con la norma ISO 14040, la cual estructura su implementación en 4 fases clave, tal como lo describen (Navavi y Damgaard, 2023), cuyo artículo presenta la aplicación del ACV para hacer una valoración comparativa de los costos ambientales asociados a la producción de garbanzos en relación con la implementación de dos métodos de riego.

Como primera parte de esta metodología se realiza una declaración de alcance, objetivos y definición, donde se debe establecer con claridad el objetivo del estudio, dando respuesta al interrogante ¿Qué se quiere evaluar y por qué?, una vez se tiene este, se debe definir el alcance del sistema, estas fronteras manifiestan cuales procesos del ciclo de vida se incluirán en el análisis y cuales se dejarán por fuera, asimismo, se define la unidad funcional que corresponde a la cantidad de producto que se usará como referencia para todas las mediciones, esto con el

objetivo de posibilitar la comparabilidad de escenarios. Asimismo, los autores exponen que hacen parte integral de esta fase la presentación de los supuestos, limitaciones (¿Qué se excluye y por qué?), público objetivo y aplicación (Para qué se espera usar ese análisis).

Una vez se ha demarcado de manera detallada el área de análisis, Navavi y Damgaard señalan que se debe realizar el inventario de ciclo de vida (ICV), el cual se basa en la construcción del flujo físico de entradas y salidas en el sistema productivo, en este se incluyen las entradas de materias prima, energía, agua, y las salidas que se liberan en agua, aire y tierra. Luego, se realiza la evaluación de los impactos del ciclo de vida (EICV), para esta fase, se traducen los datos de la fase anterior en impactos ambientales potenciales, para ello, se emplean métodos de caracterización, que convierten los flujos de materiales en indicadores ambientales comparables, para fines de este artículo, los autores implementan LC-IMPACT, cuyos indicadores categorizan los efectos ambientales en cambio climático, acidificación, eutrofización, toxicidad para humanos y ecosistemas. Este método realiza una regionalización, que toma en consideración las particularidades de vulnerabilidad y sensibilidad del área estudiada ajustando los factores de impacto a las condiciones locales, lo que permite aumentar la precisión en la evaluación de los daños ambientales. Estos impactos son monetizados con base en los factores de conversión económica predefinidos en el modelo seleccionado.

Finalmente, en este enfoque metodológico los resultados son interpretados, identificando las fases del ciclo productivo que generan mayores impactos y costos, y se exponen oportunidades para mitigarlos mediante mejores prácticas agrícolas o tecnologías más sostenibles.

Dentro de las principales limitaciones se destaca la apreciación de Alliot et al. (2022), quienes señalan que esta metodología no resulta idónea para dar cimientos a políticas de

internalización pues sus indicadores varían en relación con el tipo de impacto evaluado, y en cierta medida, estos indicadores se quedan en teóricos pues resulta difícil cargar a flujos financieros reales ocurridos (o previsibles).

6.2.2 Costos sociales

La teoría de las externalidades pone de manifiesto la ocurrencia de afectaciones al medio ambiente por actividades agrícolas que no son asumidas por sus productores, estos efectos que se establecen como inevitables terminan por constituir una falla de mercado, es allí donde para Alliot, e. al (2022) toma sentido que una estimación de los costos incurridos por intentar solventar dicha falla sea información valiosa para entes regulatorios, y como lo señala el autor, la contabilidad presupuestaria publica de dichos costos sociales es clave.

Para la evaluación de dichos costos por el uso de pesticidas en Francia, los autores estructuran el análisis con la identificación de los costos sociales categorizándolos en tres tipos: Regulatorios, donde se agrupan los gastos que los entes regulatorios asumen con los presupuestos públicos, como son el gasto asumido para mantener operativas entidades que se encargan de la supervisión de la aplicación de sustancias peligrosas. La segunda categoría, la constituyen los costos para la salud humana, que son en esencia los costos en que incurre la sociedad para el tratamiento de todas las enfermedades producidas por la exposición a dichos impactos, ya sea en la producción o en la aplicación, es importante resaltar que esta metodología suele ser aplicada en análisis de impactos de aplicaciones de fertilizantes y pesticidas. Finalmente, se encuentra la categoría de costos ambientales, esta tiene que ver con los pagos incurridos para garantizar la implementación y cumplimiento de las regulaciones ambientales, así como las reparaciones que surjan por el incumplimiento de estas. En adición a estas categorías, Alliot, e. al (2022) destacan un elemento que debe ser considerado y es el gasto por apoyo

financiero al sector, vía subsidios para los productos agrícolas que utilizan estas sustancias.

Una vez construido este informe de destinación real de recursos, en donde a través de fuentes secundarias confiables (Estadísticas nacionales, datos macroeconómicos y estadísticos, e informes oficiales), según la propuesta metodológica de los autores, se asigna un valor monetario aproximado a las consecuencias del uso de pesticidas, logrando así generar información clave sobre el flujo de los recursos de financiación pública con un enfoque en los impactos.

A partir de la revisión de los costos asociados a las actividades agrícola realizada por Alliot, et. Al (2022), se logran identificar como beneficios potenciales la evaluación real del gasto que implica para la sociedad asumir las fallas del mercado, lo que pone sobre la mesa debates sobre políticas públicas que obliguen a los actores generadores a asumir responsablemente dichas consecuencias, en este mismo sentido, el conocer el flujo de los recursos estatales brinda una herramienta de gestión para una mejor planeación presupuestaria. Por su parte, dentro de las limitaciones que se logran identificar a partir de la revisión de la implementación desarrollada por estos autores, es la afectación en la precisión de los cálculos desde varios puntos de recolección de información, pues al tomar como insumo fuentes secundarias hay lugar a márgenes de error que podría no ser fácilmente identificados, en particular, en el gasto de salud pública se enfrentan desafíos frente a la asignación de causalidad de un impacto (como una enfermedad) al uso de un pesticida sin margen de duda.

6.2.3 Contabilidad de costos de flujo de materiales (CCFM)

Dentro de las metodologías que brindan herramientas para el análisis de los impactos ambientales asociados a las actividades agrícolas se expone por los autores Dekamin y Barmaki (2023) este modelo de contabilidad que posibilita la cuantificación de las ineficiencias en el uso de los insumos agrícolas, esto a través de una identificación y asignación de costo al flujo de

materiales tanto útiles como no útiles.

Para la implementación de este modelo de análisis, según la propuesta desarrollada por estos autores se debe realizar en primera instancia la delimitación del proceso objeto de estudio, una vez obtenida la información contextual necesaria, en este caso Dekamin y Barmaki recurren a cuestionarios de una muestra representativa de los productores de soja, de donde se extrae información sobre los requerimientos de insumos para las fases del proceso productivo como lo son la preparación del terreno, consumo de semillas, recurso hídrico para riego, insumos químicos y mano de obra. Adicional, datos relacionados con la superficie de cultivo, el rendimiento por unidad de dicha superficie y del cultivo, entre otras.

Una vez se cuenta con la información suficiente, según esta propuesta metodológica, se clasifican los productos en categorías positivas y negativas, siendo la primera aquellos productos que se esperan obtener en el proceso y los negativos comprenden los residuos y emisiones generadas, esto se realiza con el fin de visualizar claramente en que partes del proceso productivo se genera valor y en cuales pérdidas. Posterior a esto, para estructurar el flujo se deben determinar centros de cantidad, que corresponden a los subprocessos o actividades dentro del proceso, para el caso de *Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production*, estos centros corresponden a la resiembra, siembra, el cultivo y la cosecha, en cada una de estas se establecen las entradas y salidas, y se determinan las unidades físicas consumidas en cada uno de ellos, se traducen dichas unidades a su costo monetario respectivo.

Con este mapeo y valoración, se continua con la fase de distribución del costo total del proceso agrícola entre los productos positivos y negativos. Es importante señalar que aunque la metodología CCFM que se propone en la ISO 14051 establece una clasificación estándar de costos en tres categorías principales que corresponden a material (insumos como semillas),

energía (Combustible de máquinas) y sistema (Mano de obra), el artículo de Dekamin y Barmaki, se decanta por la adopción de un enfoque simplificado y ajustado a la operatividad del proceso agrícola, por lo que llegan de manera directa al costo de las ineficiencias a partir de la identificación de los costos totales que correspondan a los productos negativos en cada uno de los centros de actividad.

A partir del análisis de la propuesta metodológica llevada a cabo por estos autores, se logra evidenciar dentro de los beneficios potenciales de la implementación de esta metodología en el análisis y valoración de los costos asociados a los procesos agrícolas se destaca el reconocimiento de los costos reales de las ineficiencias en dichos procesos, lo que conlleva a una comprensión integral que posibilita la generación de estrategias que no solo se enfoquen en la reducción de los impactos sino que además pudiese implicar una mejora en términos de los ingresos a los actores primarios, es decir, los agricultores, pues al realizar un mapeo de gastos energéticos reales, se facilita el desarrollo de propuestas para reducción de productos negativos, lo que significa una menor destinación de recursos económicos a los procesos agrícolas.

Pese a esto, en esta metodología también se identifican limitantes en el contexto de estudio, tal es el caso de la dificultad que puede suponer la medición precisa del flujo físico, pues factores climáticos, como la evaporación o la variabilidad en la absorción de nutrientes puede afectar la clasificación de los productos positivos y negativos, asimismo, la integración de los impactos ambientales indirectos como la pérdida de biodiversidad al no relacionar esta directamente dentro del flujo de entradas y salidas como un recurso implicado dentro del proceso.

6.2.4 Costo de regeneración de la fertilidad del suelo

La evaluación de la sostenibilidad y por consiguiente de los impactos ambientales suele

estar enfocada en revisiones de tipo aislado, lo que quiere decir que se concentran en la valoración del impacto en fenómenos como gases invernadero, es en este punto donde Palacino. Et. al (2024), se proponen asumir el reto de contemplar estos impactos en un entorno complejo como lo supone el sistema edáfico, mejor entendido como el suelo, la complejidad de este surge a propósito de la interacción de elementos orgánicos e inorgánico en él, que originan un ecosistema dinámico. Para ello desarrollan una metodología que pretende ser una herramienta de evaluación de la degradación de este sistema causado por las prácticas agrícolas empleando los costos de regeneración exergética. Para la comprensión de este modelo resulta clave el concepto de exergía que se define como una propiedad termodinámica que mide la cantidad y calidad de cualquier recurso (Valero y Valero, 2014), es entonces el trabajo útil máximo que se puede extraer de un sistema al alcanzar el equilibrio con su entorno.

La propuesta metodológica de Palacino, et. Al. (2024) plantea la cuantificación de los costos exergeticos necesarios para reponer los compuestos extraídos utilizando las tecnologías disponibles para regresar a un estado inicial e ideal del suelo, es decir una regresión de un punto tumba a la cuna, utilizando unidades energéticas.

Como punto de partida, los autores definen los niveles físicos y funcionales del suelo objeto de análisis, para ello, se selecciona una unidad representativa de suelo agrícola, delimitando específicamente el horizonte superior (usualmente los primeros 30 centímetros del suelo), que corresponde al topsoil. Además, se caracterizan las condiciones actuales del suelo para establecer un punto de partida sobre el cual se evalúan las pérdidas de calidad en este. Una vez definido el sistema de análisis, se identifican los componentes edáficos clave que establecen la fertilidad del suelo. Entre ellos se incluyen la materia orgánica del suelo (MOS), los nutrientes principales (como nitrógeno y potasio), los micronutrientes (como zinc, cobre) y, si se desea,

propiedades físico-estructurales o indicadores de actividad biológica. Estos elementos son los que resultan fundamentales para la sostenibilidad de la productividad agrícola.

En una segunda instancia, se calcula la cantidad de exergía que se ha perdido en el suelo como resultado de la actividad agrícola, para cada componente identificado en la fase anterior, se compara su concentración actual con la referencia edáfica ideal. Esta diferencia se traduce en pérdida de exergía, utilizando para ello una base de datos termodinámica establecida con valores específicos para cada sustancia o propiedad del suelo. El resultado es una medida cuantitativa del deterioro energético del sistema suelo.

Posterior a esto, Palacino et. Al. (2024), traducen la pérdida de exergía en un costo monetario asociado a la restauración del suelo a su punto de referencia, esto requiere de la identificación de insumos, tecnologías o prácticas serían necesarios para restituir cada componente degradado (por ejemplo, la aplicación de compost o fertilizantes para reponer nutrientes). A partir de la energía (exergía) requerida para producir estos insumos, y con base en un valor económico por unidad de exergía (€/MJ), con esto se estima el costo total de regeneración para cada componente. La suma de estas estimaciones ofrece una cuantificación del costo total de restaurar la fertilidad del suelo por unidad de superficie.

Finalmente, los autores obtienen el costo de regeneración como indicador ambiental y económico del impacto agrícola, que representa un costo ambiental oculto de la magnitud de la pérdida de capital natural inducida por las prácticas agrícolas intensivas, lo que posibilita la evaluación de la sostenibilidad del sistema productivo.

A partir de la revisión de la propuesta metodológica desarrollada en *Regeneration costs of topsoil fertility: An exergy indicator of agricultural impacts*, se logran identificar como ventajas de este modelo la posibilidad de ser implementado en múltiples entornos y establecer

una base de la comparabilidad de los resultados obtenidos de manera sólida y objetiva, esto último posibilitado por el uso de un indicador termodinámico con bases científica, asimismo, permite una compresión integral de los elementos que conforman el capital natural. Por su parte, dentro de las limitaciones en su implementación se identifica la posibilidad de sesgo en la comparación del suelo actual frente al marco de referencia de los niveles óptimos, pues esa base se establecería de manera subjetiva, en especial en aquellos lugares donde no hay datos históricos, en adición, dentro de los costos de regeneración no se toman en cuenta efectos sociales, económicos y culturales.

6.2.5 *Análisis emergetico*

Para la evaluación integral de los impactos ambientales de los procesos agrícolas, los autores Hu, et. al (2022), implementan una metodología del análisis de emergencia como herramienta para evaluar la sostenibilidad de la agricultura China, esto como herramienta para la construcción de una nueva métrica denominada Green GDP, este método propone la cuantificación de los recursos naturales, económicos y energéticos incurridos en el proceso agrícola expresándolos en una unidad común única, el solar emjoule (seJ).

En la primera fase, los autores identifican y clasifican todos los flujos de recursos incurridos en la producción en insumos (radiación solar, lluvia, viento), insumos renovables internos (residuos reciclados, nutrientes del suelo) e insumos no renovables o importados (fertilizantes químicos, maquinaria, energía eléctrica), estos son convertidos a seJ con la utilización de transformidades, que indican la cantidad de emergencia necesaria para producir una unidad física del recurso. Con esta nueva expresión de la información se calculan los indicadores emergeticos para lograr obtener información de eficiencia y sostenibilidad del sistema agrícola.

Es con aquí donde Hu, et. Al, identifican uno de los puntos de generación de información

más innovadores de esta metodología, pues se brindan indicadores para medir el desempeño, entre ellos, Energy Yield Ratio (EYR) que mide la productividad del sistema con respecto a los recursos invertidos, Environmental Loading Ratio (ELR) que estima la presión ambiental del sistema en función del uso de insumos no renovables; y Emergy Sustainability Index (ESI) que expresa la relación entre eficiencia y carga ambiental.

La siguiente fase del modelo consistente en la construcción del Green GDP, a partir del Emergy to Money Ratio (EMR), un coeficiente que representa cuántos seJ están implicados en la generación de una unidad monetaria en la economía. Para llegar a esto, esta propuesta metodológica calcula el flujo total de emergía utilizado por el sistema agrícola, considerando tanto insumos renovables como no renovables e importados valorados con su transformidad, con esto se calcula el EMR (seJ consumido/PIB nacional), este indicador permite monetizar los flujos dañinos incurridos en el proceso agrícola (Emergia del flujo no sostenible/EMR), y esta valoración en unidades económicas del daño permite ajustar el GDP agrícola convencional al restar el costo ecológico monetizado, obteniendo así el GDP corregido ambientalmente.

Por otra parte, hay autores que plantean la implementación de metodologías híbridas, donde se integran valoraciones, indicadores y conceptualizaciones, como es el caso del artículo de Michalke, et. al (2023), quienes postulan la implementación de un análisis con contabilidad de costos reales siendo parte integral de su postulación un análisis de ciclo de vida. El estudio implica entonces la delimitación del objeto de estudio y su unidad funcional, que para el contexto particular corresponde a los cultivos de varios productos agrícolas con modelos convencional y orgánico, se recopilan los datos de insumos aplicados, consumidos, rendimientos y prácticas de manejos necesarios para construir el flujo, esto a partir de fuentes primarias y secundarias, con esto se procede a cuantificar los impactos con la implementación del LCA, es importante resaltar

aquí que los métodos aplicados fueron ReCiPe y USEtoxⁱ, una vez se realiza la cuantificación de los impactos se multiplican por los coeficientes de monetización elegidos. Finalmente, se suman a esta monetización los costos económicos directos (como trabajo e insumos) y se obtiene el costo verdadero de producción, con esto, se logra evidenciar la diferencia entre el costo de mercado de los productos y su costo real al incluir todas las externalidades generadas en su proceso productivo.

Una vez realizada esta exposición de las principales metodologías implementadas por los autores en el marco de la valoración de los costos ambientales asociados al sector agrícola, se hace necesario establecer algunas variables comunes de referencia entre estas para facilitar la comparación entre las diversas propuestas. La siguiente tabla se desarrolla teniendo como objetivo el concretar y diferenciar el alcance, las fases e insumos requeridos y la utilidad de cada una de las metodologías planteadas, esta sistematización además permite reconocer las potenciales relaciones de complementariedad que se pueden desarrollar y su adaptabilidad según los objetivos del análisis que se desee llevar a cabo.

Tabla 1

Resumen de metodologías

Elemento de análisis	Análisis de ciclo de vida	Costos sociales	Contabilidad de flujo de materiales	Costos de regeneración	Análisis emergético
Objeto	Producto o proceso, desde cuna hasta la tumba	Impactos sociales y económicos derivados del uso de insumos contaminantes o generación de residuos	Flujos de materiales y energía dentro del proceso	Capacidad del ecosistema para restaurar servicios o capacidades afectadas	Flujos de energía solar incorporada en bienes y servicios
Enfoque	Ambiental-Físico (Impacto ambiental por cantidad de producto)	Económico-social (impacto externo sobre salud, ecosistemas, política pública)	Ecoeficiencia (optimización de recursos y reducción de residuos)	Ecológica (capacidad de restauración natural)	Ecológica-sistémica (visión integradora de recursos naturales y macroeconomía)

Unidad	En función del objeto (Unidad funcional)	Unidad monetaria de externalidad (costo oculto por unidad de producción)	Materiales positivos y negativos (producto vs. pérdida)	Energía requerida para restaurar recursos naturales (exergía)	Emergy (seJ: solar emergy joules)
Fases de implementación	Definición de objetivos, inventario, evaluación de impactos e interpretación	Estimación de externalidades, monetización de daños	Identificación de flujos, clasificación, asignación de costos, cálculo de pérdidas y generación de residuos	Identificación de daños, conversión a exergía, cálculo de costos de restauración	Inventario de flujos, asignación de transformidades, cálculo de índices energéticos
Fuentes de información	Bases de datos internacionales (Ecoinvent, GaBi) e inventario desarrollado	Datos macroeconómicos, demográficos, epidemiológicos	Información interna de recursos empleados y de producción, mediciones físicas y energéticas	Literatura científica sobre procesos ecosistémicos, coeficientes exergéticos	Transformidades publicadas, bases nacionales de emergía, balances energéticos
Potencialidad de valoración económica	Limitada (necesita ser combinada con ACC y CCV)	Alta (información macroeconómica y presupuestaria)	Moderada (posible cuando se traduce pérdida en valor económico)	Alta (conversión de exergía a valores económicos mediante costos equivalentes)	Alta (Indicadores de gestión)
Tipo de resultados	Categorías de impacto (ej. cambio climático, eutrofización, toxicidad)	Valor monetario de los impactos negativos no asumidos por el productor y transferidos a la sociedad	Costo total por ineficiencias materiales y energéticas	Valor monetario del daño ambiental según energía necesaria para su regeneración	Indicadores de sostenibilidad y gestión
Aplicabilidad	Producto, proceso, cadena de suministro	Políticas públicas, nacional	Empresa, unidad de producción	Sectorial, nacional	Sectorial, nacional
Limitaciones	Depende de disponibilidad de inventarios y datos de fondo	Exactitud en los datos, riesgo de subjetividad	No capta impactos ambientales externos, centrado en eficiencia interna	Requiere alta especialización técnica, limitación de factores de conversión	Complejidad metodológica, requiere base de datos amplia y transformidades estandarizadas

Nota: Elaboración propia

La revisión detallada de las principales metodologías implementadas por los autores para la identificación y valoración económica de los costos ambientales en el sector agrícola deja como manifiesto la gran diversidad de enfoques teóricos y prácticos que, aunque comparten un fin último, visibilizar los daños ambientales ocasionados por la actividades agrícolas, lo hacen desde posturas y enfoques que podrían considerarse sustancialmente distintos, lo que posibilita la

exploración de propuestas de implementación y generación de conocimientos en múltiples campos tanto académicos como sociales y productivos. Esta pluralidad metodológica surge como respuesta no solo a la complejidad inherente al fenómeno ambiental, sino también a la multidimensionalidad desde el que puede aproximarse: física, económica y contable.

Por tanto, la primera reflexión que se hace evidente a partir de esta revisión comparativa es que no existe una única metodología de identificación y valoración, y mucho menos que sea universalmente aplicable, sino que se expone como cada propuesta aporta elementos diferenciales que pueden considerarse más o menos pertinentes según el contexto y entorno en donde se desea desarrollar el análisis, los objetivos de investigación y la disponibilidad de los datos y la información. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), por ejemplo, cuenta con una estructura con disposiciones normativas consolidadas y su fortaleza como método de identificación de los impactos a lo largo de toda una cadena de valor. Pese a esto, se enfrenta a una gran limitante cuando se necesita expresar dichos impactos en términos monetarios, por tanto, su implementación por sí sola para análisis con intereses de valoración económica resulta insuficiente, esto es lo que ha impulsado su integración con otros tipos de metodologías de valoración económica.

Por su parte, la metodología de análisis de Costos Sociales permite convertir los impactos ambientales y sanitarios en unidades monetarias, posibilitando la generación de información clave para la toma de decisiones económicas y políticas. Sin embargo, su aplicabilidad se ve afectada por la inexactitud en la identificación y estimación de externalidades y la necesidad de acceso a fuentes de información específicas sobre salud, biodiversidad y regulación ambiental. Algo similar ocurre con la Contabilidad de Costos del Flujo de Materiales, que, si bien es una herramienta adecuada para el análisis de la eficiencia de los procesos internos, al no lograr

integrar a su revisión aquellos impactos fuera del sistema productivo, restringe su capacidad para valorar daños ecológicos más amplios.

Metodologías más integradoras como el Análisis de Emergia o los Costos de Regeneración basados en Exergía que permiten integrar incorporar una mirada sistémica al análisis de impactos ambientales, al cimentarse en la revisión de los flujos de energía y la capacidad ecológica para restaurar los daños generados en los procesos agrícolas. A partir del análisis de las diversas propuestas metodológicas presentadas, se puede afirmar que estos enfoques proponen un conjunto de indicadores que permiten estimar la sostenibilidad real de un sistema agrícola. Sin embargo, su implementación en la práctica puede verse limitada por el requerimiento de datos altamente específicos y la complejidad en el manejo de unidades físicas no convencionales.

En síntesis, esta revisión deja como balance en primer lugar que cada metodología contribuye en mayor o menor medida a los análisis de sostenibilidad e impactos ambientales de los procesos agrícolas, y que su valor no radica únicamente en la capacidad de cuantificación y estimación económica, sino también en su potencial para promover nuevas visiones en los enfoques que se tienen para la comprensión, registro y gestión de los costos ambientales, y que no se limita únicamente al contexto agrícola. De ahí que, más que competir entre sí, estas metodologías pueden ser vistas e implementadas de manera complementaria. La combinación de herramientas contables internas (como CCFM) con modelos de impacto externo (como Costos sociales) puede ofrecer una visión más integral para la comprensión de la realidad ambiental y económica del sector agrícola.

Siendo así, las metodologías revisadas no solo permiten identificar y valorizar con mayor precisión los impactos de los procesos agrícolas en el medio ambiente, sino que también aportan

insumos clave para la formulación de políticas públicas, evaluación de prácticas sostenibles y la mejora de la gestión empresarial. Con base en esta revisión metodológica, el siguiente capítulo se enfocará en la presentación de estrategias que sirvan para la identificación, estimación y gestión efectiva de los costos ambientales, orientadas en el fortalecimiento la sostenibilidad del sector agrícola, esto a partir de los resultados obtenidos por los autores de los artículos con la implementación de dichas metodologías.

6.3 Proposición de lineamientos o estrategias para la gestión efectiva de los costos ambientales, orientadas a fortalecer la sostenibilidad del sector agrícola.

Como se ha mencionado a lo largo del presente trabajo, dado los desafíos ambientales que enfrenta el sector agrícola, resulta prioritario avanzar hacia modelos de producción sostenibles, que integren y consideren además de la rentabilidad económica, la conservación de los recursos naturales y el bienestar de la comunidad.

Siendo así, se propone como estrategia en la implementación del Análisis del ciclo de vida (ACV) bajo el modelo planteado por Navavi y Damgaard, abordado anteriormente en este documento, la integración de otras herramientas metodológicas, que en conjunto posibiliten el visualizar, comprender, valorizar y gestionar los costos ambientales de las prácticas agrícolas que tradicionalmente han sido excluidos de los sistemas contables y de costos por la falta de claridad y lineamientos respecto al tema.

En este sentido, se plantea como estrategia la aplicación estructurada del Análisis del ciclo de vida (ACV), para entender el impacto ambiental de las prácticas agrícolas desde el inicio hasta el final de su producción, basándose en el enfoque “de la cuna a la tumba” de manera conjunta con el Análisis de costos del ciclo de vida (ACC) para el entendimiento de los costos financieros a lo largo de la cadena de valor, y además la integración de la contabilidad de costos

verdaderos (CCV), esto para evidenciar con claridad los costos sociales ocultos o externalizados, e intentar asignar un valor monetario a los impactos ambientales y sociales.

La incorporación a los procesos de identificación y valoración económica de los costos ambientales de estas tres herramientas en conjunto, permite avanzar hacia una contabilidad más transparente, responsable y alineada a los principios de sostenibilidad, que visibilizan a los actores primarios, para que puedan conocer, cuantificar y asignar un valor a todos los impactos generados por las prácticas agrícolas, teniendo siempre presente la sostenibilidad de los suelos, tierras y aguas que constituyen el factor principal e inicial de los sistemas de producción agrícolas, haciendo que el uso sostenible de los recursos sean fundamentales para el logro de los objetivos de preservación de los ecosistemas y mitigación de los efectos negativos de las actividades agrícolas.

Partiendo por los autores y descrito anteriormente en los apartados correspondientes, se considera en este trabajo que el objetivo de esta implementación metodológica es tener una visión financiera y ambiental mucho más completa y real de las prácticas agrícolas, incluyendo tanto los beneficios como los daños no visibles que normalmente no se ven reflejados en la información contable tradicional, costos e impactos que terminan por ser trasladados a los consumidores finales y a la sociedad. La generación de esta información permite a los agricultores, gobierno, empresarios y grupos de interés, responsabilizarse y tomar decisiones más eficientes y sostenibles, ya que se comprende el costo verdadero y total que se genera, lo que, consecuentemente aporta en la construcción de un camino hacia el cambio comportamental y la adopción de alternativas que, aunque puedan representar una inversión significativa, resulten más rentables y resilientes a largo plazo.

Para llevar a cabo la estrategia planteada, se realiza una propuesta estructurada para la

evaluación y mejora de la sostenibilidad en las prácticas agrícolas, integrando diversas metodologías y conceptos en el Análisis de Ciclo de vida desarrollados por diversos autores; este proceso integra a través de una secuencia de etapas consecutivas que incluyen: la definición de objetivos y alcances; la recopilación de datos e inventario del ciclo de vida; la evaluación de impactos ambientales; impactos económicos y sociales; la interpretación de resultados e identificación de mejoras; y finalmente, la integración de principios orientados a la toma de decisiones. Cada una de estas fases cumpliendo un propósito específico y, de manera articulada, contribuyen al enfoque integral que se busca alcanzar.

Figura 7
Procedimiento de integración de ACV, ACC, CCV



Notas: Autoría propia

Paso 1: Como plantea Bahmutsky et al. (2024) es fundamental la definición de objetivos y

alcance, establecer el marco del estudio, en el cual se trata de objeto de estudio, el tipo de producción que se evaluará (cultivo, zona, técnica), y los limitantes establecidos (de la siembra a la cosecha, o todo el ciclo productivo). La claridad en este punto es crucial porque determina qué procesos se incluirán en el análisis y cuáles no, un alcance bien definido asegura que los resultados sean relevantes y comparables.

Paso 2: De igual forma, para Bahmutsky et al. (2024) la recopilación de datos e inventario del ciclo de vida consiste en recolectar toda la información necesaria para entender cómo opera el sistema agrícola, en el que se documenta información como los insumos (fertilizantes, pesticidas, semillas), procesos (preparación del terreno, siembra, riego, cosecha), salidas (residuos, emisiones, productos). El resultado es un inventario detallado de entradas y salidas, que permite la evaluación objetiva de los impactos sociales ambientales asociados.

Paso 3: Para la evaluación de impactos ambientales, se deben considerar bases planteadas por el ACC y CCV, de acuerdo con lo mencionado por Bahmutsky et al (2024), los datos recopilados en el paso anterior permiten un análisis de los efectos ambientales que genera cada etapa del proceso agrícola, aportando, al respecto a esto, según lo planteado por Michalke et al (2023) el análisis de los efectos, permite la identificación de costos no considerados que tradicionalmente han sido ignorados, tales como: efectos en la salud pública, daños a los ecosistemas y huella ecológica; y la evaluación de la degradación del suelo, en el que se evalúan aspectos como la pérdida de fertilidad, erosión, salinización, que tienen efectos sobre la capacidad productiva del terreno.

Paso 4: En cuanto a la evaluación de impactos económicos y sociales, se incorporan herramientas económicas que permiten traducir los impactos ambientales en cifras comprensibles y accionables, tales como la contabilidad de costos verdaderos, como lo describe Bellon et al.

(2024), busca visibilizar y cuantificar los costos ocultos de las externalidades, como la regeneración ambiental, costos por contaminación y daños a la salud y al ecosistema, aplicando factores de monetización, dependiendo el contexto y la necesidad, que traducen impactos físicos o sociales en valores económicos.

Paso 5: Interpretación de resultados e identificación de mejoras, Bellon et al. (2024) sugiere que la interpretación de la información es fundamental para identificar puntos críticos, comparar externalidades, facilita la evaluación de los beneficios frente a costos ocultos, identifica y propone mejoras concretas, como sustituir insumos, ajustar procesos, adoptar nuevas tecnologías, entre otros, este paso es fundamental, ya que convierte el análisis en acción.

Paso 6: Integración de principios, en donde se vincula el análisis con enfoques estratégicos, el cual permite entender si las acciones generan beneficios económicos y sociales, por ejemplo, para Bahmutsky et al. (2024) pese a que los resultados se presentan en diferentes unidades y varían dependiendo del contexto, pueden demostrar en términos generales ahorros en insumos y desperdicios, aumentos de los rendimientos o mayores márgenes de ganancia, siendo esto fundamental para la toma de decisiones.

Así mismo, teniendo en cuenta la evaluación del costo real de la cadena de valor, incluyendo los impactos ambientales, sociales, y económicos, es fundamental, según Michalke et al. (2023) permitir reconocer como estas afectaciones se reflejan en los precios finales, lo que no solo contribuye a una asignación de recursos más eficientes y justa, sino que también refuerza la necesidad de cambios en las políticas agrícolas y patrones de consumo.

En conclusión, la integración de estas tres metodologías representa un avance significativo frente a los enfoques convencionales de evaluación en el sector agrícola, ya que, a diferencia de metodologías tradicionales, esta combinación permite una comprensión más profunda de los

impactos a lo largo de toda la cadena de valor. Su aplicación estructurada no solo facilita la identificación y cuantificación de las externalidades ocultas, sino que también ofrece herramientas concretas para traducir estos impactos en valores monetarios comprensibles para la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad.

En este mismo sentido, una de las condiciones no negociables de los actores primarios en los procesos agrícolas para la integración de modelos de producción sostenibles es la garantía en la perpetuación de sus capacidades competitivas, por ello resulta fundamental dejar de manifiesto los beneficios potenciales que implica para dichos actores la implementación de metodologías que permitan generar análisis e información sobre la eficiencia en la gestión interna del proceso agrícola. Es allí donde resultan pertinentes propuestas metodológicas tales como la contabilidad de costos del flujo de materiales, quien se propone visibilizar las ineficiencias en el uso de materiales y energía. Su principal aporte radica en que no solo se limita a medir los insumos que se convierten en producto final, sino también aquellos que se pierden o desperdician en forma de residuos, emisiones o subproductos no deseados. Al realizar una valoración económica de los costos económicos a esos flujos negativos, la CCFM visibiliza las pérdidas y adicional las presenta como datos que pueden ser gestionados.

Con este enfoque, la implementación de la contabilidad de costos de flujo de materiales en procesos agrícolas permite avanzar hacia una contabilidad que no se limite a reportar impactos externos, sino que integre la sostenibilidad y eficiencia como un criterio operativo en la toma de decisiones de los actores primarios. La posibilidad de identificar de manera precisa las actividades del proceso productivo donde se presentan mayores ineficiencias da lugar a acciones correctivas y preventivas como la optimización de los insumos de fertilización, el control en el uso del agua, la mejora de prácticas de manejo o la reutilización de subproductos.

Es por lo anterior, que se presenta el CCFM no solo como una herramienta contable, sino como una metodología que vela por una gestión ambiental que va un paso más allá, al conectar la eficiencia económica con la responsabilidad ecológica.

A la aplicación práctica de la contabilidad de costos del flujo de materiales tomando como guía las fases descritas en el capítulo anterior, para esta, se propone la adición de indicadores de gestión operativa, esto con la finalidad de brindar información que facilite la toma de decisiones informadas en aras de reducir pérdidas, optimizar recursos y mejorar el desempeño ambiental interno. Así, el análisis de flujos materiales y sus costos se transforman en herramientas prácticas para la toma de decisiones, el control operativo y la planificación productiva.

De esta manera, una vez realizada la delimitación del proceso, la identificación del flujo de materiales y la respectiva clasificación de los productos como positivos y negativos, estos datos permiten realizar el cálculo de los costos de productos negativos, es decir, estimar el valor económico de la ineficiencia del sistema. Con este insumo base, se definen los puntos críticos de ineficiencia y se establecen las metas de cumplimiento de los indicadores, es importante mencionar que el tipo de indicador va a depender de las condiciones del entorno productivo donde se implemente, pues dentro de las metas de los indicadores se pueden fijar márgenes de control o tolerancia de las ineficiencias, o por su parte indicadores de cumplimiento. En cualquiera que sea el caso, la formulación y estructura de los indicadores debe cumplir con 3 características indispensables, fáciles de calcular, relevantes para la gestión y comparables en el tiempo.

En este sentido se propone el uso de:

Tabla 2

Propuesta de indicadores para aplicación del CCFM

Indicador	Fórmula	Interpretación
Eficiencia de insumos (%)	$(\text{Productos positivos} / \text{Total insumos}) \times 100$	Uso efectivo de los insumos
Costo de ineficiencia por área productiva (USD/ha)	$(\text{Valor productos negativos} / \text{Área cultivada})$	Perdida por área mala gestión
Desempeño ambiental (%)	$(\text{Costo de ineficiencias} / \text{Producción total}) \times 100$	Impacto ambiental por unidad producida

Nota: Elaboración propia

A forma de ejemplificar la implementación de esta propuesta, supóngase que en el sistema productivo de una finca agrícola de 20 hectáreas dedicadas al cultivo de maíz se utilizaron 1.000 kg de fertilizante, 10 kg de agua de riego, y 60 kg de pesticidas. El resultado del proceso productivo permitió obtener una producción de 60.000 kg de maíz, adicional a esto, también se identificaron residuos orgánicos no aprovechados (15.000 kg de hojas y tallos) y pérdidas por lixiviación de fertilizantes equivalentes al 15% del insumo aplicado. A partir de esta información, la implementación de los indicadores propuestos es:

Tabla 3

Ejemplificación de indicadores propuestos para aplicación de CCFM

Indicador	Fórmula	Interpretación
Eficiencia de insumos (%)	$(60.000 / (1.000 + 10 + 60 + 15.000)) \times 100$	El 94,92% se convirtió en el producto esperado
Costo de ineficiencia por área productiva (USD/ha)	$((3.750 + 150) / 20)$	Hay un costo de 195 USD por hectárea mal gestionada
Desempeño ambiental (%)	$(3.900 / 60.000) \times 100$	El impacto ambiental medido como pérdida representa 6.5% del valor total de la producción.

Nota: Elaboración propia

La implementación de esta propuesta busca incentivar la reducción de la huella ambiental de

los procesos agrícolas al generar información transparente sobre los costos ocultos asociados a prácticas insostenibles, lo que permite a los productores identificar oportunidades de ahorro y eficiencia. a la vez que fortalece la competitividad de los actores primarios, al hacer visibles los costos innecesarios y facilitar el cumplimiento de estándares sostenibles, puesto que la presentación de información económica de los impactos logra vincular la sostenibilidad con la competitividad.

Dicho esto, también resulta valioso la configuración de una metodología que posibilite la revisión de la gestión agrícola desde la perspectiva macroeconómica, siendo esto fundamental para la configuración de políticas públicas que aporten en la sostenibilidad y eficiencia del sector. Lo anterior, justificado a partir de la revisión bibliográfica desarrolla anteriormente, donde se evidenció que en numerosos casos los impactos ambientales terminar por ser externalidades que asume la sociedad, y en última instancia, al ser información no integrada correctamente distorsionan los criterios para la asignación de los recursos y generación políticas públicas. A partir del análisis que antecede a este capítulo, se identifica la potencial integración de metodologías que incluyan variables macroeconómicas, tales como son los costos sociales, de regeneración y exergicos, que evidencian de manera integral los impactos de las prácticas agrícolas en el bienestar colectivo.

En este sentido, la finalidad de esta integración es la construcción de indicadores de gestión ambiental macroeconómicos que reflejen la realidad de los impactos totales del sector desde dimensiones y enfoques complementarios, es decir, la implementación de un análisis de costos sociales permite cuantificar los costos asumidos por la sociedad a través del gasto público; el análisis de los costos de regeneración aporta en la comprensión del deterioro energético del sistema edáfico (siendo el suelo un elemento determinante en los procesos agrícolas) y el

enfoque exergico que posibilita la identificación del consumo de diferentes tipos de recursos en una unidad común que garantice la comparabilidad objetiva de la información, estableciendo indicadores a niveles macroeconómicos ajustados con los gastos reales y completos del sector agrícola.

En este contexto, incorporar indicadores como los costos sociales, los costos de regeneración ecológica y los derivados del análisis de emergía permite hacer visible estos impactos ocultos y evidenciar el verdadero desempeño del sector siguiendo las propuestas planteadas por los autores HU, Alliot, et al., desarrolladas anteriormente en este documento. A partir del análisis de dichos aportes, se considera que, al transformar impactos complejos en valores económicos comprensibles, se logra desarrollar una base técnica para la toma de decisiones, especialmente en lo que corresponde a la distribución de subsidios, el diseño de incentivos y la priorización de inversiones públicas en el sector agrícola. Adicionalmente, esta integración en los sistemas de contabilidad nacional o en informes de sostenibilidad, fortalece la capacidad del Estado para generar políticas públicas que no solo promuevan la productividad agrícola, sino que también garanticen la preservación de los recursos naturales y la equidad sectorial. En definitiva, esta integración representa un elemento clave hacia modelos gubernamentales con información integral y relevante, que reconozca como los procesos productivos generan externalidades marginales, que deben convertirse en elementos centrales del equilibrio entre producción, ambiente y bienestar social.

Lo anterior, abre la posibilidad de corregir sesgos en la asignación de recursos y la orientación de las propuestas estratégicas al reconocimiento de una verdadera dimensión de los costos ambientales. En este sentido, la propuesta planteada puede constituirse como un aporte en el avance hacia una contabilidad agrícola más integral, transparente y alineada con los objetivos

de sostenibilidad y equidad económica a nivel territorial, regional o nacional.

El presente capítulo ha permitido construir propuestas que buscan dar respuesta a uno de los desafíos que enfrenta el sector agrícola, la gestión efectiva de los costos ambientales sin perder de foco la sostenibilidad ambiental, a partir de la problemática identificada donde los impactos negativos de las actividades agrícolas no son reflejados en la información contable tradicional, se planteó la necesidad de incorporar herramientas por medio de metodologías que permitan identificar, valorar y gestionar estos impactos de forma clara y medible.

En este sentido, la propuesta de la integración de ACV, ACC y CCV permite evaluar los efectos ambientales de cada etapa del proceso productivo y traducirlos en términos económicos y sociales, visibilizando los costos ocultos y brindando un lenguaje en común que posibilita la toma de decisiones responsables.

En ese mismo sentido, se destaca el aporte de la contabilidad de costos del flujo de materiales, que facilita el reconocimiento de aquellos recursos que se pierden en el camino productivo, esta metodología permite entender las ineficiencias en términos económicos y estadísticos, dando bases para la reducción de residuos, optimización de procesos y el fortalecimiento de la rentabilidad, puesto que la sostenibilidad y eficiencia económica no son objetivos opuestos, sino que se vuelven complementarios al ser trabajados de manera adecuada.

De igual forma, es importante tener en cuenta las implicaciones de los impactos ambientales del proceso agrícola a escala macro, la inclusión de variables como los costos sociales, el análisis de emergencia o los costos de regeneración ecológica permiten vincular los impactos locales a las decisiones sectoriales, nacionales o globales.

En suma, las estrategias propuestas buscan ofrecer soluciones prácticas y fundamentales

para la integración de diversas metodologías para la vinculación de la dimensión ambiental en la contabilidad y los costos, construyendo un sector más sostenible, pensando en el bienestar común.

7. Conclusiones

La revisión bibliográfica desarrollada a lo largo de este documento proporciona un panorama sobre las metodologías y enfoques utilizados en la identificación y estimación económica de los costos ambientales asociados a las actividades agrícolas, resaltando su importancia para avanzar hacia un modelo de gestión sostenible en el sector. El análisis permitió evidenciar una tendencia en la implementación de metodologías como, el análisis de ciclo de vida, la contabilidad de costos sociales y el análisis de costos de flujos de materiales, dejando en manifiesto las ventajas y limitaciones en su aplicabilidad, teniendo como punto en común un interés por visibilizar e integrar una valoración de los impactos ambientales generados por las actividades agrícolas, pese a esto, se evidencia una clara diferencia en los procesos desarrollados para abordar este objetivo. Estas herramientas permiten no solo cuantificar y valorar económicamente los efectos negativos de la actividad agrícola sobre el medio ambiente, sino también comunicar de manera efectiva los impactos para una toma de decisiones más responsable y consciente.

El análisis de las metodologías en la investigación académica demuestra que, en los últimos años, existe un interés creciente por incorporar metodologías de tipo innovadoras y experimentales, tal es el caso del análisis de energía y las evaluaciones basadas en unidades de valor energético, que buscan dar un paso más allá de los enfoques tradicionales y brindar indicadores más completos y representativos del impacto ecológico y social ocasionado por las actividades del sector agrícola. Estas metodologías pretenden captar las relaciones dinámicas entre los recursos naturales y los procesos productivos, tomando en cuenta aspectos como la capacidad de regeneración ecológica y los costos sociales asociados, elementos que a lo largo del tiempo han permanecido omitidos en los análisis comunes.

Cabe resaltar que la revisión de la literatura indica que las implementaciones de las metodologías se desarrollan en diferentes contextos geográficos y agrícolas, lo que permite entender las diversas problemáticas relacionadas con la gestión ambiental en diferentes contextos. La diversidad de enfoques en los objetos de estudios refleja también una diversidad en el nivel de detalle y alcance, desde análisis específicos de cultivos individuales hasta evaluaciones a nivel sectorial. Se logra inferir como tendencia, la internalización de los costos y como esto puede marcar una diferencia en la gestión y sostenibilidad del sector agrícola, pues al integrar los costos ambientales generados en el proceso agrícola a los precios del mercado, las decisiones tanto de productores como consumidores puede tomar una variable adicional en consideración. Además, esta capacidad de traducir impactos en términos monetarios o en unidades físicas comprensibles, facilita la comunicación con los diferentes actores y apoya en la generación de políticas públicas relacionadas con la protección ambiental.

Se resalta que la revisión bibliográfica permitió evidenciar que existe la posibilidad de establecer relaciones complementarias entre diferentes metodologías de evaluación ambiental con el objetivo de potenciar significativamente los resultados y su aplicabilidad en los diversos entornos. Es decir, dependiendo tipo de agricultura, naturaleza del cultivo, características geográficas y alcance del análisis, es posible integrar enfoques metodológicos de manera estratégica, logrando obtener una revisión integral y detallada de los impactos agrícolas asociados al objeto de estudios, esta flexibilidad metodológica potencializa las capacidades de identificación individuales.

Si bien estas metodologías ofrecen una base para la identificación y estimación de los costos ambientales asociados al sector agrícola, también se enfrentan a limitaciones como lo puede ser la disponibilidad de datos, la complejidad en su aplicación en ciertos contextos y la

necesidad de conocimientos especializados para su correcta implementación. Por lo que capacitar a los actores involucrados es un factor clave para facilitar su uso y efectividad en el sector agrícola, debido a esto, se hace necesario que la investigación futura aborde estos aspectos y procure la exploración de nuevas herramientas que permitan una evaluación más eficiente.

Finalmente, la literatura revisada reafirma la importancia de continuar generando investigaciones los costos ambientales asociados al sector agrícola, puesto que garantizar un elemento esencial para el desarrollo humano como es el caso de la alimentación, es indispensable, por tanto, implica necesariamente hacerlo de manera ambientalmente sostenible. En este mismo sentido, seguir desarrollando propuestas metodológicas que integren variables económicas, sociales y ecológicas son pasos necesarios para transformar la relación entre agricultura y medio ambiente, garantizando que los beneficios económicos no se obtengan a costa del deterioro ecológico y social. Por último, la adopción de estos enfoques busca apoyar el desarrollo de procesos agrícolas más responsable, donde los costos invisibilizados puedan ser internalizados en las decisiones, en una era donde la información resulta un recurso estratégico, traducir en cifras reales el costo de los procesos productivos sobre el medio ambiente es un aporte esencial para la toma de decisiones de todos los actores involucrados.

Anexo 1

Número	Título	Año de publicación	Autores	Base de datos
1	Environmental costs of China's food security	2015	Norse, David, Ju, XT	Web of science
2	Trade in the US and Mexico helps reduce environmental costs of agriculture	2016	Martinez Melendez, LA; Bennett, EM	Web of science
3	Calculating environmental cost indicators of apple farm practices indicates large differences between growers	2017	Bernd Annaert, Yanne Goossens, Annemie Geeraerd, Erik Mathijs, Liesbet Vranken	Web of science
4	Productivity and environmental costs from intensification of farming. A panel data analysis across EU regions	2017	Carla Antonini, Josep Maria Argilés-Bosch	Web of science
5	Snow lines on shorelines: Solving styrofoam buoy marine debris from oyster culture in Taiwan	2018	Chen, chung-ling ; Kuo, Po-Hsiu	Scopus
6	Irrigated agriculture and the cost recovery principle of water services: Assessment and discussion of the case of the Guadalquivir River Basin (Spain)	2018	Garcia, Alfonso Exposito	Scopus
7	Ensuring food security with lower environmental costs under intensive agricultural land use patterns: A case study from China	2018	Qi, Xiaxing ; Wang, raymond yu	Scopus
8	Food security and sustainable agriculture in Lebanon: An environmental accounting framework	2019	Skaf, L., Buonocore, E., Dumontet, S., Capone, R., & Franzese, P. P	Web of science
9	Environmental Impact and Carbon Footprint Assessment of Taiwanese Agricultural Products: A Case Study on Taiwanese Dongshan Tea	2019	Allen H. Hu1, Chia-Hsiang Chen, Lanza Hongwei Huang, Ming-Hsiu Chung, Yi Chen Lan, Zhonghua Chen	Web of science
10	Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production	2019	Majid Dekamin, Morteza Barmaki	Web of science
11	Environmental and productive performance of different blueberry (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) production regimes: Conventional, organic, and agroecological	2019	René Montalba, Lorena Vieli, Florencia Spirito, Edmundo Muñoz	Web of science
12	Estimating soil nitrate leaching of nitrogen fertilizer from global meta-analysis	2019	Wang, Yingcheng, Ying, Hao, Yin, Yulong, Zheng, Huifang, Cui, Zhenling, Send mail to Cui Z.	Scopus
13	Mapping the Environmental Cost of a Typical Citrus-Producing County in China: Hotspot and Optimization	2020	Yang, Min, Long, Quan, Li, Wenli, Wang, Zhichao et al	Web of science
14	A methodological framework for an easy and reliable estimation of the full cost of irrigation water	2020	Ángeles Alamanos, Dionisio Latinopoulos, Nikitas Mylopoulos	Scopus

15	Potential Farm-Level Economic Impact of Incorporating Environmental Costs Into Nitrogen Decision Making: A Case Study in Canadian Corn Production	2020	Banger, Kamaljit; Nasielski, Joshua; Janovicek, Ken; Sulik, John; Deen, Bill	Web of science
16	The Hidden Costs of Land Degradation in US Maize Agriculture	2021	Jang, Ws; Neff, JC; im, Y; Doro L	Web of science
17	Assessing the economic and environmental impact of jasmine rice production: Life cycle assessment and Life Cycle Costs analysis	2021	Ittisak Jirapornvaree; Tawadchai Suppadit, Vikas Kumar	Web of science
18	Trades-offs between economic benefits and environmental impacts of vegetable greenhouses expansion in East China	2021	Qiu, Lefeng; Wu, shaohua	Scopus
19	Improving smallholder farmers maize yields and economic benefits under sustainable crop intensification in the North China Plain	2021	Ren, Hao; Han, Kun; Liu, Yuee	Scopus
20	Ammonia fluxes and emission factors under an intensively managed wetland rice ecosystem	2021	Uddin S., Nitu T.T, Milu U.M.; Nasreen S.S, Hossenuzzaman M, Haque M.E, Hossain B, Jahiruddin M., Bell R.W., Müller C	Scopus
21	The social cost of pesticide use in France	2022	Alliot, C (Alliot, Christophe; Mc Adams-Marin, DMc Adams-Marin, Delphine; Borniotto, DBorniotto, DianaBaret, PVBaret, Philippe V.	Web of science
22	Evaluating Agricultural sustainability and Green GDP in China: An Emergy analysis	2022	Jiangfeng Hu, Jingjing Lyu, Xinyuan Zhang	Scopus
23	Integrating crop redistribution and improved management towards meeting Chinas food demand with lower environmental costs	2022	Zihan Wang, Yulong Yin, Yingcheng Wang	Scopus
24	DMPP reduces nitrogen fertilizer application rate, improves fruit quality, and reduces environmental cost of intensive apple production in China	2022	Wang, F; Ge, S; Lyu, M	Scopus
25	The effects of agricultural product exports on agricultural environmental pollution: evidence from OECD countries and China	2023	Liu Zhen , Cai Renjie , Li Ruotong , Lan Jing	Web of science
26	Agricultural environmental footprint index based on planetary boundary: Framework and case on Chinese agriculture	2023	Xian, YR ; Cai, GY ; Sang, JA ; Chen, Y ; Wang, XL	Web of science
27	High environmental costs behind rapid economic development: Evidence from economic loss caused by atmospheric acid deposition	2023	Zhang, QY; Zhu, JX; Mulder, J; Liu, CQ	Web of science

28	Regionalized environmental damages and life cycle cost of chickpea production using LC-IMPACT assessment	2023	Ashkan Nabavi-Pelesaraei y	Web of science
29	True cost accounting of organic and conventional food production	2023	Amelie Michalke, Sandra Köhler, Lukas Messmann, Andrea Thorenz, Axel Tuma, Tobias Gaugler c	Web of science
30	The Extension of Vegetable Production to High Altitudes Increases the Environmental Cost and Decreases Economic Benefits in Subtropical Regions	2023	Tao Liang, Weilin Tao, Yan Wang, Na Zhou, Wei Hu, Tao Zhang, Dunxiu Liao, Xinpeng Chen, Xiaozhong Wang	Web of science
31	Sustainable Viticulture of Italian Grapevines: Environmental Evaluation and Societal Cost Estimation Using EU Farm Accountancy Data Network Data	2023	Michel Frem, Alessandro Petrontino, Vincenzo Fucilli, Carlo Sansiviero, Francesco Bozzo	Web of science
32	Assessment of energy cycle, emissions cost, and environmental pollutants for sour cherry production: A case study	2023	Heidarisoltanabadi Mohsen; Elhami Behzad	Web of science
33	Characters, comparasions and explications of Chinas domestic environmental cost of agricultural exports from the perspective of global value chain	2023	Yuan yu, Rilong Fei, Kaihua Yuan	Scopus
34	Externalities of Pesticides and Their Internalization in the Wheat-Maize Cropping System-A Case Study in China's Northern Plains	2023	Li, Qiang; Si, Ruotong; Guo, Sen; Waqas, Muhammad Ahmed; Zhang, Baogui	Web of science
35	Impact of environmental cost on the production cost of crops: farmers perspective	2024	Datta Rony Kumar, Ahammed MMU	Web of science
36	External costs of water pollution in the drinking water supply sector	2024	Cullman, Astrid; Rechlitz Julia	Web of science
37	A review of life cycle impacts and costs of precision agriculture for cultivation of field crops	2024	Sofia Bahmutsky, Florian Grassauer, Vivek Arulnathan, Nathan Pelletier	Web of science
38	Regeneration costs of topsoil fertility: An exergy indicator of agricultural impacts	2024	Barbara Palacino, Sonia Ascaso, Antonio Valero, Alicia Valero	Web of science
39	Exploring the total cost of whole fresh, fresh-cut and pre-cooked vegetables	2024	Rasines, Laura; Morera, Serni; San Miguel, Guillermo; Aguayo, Encarna	Web of science
40	Environmental impact and mitigation potentials in Greenhouse tomatoes production system in Yangtze River Delta	2024	Gang Wu, Mingjiong Zhao, Bin Liu, Xingbang Wang, Manman Yuan, Jiabao Wang, Xinpeng Chen, Xiaozhong Wang & Yixiang Sun	Web of science

41	Economic and Environmental Assessment of Conventional Lemon Cultivation: The Case of Southeastern Spain	2024	Begoña García Castellanos, Benjamín García García; José García García	Web of science
42	True Cost Accounting Using Life Cycle Assessment Methods and Data: A Case Study Comparing Palm, Rapeseed, and Coconut Oils for Sustainability and Nutrition	2024	Bellon, Mauricio R., Send mail to Bellon M.R., Benard, Nicholas; Vizcaino, Maricarmen; Merrigan, Kathleen; Wharton, Christopher	Web of science
43	How planning shared infrastructure could support agriculture and desalinated irrigation	2024	Zolghdr-Asli, Badak; McIntyre Neil	Scopus
44	Sustainability assessment of autumn and spring potato production systems using extended exergy analysis (EEA)	2024	Jin, Y Jin, Yan, Gil, JM Gil, José María	Web of science

Referencias Bibliográficas

- Annaert, B., Goossens, Y., Geeraerd, A., Mathijs, E., & Vranken, L. (2017). Calculating environmental cost indicators of apple farm practices indicates large differences between growers. *International Journal Of Agricultural Sustainability*, 15(5), 527-538. <https://doi.org/10.1080/14735903.2017.1353721>
- Alamanos, A., Latinopoulos, D., & Mylopoulos, N. (2020). A methodological framework for an easy and reliable estimation of the full cost of irrigation water. *Water And Environment Journal*, 34(S1), 529-539. <https://doi.org/10.1111/wej.12556>
- Alliot, C., Adams-Marin, D. M., Borniotto, D., & Baret, P. V. (2022). The social costs of pesticide use in France. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1027583>
- Anampi, C. D. R., Calero, E. N. A., Castillo, P. C. C., & Flores, M. C. B. (2018). Gestión ambiental en las organizaciones: análisis desde los costos ambientales. *Revista Venezolana de Gerencia*, 23(84).
- Antonini, C., & Argilés-Bosch, J. M. (2016). Productivity and environmental costs from intensification of farming. A panel data analysis across EU regions. *Journal Of Cleaner Production*, 140, 796-803. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.009>
- Arámbulo-Carrión, I. A., Guzmán-Ávila, J. A., & Moreno-Narváez, V. P. (2020). Sistema de costos ambientales para la toma de decisiones en la industria bananera. *CIENCIAMATRIA*, 6(2), 65-94. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i2.362>
- Atapaucar, C. D. R. A., Calero, E. N. A., Castillo, P. C. C., & Flores, M. C. B. (2018). Gestión ambiental en las organizaciones: análisis desde los costos ambientales. *Revista Venezolana de Gerencia*, 23(84).

Alimentación y agricultura sostenibles | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.-b). SustainableFoodandAgriculture. <https://www.fao.org/sustainability/es/>

Bahmutsky, S., Grassauer, F., Arulnathan, V., & Pelletier, N. (2024). A review of life cycle impacts and costs of precision agriculture for cultivation of field crops. *Sustainable Production And Consumption*, 52, 347-362. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.11.010>

Banger, K., Nasielski, J., Janovicek, K., Sulik, J., & Deen, B. (2020). Potential Farm-Level Economic Impact of Incorporating Environmental Costs Into Nitrogen Decision Making: A Case Study in Canadian Corn Production. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00096>

Bellon, M. R., Benard, N., Vizcaino, M., Merrigan, K., & Wharton, C. (2024). True Cost Accounting Using Life Cycle Assessment Methods and Data: A Case Study Comparing Palm, Rapeseed, and Coconut Oils for Sustainability and Nutrition. *Sustainability*, 16(23), 10366. <https://doi.org/10.3390/su162310366>

Cañibano, C. L. (2000): «El medio ambiente en la contabilidad de las empresas», Legis del Contador, n.º 2, abril-junio, pp. 81-96.

Castellanos, B. G., García, B. G., & García, J. G. (2024). Economic and Environmental Assessment of Conventional Lemon Cultivation: The Case of Southeastern Spain. *Agronomy*, 14(8), 1842. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081842>

Castillo-Ojeda, V. E., Moreno-Narváez, V. P., & Váscquez-Acuña, L. G. (2020). La contabilidad ambiental y su aporte a la toma de decisiones en la industria bananera. *CIENCIAMATRIA*, 6(2), 459-489. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i2.376>

Cortes, L. V. (2019). *IMPORTANCIA DE LA GESTION DEL CONTADOR, PARA ORIENTAR LA PRESERVACIÓN AMBIENTAL EN LAS ORGANIZACIONES*. Edu.co. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/6f02b599-5a89-43c3-9e9f-a3b2bc87030f/content>

[-43c3-9e9f-a3b2bc8703of/content](#)

Cullmann, A., Rechlitz, J., Sundermann, G., & Wagner, N. (2024). External costs of water pollution in the drinking water supply sector. *American Journal Of Agricultural Economics*. <https://doi.org/10.1111/ajae.12490>

Chen, C., Kuo, P., Lee, T., & Liu, C. (2018). Snow lines on shorelines: Solving Styrofoam buoy marine debris from oyster culture in Taiwan. *Ocean & Coastal Management*, 165, 346-355. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.09.005>

Chuquitarco C.Y. (2024). Efecto de la producci3n agr3cola de distintos pa3ses del mundo sobre el cambio clim3tico : agricultura, cambio clim3tico y nutrici3n. 54 p3ginas. Quito : EPN.

Fern3ndez Cuesta, C. (1). El marco conceptual de la contabilidad ambiental. Una propuesta para el debate. *Contabilidad Y Auditor3a*, (19), 10 P3gs. Recuperado a partir de <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/Contyaudit/article/view/141f>

El nuevo informe de la FAO sobre los recursos de tierras y aguas dibuja un panorama alarmante. (2021, 12 septiembre). Newsroom. <https://www.fao.org/newsroom/detail/new-fao-report-on-land-and-water-resources-paints-alarming-picture-091221/es>

Datta, R. K., Ahammed, M. M. U., Haq, A. Z., & Hossain, M. S. (2023). Impact of environmental cost on the production cost of crops: farmers' perspective. *International Journal Of Sustainable Agricultural Management And Informatics*, 10(1), 48-73. <https://doi.org/10.1504/ij sami.2024.135411>

Dekamin, M., & Barmaki, M. (2018). Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production. *Journal Of Cleaner Production*, 210, 459-465. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.057>

- Expósito, A. (2018). Irrigated Agriculture and the Cost Recovery Principle of Water Services: Assessment and Discussion of the Case of the Guadalquivir River Basin (Spain). *Water*, 10(10), 1338. <https://doi.org/10.3390/w10101338>
- Frem, M., Petrontino, A., Fucilli, V., Sansiviero, C., & Bozzo, F. (2023). Sustainable Viticulture of Italian Grapevines: Environmental Evaluation and Societal Cost Estimation Using EU Farm Accountancy Data Network Data. *Horticulturae*, 9(11), 1239. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111239>
- Fuentes Díaz, D., Zequeira Álvarez, M. E., López Bastida, E. J., Rodríguez Vázquez, M., & Vázquez Fuentes, E., (2022). Procedimiento para integrar la contabilidad ambiental al sistema de información local y territorial. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(3), 674-681.
- Galván Rico, L. E., & Reyes Gil, R. E. (2009). Algunas herramientas para la prevención, control y mitigación de la contaminación ambiental. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 13(53), 287-294.
- García, H. (2012). *Deforestación en Colombia: retos y perspectivas*. <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/337?locale-attribute=es>
- Hay más de 15,2 millones de campesinos, que representan 30% de los colombianos. (s/f). Gov.co. Recuperado el 10 de septiembre de 2024, de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Hay-m%C3%A1s-de-15,2-millones-de-campesinos,-que-representan-30-de-los-colombianos.aspx>
- Hu, J., Lyu, J., & Zhang, X. (2022). Evaluating Agricultural Sustainability and Green GDP in China: An Emergy Analysis. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 19(24), 16735. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416735>
- Heidarisoltanabadi, M., & Elhami, B. (2023). Assessment of energy cycle, emissions cost, and environmental pollutants for sour cherry production: A case study. *Energy Sources Part*

A Recovery Utilization And Environmental Effects, 45(2), 3639-3653.

<https://doi.org/10.1080/15567036.2023.2195814>

Hu, A. H., Chen, C., Huang, L. H., Chung, M., Lan, Y., & Chen, Z. (2019). Environmental Impact and Carbon Footprint Assessment of Taiwanese Agricultural Products: A Case Study on Taiwanese Dongshan Tea. *Energies*, 12(1), 138.

<https://doi.org/10.3390/en12010138>

Jin, Y., & Gil, J. M. (2024). Assessing the environmental contribution of clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISPR) rice in the presence of insect pest uncertainty. *Environment Development And Sustainability*.

<https://doi.org/10.1007/s10668-024-04845-6>

Jirapornvaree, I., Suppadit, T., & Kumar, V. (2021). Assessing the economic and environmental impact of jasmine rice production: Life cycle assessment and Life Cycle Costs analysis. *Journal Of Cleaner Production*, 303, 127079.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127079>

Jang, W. S., Neff, J. C., Im, Y., Doro, L., & Herrick, J. E. (2020). The Hidden Costs of Land Degradation in US Maize Agriculture. *Earth S Future*, 9(2).

<https://doi.org/10.1029/2020ef001641>

Lara Manjarrez, I. A., & Sánchez Gutiérrez, J. (2021). Responsabilidad social empresarial para la competitividad de las organizaciones en México. *Mercados y Negocios*, (43), 97-118. <https://doi.org/10.32870/myn.v0i43.7546>

Li, Q., Si, R., Guo, S., Waqas, M. A., & Zhang, B. (2023). Externalities of Pesticides and Their Internalization in the Wheat–Maize Cropping System—A Case Study in China’s Northern Plains. *Sustainability*, 15(16), 12365. <https://doi.org/10.3390/su151612365>

Liang, T., Tao, W., Wang, Y., Zhou, N., Hu, W., Zhang, T., Liao, D., Chen, X., & Wang, X.

- (2023). The Extension of Vegetable Production to High Altitudes Increases the Environmental Cost and Decreases Economic Benefits in Subtropical Regions. *Land*, 12(3), 662. <https://doi.org/10.3390/land12030662>
- Liu, Z., Cai, R., Li, R., & Lan, J. (2023). The effects of agricultural product exports on agricultural environmental pollution: evidence from OECD countries and China. *Economic Change And Restructuring*, 56(6), 4071-4098. <https://doi.org/10.1007/s10644-023-09563-z>
- Marino, D. J. G. (2011). Estudio teórico experimental sobre respuestas biológicas a compuestos orgánicos de relevancia ambiental. Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/10.35537/10915/2744>
- Martinez-Melendez, L. A., & Bennett, E. M. (2016). Trade in the US and Mexico helps reduce environmental costs of agriculture. *Environmental Research Letters*, 11(5), 055004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/055004>
- Michalke, A., Köhler, S., Messmann, L., Thorenz, A., Tuma, A., & Gaugler, T. (2023). True cost accounting of organic and conventional food production. *Journal Of Cleaner Production*, 408, 137134. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137134>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Plan de Acción Institucional: Vigencia 2022*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/PLANEACION/Plan_de_Accion_\(Plan_Gasto_Publico\)/2022/PLAN_DE_ACCION_INSTITUCIONAL_VIGENCIA_2022.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/PLANEACION/Plan_de_Accion_(Plan_Gasto_Publico)/2022/PLAN_DE_ACCION_INSTITUCIONAL_VIGENCIA_2022.pdf)
- Montalba, R., Vieli, L., Spirito, F., & Muñoz, E. (2019). Environmental and productive performance of different blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) production regimes: Conventional, organic, and agroecological. *Scientia Horticulturae*, 256, 108592. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108592>
- Nabavi-Pelesaraei, A., & Damgaard, A. (2023). Regionalized environmental damages and life

- cycle cost of chickpea production using LC-IMPACT assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 103, 107259. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107259>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Guía DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN y USO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS EN ÁREAS RURALES*.
https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/suelo/Guia_de_buenas_practicas_para_la_gestion_y_uso_sostenible_de_los_suelos_en_areas_rurales.pdf
- Osorio Múnera, J. D. (2004). Valoración económica de costos ambientales: marco conceptual y métodos de estimación. Recuperado de: <http://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1141>.
- Ospina Nieto, Y. (2020). Factores determinantes de la estructura de capital considerando pasivos ambientales: evidencia desde Colombia para el sector agroindustrial de la caña de azúcar, 2017. En *Deliberaciones Gerenciales: Perspectiva de la ciudad de Palmira* Red Iberoamericana de Pedagogía.
https://www.researchgate.net/publication/362242458_Factores_determinantes_de_la_estructura_de_capital_considerando_pasivos_ambientales_Evidencia_desde_Colombia_para_el_Sector_Agroindustrial_de_la_Cana_de_Azucar_2017
- Oña Sinchiguano, B. E. (2024). Challenges of cost accounting: a systematic review approach to the agricultural sector. *Religación*, 9(39), e2401159. <https://doi.org/10.46652/rgn.v9i39.1159>
- Palacino, B., Ascaso, S., Valero, A., & Valero, A. (2024). Regeneration costs of topsoil fertility: An exergy indicator of agricultural impacts. *Journal Of Environmental Management*, 369, 122297. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122297>
- Plasencia, J. (2023). Las industrias más contaminantes del mundo. ClimateTrade.

<https://climatetrade.com/es/las-industrias-mas-contaminantes-del-mundo/>

Producción y consumo sostenible -. (2022, 29 marzo).

<https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/produccion-y-consumo-sostenible/>

Qi, X., Wang, R. Y., Li, J., Zhang, T., Liu, L., & He, Y. (2018). Ensuring food security with lower environmental costs under intensive agricultural land use patterns: A case study from China. *Journal Of Environmental Management*, 213, 329-340.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.048>

Qiu, L., & Wu, S. (2021). Trade-offs between economic benefits and environmental impacts of vegetable greenhouses expansion in East China. *Environmental Science And Pollution Research*, 28(40), 56257-56268. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14601-2>

Rasines, L., Morera, S., Miguel, G. S., & Aguayo, E. (2024). Exploring the total cost of whole fresh, fresh-cut and pre-cooked vegetables. *The International Journal Of Life Cycle Assessment*, 29(6), 967-982. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02292-z>

Ren, H., Han, K., Liu, Y., Zhao, Y., Zhang, L., He, Q., Li, Z., Zhang, J., Liu, P., Wang, H., Zhang, J., & Zhao, B. (2020). Improving smallholder farmers' maize yields and economic benefits under sustainable crop intensification in the North China Plain. *The Science Of The Total Environment*, 763, 143035. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143035>

Ribeiro, S. (2012). Comida que calienta. Misponível em: <http://agrovida.wordpress.com/cambio-climatico/crisis-alimentaria-y-climatica-comidaque-calienta/>.(Consult.07 Octubre 2012).

Rodríguez Cely, Elvia Pilar; Moreno Gutiérrez, Jaime Alberto; and Zafra Mejía, Carlos Alfonso (2014) "Internalización de costos ambientales como instrumento de gestión ambiental en las organizaciones," *Gestión y Sociedad*: No. 2 , Article 3. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1109&context=gs>

Rodríguez, M. C. L., & Rico, Y. M. S. (2017). Los costos ambientales: un análisis de la producción científica en el periodo 1977-2016 y una revisión de herramientas y teorías subyacentes. *Criterio Libre*, 15(27), 89-114.

Rosa Leal, María Eugenia De la. (2021). El enfoque de sostenibilidad en las teorías organizacionales. *Trascender, contabilidad y gestión*, 6(17), 87-102. Epub 22 de noviembre de 2021. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i17.102>

Salazar, W. L. B., & Montoya, D. H. (2014). Los costos ambientales en la sostenibilidad empresarial. Propuesta para su valoración y revelación contable. *Contaduría Universidad de Antioquia*, (65), 173-195.

Sinforoso Martínez, Saulo, Ricardez Jiménez, Jerónimo Domingo, & Pelegrín Mesa, Arístides. (2019). Externalidades ambientales desde el enfoque del costo para la toma de decisiones en materia ambiental. Caso de una empresa cafetalera. *Retos de la Dirección*, 13(1), 170- 187. Recuperado en 13 de septiembre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552019000100170&lng=es&tlng=es.

Sistema de gestión ambiental MinCIT bajo la NTC ISO 14001: 2015. | MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (n.d.). <https://www.mincit.gov.co/ministerio/gestion/gestion-ambiental/sistema-de-gestion-ambiental-mincit-bajo-la-ntc-is>

Skaf, L., Buonocore, E., Dumontet, S., Capone, R., & Franzese, P. P. (2018). Food security and sustainable agriculture in Lebanon: An environmental accounting framework. *Journal Of Cleaner Production*, 209, 1025-1032. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.301>

Troche, M. B. (2019). *Las externalidades ambientales [Trabajo de investigación no publicado]*. Universidad Autónoma de Encarnación. <https://www.unae.edu.py/ojs/index.php/invjuridica/issue/view/17>

Uddin, S., Nitu, T. T., Milu, U. M., Nasreen, S. S., Hossenuzzaman, M., Haque, M. E., Hossain, B., Jahiruddin, M., Bell, R. W., Müller, C., & Jahangir, M. M. R. (2020). Ammonia fluxes

- and emission factors under an intensively managed wetland rice ecosystem. *Environmental Science Processes & Impacts*, 23(1), 132-143. <https://doi.org/10.1039/d0em00374c>
- Uribe-Macias, Mario Enrique; Vargas-Moreno, Óscar Alberto and Merchan-Paredes, Luis. La responsabilidad social empresarial y la sostenibilidad, criterios habilitantes en la gerencia de proyectos. *Entramado* [online]. 2018, vol.14, n.1, pp.52-63. ISSN 1900-3803. <https://doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27107>.
- Vicuña, R. K. A., Zurita, I. N., & Álvarez, J. C. E. (2020). La contabilidad ambiental y su contribución en la responsabilidad social empresarial. *Dominio de las Ciencias*, 6(1), 68- 98.
- Wang, F., Ge, S., Lyu, M., Liu, J., Li, M., Jiang, Y., Xu, X., Xing, Y., Cao, H., Zhu, Z., & Jiang, Y. (2021). DMPP reduces nitrogen fertilizer application rate, improves fruit quality, and reduces environmental cost of intensive apple production in China. *The Science Of The Total Environment*, 802, 149813. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149813>
- Wang, Y., Ying, H., Yin, Y., Zheng, H., & Cui, Z. (2018). Estimating soil nitrate leaching of nitrogen fertilizer from global meta-analysis. *The Science Of The Total Environment*, 657, 96-102. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.029>
- Wang, Z., Yin, Y., Wang, Y., Tian, X., Ying, H., Zhang, Q., Xue, Y., Oenema, O., Li, S., Zhou, F., Du, M., Ma, L., Batchelor, W. D., Zhang, F., & Cui, Z. (2022). Integrating crop redistribution and improved management towards meeting China's food demand with lower environmental costs. *Nature Food*, 3(12), 1031-1039. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00646-0>
- Wu, G., Zhao, M., Liu, B., Wang, X., Yuan, M., Wang, J., Chen, X., Wang, X., & Sun, Y. (2024). Environmental impact and mitigation potentials in Greenhouse tomatoes production system in Yangtze River Delta. *Plant And Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-024-06851-Z>

- Xian, Y., Cai, G., Sang, J., Chen, Y., & Wang, X. (2022). Agricultural environmental footprint index based on planetary boundary: Framework and case on Chinese agriculture. *Journal Of Cleaner Production*, 385, 135699. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135699>
- Yang, M., Long, Q., Li, W., Wang, Z., He, X., Wang, J., Wang, X., Xiong, H., Guo, C., Zhang, G., Luo, B., Qiu, J., Chen, X., Zhang, F., Shi, X., & Zhang, Y. (2020). Mapping the Environmental Cost of a Typical Citrus-Producing County in China: Hotspot and Optimization. *Sustainability*, 12(5), 1827. <https://doi.org/10.3390/su12051827>
- Yu, Y., Fei, R., Yuan, K., & Yu, Q. (2023). Characters, comparisons and explications of China's domestic environmental cost of agricultural exports from the perspective of global value chain. *Journal Of Environmental Management*, 342, 118367. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118367>
- Zolghadr-Asli, B., McIntyre, N., Djordjevic, S., Farmani, R., & Pagliero, L. (2024). How Planning Shared Infrastructure could Support Agriculture and Desalinated Irrigation. *Water Resources Management*. <https://doi.org/10.1007/s11269-024-04028-y>
- Zhang, Q., Zhu, J., Mulder, J., Wang, Q., Liu, C., & He, N. (2023). High environmental costs behind rapid economic development: Evidence from economic loss caused by atmospheric acid deposition. *Journal Of Environmental Management*, 334, 117511. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117511>

I RECiPE: PERMITE CONVERTIR LOS FLUJOS AMBIENTALES EN IMPACTOS ESPECÍFICOS COMO CAMBIO CLIMÁTICO O ACIDIFICACIÓN, Y AGRUPARLOS EN ÁREAS CLAVE COMO SALUD HUMANA, ECOSISTEMAS Y RECURSOS
 USETOX: ESTIMA LOS EFECTOS POTENCIALES DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS SOBRE LA SALUD HUMANA Y LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS