

Energías Renovables y su relación con los Sistemas de Gestión Ambiental

Renewable energies and their relationship with Environmental Management Systems

Jhon Alejandro Gerena Salamando¹

jhon.gerena00@usc.edu.co

Jose Andres Ruiz Pineda²

jose.ruiz02@usc.edu.co

Isaias Hernan Horta Losada³

isaias.horta00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial (1)

Resumen

El presente artículo de revisión expone la utilización de energías renovables en diferentes escenarios productivos y su valoración en la reducción de los impactos ambientales en relación los criterios de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) según la norma ISO 14001 del 2015; esto a través de la identificación de los beneficios, sus limitaciones y la presentación de casos de éxitos internacionales que permiten identificar qué tipo de impactos ambientales se dan en estos contextos. También se realiza una presentación de los lineamientos en la norma para la valoración de éxito en los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) y se discute los indicadores y modelos de medición en la reducción de impactos negativos al medio ambiente. Metodológicamente, se hizo uso de diversas bases de datos multidisciplinarias Scencedirect, ProQuest, Google Académico, Dialnet, e-revistas, Springer, entre otras disponibles en la plataforma de la Universidad Santiago de Cali; los artículos fueron ubicados a partir de las palabras clave ubicadas al final de este resumen, limitando al mínimo los artículos con más de 10 años de antigüedad. Los resultados encontrados, permiten reconocer que las energías renovables son un aporte muy importante para los SGA, al tiempo que permiten una producción más limpia. No obstante, se concluye que en Colombia su implementación es incipiente, pese a los beneficios que podría reportar en caso de generalizarse.

Palabras clave: energías renovables, sectores productivos, impactos ambientales, sistema de gestión ambiental.

Abstract

This review article exposes the use of renewable energy in different production scenarios and its assessment in reducing environmental impacts in relation to the criteria of Environmental Management Systems (EMS) according to the ISO 14001 of 2015; This through the identification of the benefits, their limitations and the presentation of international success stories that allow us to identify what type of environmental impacts occur in these contexts. There is also a presentation of the guidelines in the standard for assessing success in Environmental Management Systems (EMS) and the indicators and measurement models for reducing negative impacts on the environment are discussed. Methodologically, various multidisciplinary databases were used: Scencedirect, ProQuest, Google Scholar, Dialnet, e-journals, Springer, among others available on the platform of the Universidad Santiago de Cali; the articles were located based on the keywords located at the end of this summary, limiting articles that are more than 10 years old to a minimum. The results found allow us to recognize that renewable energies are a very important contribution to EMS, while allowing cleaner production. However, it is concluded that in Colombia its implementation is incipient, despite the benefits it could bring if it were to become general.

Keywords: renewable energies, productive sectors, environmental impacts, environmental management system.

1. INTRODUCCIÓN

Los debates mundiales contemporáneos en torno al cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la contaminación, los acelerados cambios globales y el impacto de la industria en el deterioro del medio ambiente, han llevado a la búsqueda constante de modelos de desarrollo que permitan el crecimiento económico, la conservación de la naturaleza y las sociedades de forma paralela, sin poner en riesgo las condiciones y seguridad de las generaciones presentes y futuras. Es por esto que se plantea la perspectiva de desarrollo sostenible, de la cual podría decirse que busca resolver las tensiones entre el desarrollo económico, calidad de vida, bajo un criterio de responsabilidad y sostenibilidad ambiental.

Gallopín (2003) expone diferentes perspectivas sobre el desarrollo sostenible, ya que contraponen diferentes posturas en donde varían los objetos de la sostenibilidad, es decir, si lo que se busca es la sostenibilidad de las sociedades transformando su entorno intensivamente retirando el protagonismo del medio ambiente y con una base antropocéntrica, o, al contrario, desconociendo las necesidades de las comunidades y su derecho a la naturaleza. Armonizando ambas posturas, el autor destaca la perspectiva del sistema socioecológico total, la cual busca la integralidad de las decisiones y el reconocimiento de que un sistema ecológico sano permite el desarrollo de las sociedades y unas condiciones de estabilidad. Por esto considera la integralidad y una perspectiva sistémica que trasciende el concepto de sostenibilidad, así: “El concepto desarrollo sostenible es diferente a sostenibilidad, en el sentido de que la palabra "desarrollo" indica a la idea de cambio, de cambio gradual y direccional” (Gallopín, 2003, p.2).

Desde el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) el desarrollo sostenible considera una armonización de los recursos naturales y el desarrollo socioeconómico, considerando así: los recursos naturales son una fuente de ingresos y contribuye en el desarrollo a nivel nacional, a través de los ingresos generados por concesiones forestales y pesqueras a gran escala, o arrendamientos de petróleo y minerales. Los gobiernos deben reinvertir sus ingresos de recursos naturales en programas e iniciativas de reducción de la pobreza, para que esta medida a nivel industrial sea favorable a los pobres (UNDP, 2003).

En este sentido desde el PNUD los problemas ambientales, pobreza y salud están conectados a través de la relación que tienen las sociedades con los ecosistemas, y por ello requieren soluciones integrales. Por lo anterior se desarrolla una agenda con proyección a 2030 con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en los cuales se incluye como estrategia clave para el futuro la relación de la energía y el desarrollo sostenible en naciones en vías de desarrollo, tanto a escala familiar como industrial.

Frente a las ventajas sociales, económicas y ambientales, se propone una orientación estratégica en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible en el que las energías renovables tienen un rol preponderante, esto como una alternativa hacia la transición energética y la descarbonización del sector energético. Como lo sugieren Honnery y Moriarty (2012) las estimaciones en el aumento de demanda de energía a nivel global representan un desafío, lo que hace considerar opciones alternativas a las energías fósiles ya que las reservas mundiales tienden al agotamiento y la emisión de gases que sustentan el cambio climático. En este escenario la transformación y exportación de los recursos naturales es: la importancia que han dado los gobiernos en la transformación de sus recursos naturales no renovables, en otros tipos de capital, por ejemplo, el capital humano, fortalecimiento de la estructura económica, diversificar su producción y exportaciones, con el fin de sostener el PIB, y sus procesos de desarrollo, superando la dependencia a este tipo de recursos (ECLAC-UNITED NATIONS, 2013).

Sin embargo, los países latinoamericanos y del Caribe por condiciones tecnológicas, de equipamientos y de inversión, encuentran dificultades en ponerse al día en frente a esta demanda global. En 2019 la matriz energética colombiana presentó un 1,5% de integración de fuentes no convencionales de energía (Figura 1), y a pesar de que se observa un aumento en comparación con el año anterior, las fuentes renovables no convencionales son irrelevantes en la matriz de consumo nacional (Corredor, 2018).

Imagen 1. Presencia y proyección de fuentes energéticas no convencionales en la matriz energética de Colombia



Fuente: Ministerio de energía (2020).

Con el propósito de involucrarse en las tendencias internacionales que buscan incrementar el uso de estas fuentes energéticas renovables, actualmente Colombia diseña un programa de transformación energética, el cual tiene como objetivo principal la modernización, competitividad y sostenibilidad de los servicios energéticos en el país; esto a través del cierre de brechas en el acceso y la confiabilidad de los usuarios, innovación tecnológica que involucre por ejemplo medidores inteligentes para una toma de decisiones más eficientes sobre el consumo y un rol más activo de los usuarios, además de la modernización y articulación de la institucionalidad y las entidades activas del sector para enfrentar los desafíos futuros (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

La gestión ambiental, entendida como: decisiones y acciones sobre políticas y prácticas que evalúen el medio ambiente y los recursos asignados, protegidos, rehabilitados y utilizados. (Aretano, Petrosillo, Zurlini., 2008). Por otro lado, un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), bajo la norma técnica colombiana ISO 14001 del 2015, corresponde a un mecanismo que integra esas tendencias globales que abogan por la sostenibilidad y responsabilidad de los sectores productivos en el uso y protección del medio ambiente, esto a través de la generación de un sistema integral que pueda lograr la prevención y mitigación de impactos ambientales diversos, la afectación negativa del medio a la organización, el cumplimiento de la normatividad y los marcos legales, el control de los ciclos de vida de productos, el logro de beneficios financieros y operacionales y la comunicación de la información ambiental a las partes interesadas. La aplicación de esta norma difiere de una organización a otra ya que depende de sus objetivos y su contexto, su SGA estará armonizado con su política ambiental empresarial (ICONTEC, 2015).

2. ENERGÍAS RENOVABLES Y LOS SECTORES PRODUCTIVOS: MÚLTIPLES BENEFICIOS

Según Abreu, Badii y Guillen (2016) con el uso de energías renovables se pueden tener beneficios como:

1. Reducción en el disturbio en el suelo y la vida silvestre.
2. Reducción en los derrames de petróleo durante el transporte.
3. Sustentabilidad en su uso.
4. Empleo y economía.
5. Seguridad energética.

La utilización de energías renovables en diferentes sistemas de producción representa una serie de beneficios que se agrupan en las escalas ambiental, económica y social, las cuales han sido registradas en diversas investigaciones tanto a nivel nacional como internacional.

En cuanto al panorama nacional, se encontró la investigación realizada por Bueno, Rodríguez y Rodríguez (2016), quienes llevaron a cabo un análisis del impacto económico de la implementación de energías renovables en el sistema eléctrico colombiano, encontrándose que:

De las ventajas más destacadas para poner en marcha energías renovables, a parte de los beneficios ambientales es el ahorro de combustible. Debido a que emplear combustibles fósiles aumenta los costos a largo plazo. pues al ser comparados con energías renovables presentan una gran desventaja. Se hace manifiesto que uno de los principales beneficios se enmarca en la rentabilidad económica que puede representar el uso de energías renovables en comparación al uso de energía fósil, por lo que se acentúa la necesidad de continuar fortaleciendo la implementación de estrategias alternativas que permitan un ahorro de costos y combustible, lo cual resulta prometedor para la economía nacional, dado que el sistema de producción eléctrico colombiano tiene un rol esencial dentro de la misma.

Este dato es un elemento interesante, pues evidencia que, con la utilización de energías renovables, además de disminuirse impactos ambientales negativos, se da un favorecimiento económico para el país: Bueno, et.al (2016) plantean que desde el punto de vista económico es factible utilizar energías alternativas en el país, siendo especialmente la energía eólica la que puede competir con las energías convencionales.

Otra investigación pertinente del ámbito nacional es la realizada por Lugo y Vivas (2019), quienes evaluaron la viabilidad financiera de reemplazar el uso de energías convencionales por energías renovables en un Centro de Datos de Bogotá, en dicho estudio se concluyó que el uso de energías renovables en tecnologías de la información resulta ser favorecedoras tanto para el ámbito financiero como ambiental.

En relación al primero, hacen énfasis en la rentabilidad a nivel interno de esta organización para asumir un programa de energía no convencional, así como también destacaron que el Gobierno Nacional está mejorando paulatinamente las condiciones financieras y reglamentaciones en torno a esta temática, otorgando beneficios como la reducción de impuestos a las organizaciones que implementen estrategias que estén en concordancia con el desarrollo sostenible, tal como lo es la utilización de energías renovables (Lugo y Vivas, 2019).

Así mismo, en este estudio se destacan los siguientes beneficios ambientales: reducción de las emisiones contaminantes de los combustibles fósiles que son los que tienen una repercusión más negativa en la salud de la población, evitar la producción de subproductos y residuos peligrosos que puedan dañar de manera severa el ecosistema e impacto positivo en cuanto al calentamiento global (Lugo y Vivas, 2019). De los aspectos anteriores, cabe destacar el aspecto mencionado en cuanto a salud pública, puesto que este resulta ser novedoso en cuanto da cuenta de un beneficio que resulta ser esencial, pese a que no es mencionado en los otros estudios analizados.

Cadavid-Rodríguez y Bolaños-Valencia (2015) realizaron una investigación en Palmira- Colombia, en la cual se estudió el potencial bioquímico de metano de residuos de frutas, verduras y de poda para producir energías renovables, concluyendo principalmente que “la digestión anaerobia, le ofrece la oportunidad al municipio de Palmira de manejar de una forma ambientalmente segura sus residuos orgánicos y, además, obtener beneficios económicos a través de la producción de energía renovable. Modelo que podría ser replicado en otros municipios del país” (Cadavid-Rodríguez y Bolaños-Valencia, 2015, p. 27). Para comprender mejor esta ventaja, cabe destacar que la digestión anaerobia hace alusión a la tecnología más común para producir energía a partir de biomasa. De esta manera, se reafirman las posibilidades que este tipo de iniciativas permiten para reducir el impacto ambiental mientras de manera paralela se recibe un beneficio económico que le facilita a distintos sectores posicionarse mejor en el mercado, como lo es este caso, desde el sector agropecuario y generándose estrategias de fortalecimiento local, lo cual se traduce en un beneficio social bastante significativo.

En relación al panorama internacional, cabe mencionar a Giubi, Bernal y Cañete (2019), quienes realizaron un estudio previo de producción de biogás a partir de residuos orgánicos en un hospital de Paraguay, en el cual se concluyó principalmente que la generación de una energía limpia y renovable es una alternativa tanto económica como ambiental para este sector, dado que por un lado las grandes cantidades de residuos diariamente generados se convierten en materia prima para la obtención de gas, el cual actualmente tiene costos importantes para su adquisición. Además:

minimiza costos en recolección de basura, a su vez, favorece ecológicamente debido a que el biogás puede integrarse como una alternativa sustentable de recursos no renovables como lo es el gas tradicional, además permite aprovechar residuos para generar combustible, disminuyendo la basura que se genera diariamente (Giubi, Bernal y Cañete, 2019).

Así mismo, Venegas, Raj, Ruíz (2018) realizaron una investigación enfocada en el aprovechamiento de estiércol de cerdo para generar energía renovable y revertir problemas de contaminación en granjas porcícolas de Chiapas. En dicho estudio se plantea que:

La alternativa de energía limpia para la actividad pecuaria es el biogás por medio de biodigestores, su generación por medio de desechos orgánicos proporciona energía de bajo costo, ingresos adicionales a los agricultores, oportunidades de empleo, energía descentralizada y protección al ambiente, reduciendo la huella de emisiones de gases de efecto invernadero. (Venegas, Raj, Ruíz, 2018, p. 173).

Además, los problemas de contaminación y de salud pública que han caracterizado por mucho tiempo las granjas porcícolas, se pueden contrarrestar de manera significativa con el empleo de biodigestores (Venegas, Raj, Ruíz, 2018).

Por otro lado, Beltrán-Telles, Morera-Hernández, López-Monteaagudo y Villela-Varela (2016), estimaron el desarrollo de las energías renovables solar-fotovoltaica y eólica en la generación de energía eléctrica, comparándola con la producida con combustibles fósiles. Para este estudio, los autores consultaron distintos reportes gubernamentales y no gubernamentales donde se registraron diferentes experiencias sobre el consumo energético mundial, concluyéndose principalmente que si bien la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles sigue siendo económicamente viable, a largo plazo los costos de inversión en una planta eólica, pueden ser equiparables o menores que los requeridos para una planta eléctrica convencional; por otro lado, en relación a las plantas solares fotovoltaicas concluyeron que son competitivas y representan una serie de ventajas en cuanto a que no requieren combustibles para su funcionamiento y requieren poco mantenimiento.

Un indicador poco explorado en las investigaciones presentadas corresponde a la generación de empleos como un beneficio al implementar energías renovables en sectores productivos. El reporte anual de 2019 del International Renewable Energy Agency (IRENA) presenta las siguientes estimaciones: se han generado al menos unos 11 millones de empleos, de forma directa e indirecta en el 2018 gracias al sector de energías renovables. Esto incluye a la energía solar que esta fuera de la red en partes del mundo en desarrollo. El uso de energías renovables ha aumentado en todo el mundo desde la evaluación anual realizada por la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) en el 2012. Siendo las principales empleadoras las industrias de energía solar fotovoltaica (PV), bioenergía, hidroeléctrica y eólica (IRENA, 2019).

Además, cabe destacar que una importante ventaja que se acentúa en las iniciativas y organizaciones que se adhieren al desarrollo sostenible es el gran énfasis que le dan al concepto de responsabilidad social, entendida como: el compromiso que tienen las empresas de apropiarse de responsabilidades con la sociedad en las que están. En primera instancia, tienen la obligación de no afectar el medio ambiente como consecuencia colateral de su actividad económica en función de la conservación humana; sin embargo, las empresas deben asistir en la defensa del medio ambiente, certificando el sano desempeño de sus actividades en la zona. (Mendoza, Salas y López, 2018)

En concordancia con lo planteado a lo largo de este apartado, se hace evidente que indistintamente de si las estrategias de energías renovables están enmarcadas en sectores diferentes tales como el eléctrico, el tecnológico, el agrícola, el agropecuario y el de salud, hay una consistencia científica en cuanto a la evidencia de que estas contribuyen de manera positiva al medio ambiente, reduciendo impactos y daños que se han generado por el uso de energías convencionales como las fósiles, además de generar un impacto económico positivo en el sector desde donde este se dé, y dichos beneficios ambientales y económicos convergen en un impacto social significativo; lo cual de manera conjunta se puede correlacionar con la concepción de desarrollo sostenible que se destacó al inicio del texto.

3. ENERGÍAS RENOVABLES Y SISTEMAS PRODUCTIVOS: LIMITACIONES Y RETOS

La implementación y utilización de energías renovables en diferentes sectores productivos presenta además distintas falencias y limitaciones que serán expuestas en este apartado.

En el ámbito internacional, Nogar, Chomicki y Berdolini (2019), abordaron la experiencia de generación de biogás a partir de residuos ganaderos en Carlos Tejedor, Argentina, y a partir de la misma reconocieron diversos aspectos que se constituyen como obstáculos para el desarrollo idóneo de este tipo estrategias, como lo son: diversidad de intereses, falta de legislación, complejidad físico-química del biodigestor, inversión inicial, adaptación e innovación de infraestructura y posibilidad de riesgo de la tecnología.

De las limitaciones evidenciadas en esta investigación, cabe mencionar que la de orden gubernamental como lo es la ausencia de legislación y las referidas a adaptación e innovación de infraestructura, pueden estar asociadas a que el desarrollo sostenible es una perspectiva emergente que apenas está empezando a ser visibilizada y abordada con mayor contundencia en Latinoamérica, lo que hace que los Gobiernos apenas estén empezando a actualizarse en materia de legislación, mientras las organizaciones implicadas se están adaptando también de manera paralela.

Así mismo, Recalde, Bouille y Girardin (2015) realizaron un análisis del desarrollo de energías renovables en el mercado eléctrico argentino, enfocándose en las condiciones del entorno al momento del diseño de las políticas para su implementación. Esta investigación permitió identificar algunas limitaciones asociadas a condiciones de entorno de la política energética tales como: los factores relacionados con la gobernanza, particularmente; bajo nivel de voluntad política y marcos regulatorios débiles, ausencia de una política y planificación a largo plazo, y aspectos económicos y financieros, manteniéndose como el principal problema el financiamiento externo de las inversiones, pues estas han disminuido de manera significativa en los últimos años.

Por su parte Suárez (2015) realizó un estudio en Cuba en el que se abordó la utilización de sistemas de producción integrada de alimentos y energía (SPIAE), como estrategia óptima para superar la contradicción agrocombustibles vs producción de alimentos, logrando la seguridad alimentaria, la suficiencia energética y la protección ambiental. En este estudio, se plantea que, si bien los SPIAE son una estrategia viable, se deben superar las siguientes barreras para su óptimo desarrollo:

- La inversión necesaria para adquirir el equipamiento de generación y conversión de energía, y el acceso a mecanismos de financiamiento –como microcréditos–, se hacen complejos, principalmente para los pequeños productores. Actualmente, en su solución contribuyen varios proyectos internacionales como BIOMAS-CUBA, AGROENERGÍA y BASAL; pero aun el financiamiento es insuficiente para crear las condiciones iniciales del fomento de los sistemas productivos.
- La inexistencia de cadenas de suministro y de valor asociadas a la producción integrada de alimentos y energía.
- Los inexistentes canales comerciales y mecanismos de precio para la energía producida a partir de la biomasa y de sus coproductos (bioabonos y bioproductos).
- La necesidad de elaborar normas para los procesos tecnológicos, y para la calidad de los productos de la agroenergía y su uso; además de fichas de costo y regulaciones para precios de venta y canales de comercialización.
- El grado de complejidad de algunos SPIAE exige apreciables niveles de conocimiento, habilidades e innovación, lo que es solucionable con la implementación de sistemas descentralizados de capacitación y de apoyo técnico.
- Las políticas que promueven los SPIAE, que podrían incluir la entrega de equipos e insumos subsidiados o a precio de costo –su uso posibilitaría sustituir las importaciones de combustible, alimentos, incentivos financieros e impositivos, créditos blandos, apoyo técnico, entre otros–, se están comenzando a formular en Cuba, por lo que aún no se dispone de un apropiado marco político y regulatorio que las acompañe. Un ejemplo de ello son las políticas recientes del Ministerio de la Agricultura para el fomento de la producción de biogás y biodiésel (Suárez, 2015, pp. 8-9).

Así mismo, es importante reconocer las limitaciones de carácter geográfico que se pueden dar en diferentes territorios según sus características. Respecto a esto, el estudio realizado en la Comunidad Autónoma de Andalucía, España, en el que se evaluó la potencialidad del territorio para implantar un parque eólico, se plantea que los temas de planificación territorial y económica tienen importantes repercusiones ambientales e implicaciones sobre el nivel de riesgos sobre la población que a veces constituyen una determinante dificultad para que estos procesos se lleven a cabo (Díaz, Pita, Fernández y Limones, 2017).

Por otro lado, Martínez y Curbelo (2015), destacaron en su investigación que una de las principales limitaciones en torno a la utilización de fuentes renovables en el sector de producción agrícola es el escaso conocimiento y preparación que tienen al respecto tanto los productores como el personal técnico de esta área, generándose una imposibilidad de acceso a estrategias y métodos renovables que puedan beneficiar sus procesos de producción sin un impacto ambiental negativo. Esta dificultad pone de manifiesto la ausencia de capacitaciones y procesos de formación pedagógica para productores y personal técnico en materia de desarrollo sostenible, lo que se traduce en una imposibilidad de acceso a estrategias que conlleven a la utilización de fuentes renovables dentro de sus procesos de producción.

En cuanto al ámbito nacional, Castillo, Castellón, Vanegas-Chamorro, Valencia y Villicaña (2015), realizaron un estudio detallado e integral en torno al panorama del sector eléctrico en Colombia, complementándolo con un análisis prospectivo del rol de las fuentes no convencionales de energía en el país. En dicha investigación, se plantea en cuanto a la energía geotérmica que pese a esta tiene un potencial de producción en diferentes zonas del país, presenta algunas limitaciones, como lo son: ausencia de normatividad específica para su desarrollo, dificultades con factores técnicos y científicos y debido a sus altos costos y dificultad en el ingreso y competitividad de esta energía en el mercado. Así mismo, en torno a la energía nuclear se plantean limitaciones como la peligrosidad en caso de accidentes y los desechos reactivos que produce, por lo que están en construcción las condiciones para su utilización en el país.

Según el estudio de caso que realizó la agencia International Renewable Energy Agency (IRENA) en Colombia, donde se valoró la flexibilidad del sistema energético (tabla 1) y sus capacidades para la transición energética y la implementación de energías renovables variables (VRE). Los cruces de variables, entendidos por la agencia como facilitadores de flexibilidad, ponen en consideración los retos que debe resolver los agentes nacionales para dotar de capacidades el sector y transitar hacia la descarbonización de la energía. Entre los desafíos se destaca la baja capacidad de interconexión y la demanda promedio, en concordancia la baja ponderación por la dispersión geográfica en la demanda y oferta de energías renovables (IRENA, 2018).

Tabla 1. Facilitadores de flexibilidad en el sistema eléctrico colombiano

Facilitadores de flexibilidad	Alto	Medio	Bajo
Capacidad de interconexión vs. demanda promedio			X
Generador de capacidades de rampa	X		
Coincidencia de la demanda con la generación VRE		X	
Estabilidad de entrada hidráulica		X	
Fuerza de la rejilla interna	X		
Almacenamiento vs. demanda anual	X		
Dispersión geográfica de la generación y demanda de VRE.			X
Demanda mínima vs capacidad VRE		X	

Fuente: IRENA, 2018

Finalmente, cabe mencionar que, pese a que las instalaciones solares tienen un impacto ambiental comparativamente mucho menor que otros tipos de producción de electricidad, también presenta algunos efectos ambientales negativos, los cuales se presentan principalmente en la fase de fabricación y desmantelamiento de los módulos solares. Además, en Colombia aún se carece de más beneficios tributarios, y el costo de la infraestructura aún es alto para cualquier inversionista. (Lugo y Vivas, 2019).

Se evidencia que las limitaciones que se presentan en torno a la implementación de energías renovables en diferentes sectores productivos están enmarcadas principalmente en aspectos concernientes a los Gobiernos como lo es la disposición legislativa y normativa pertinente, factores asociados al costo elevado de su aplicación, dificultades en torno a la inversión tanto interna como externa y algunos impactos negativos ambientales que deben continuar siendo investigados, aunque cabe destacar que estos nunca serán igual de significativos que el que generan las energías convencionales. Grosso modo, las limitaciones se pueden comprender desde unos marcos económicos y políticos latinoamericanos que en materia de energías renovables está en progreso y construcción.

4. EVALUACIÓN DEL ÉXITO SGA E IMPACTO AMBIENTAL EN LAS ORGANIZACIONES

Según la NTC- ISO 14001 (ICONTEC, 2015) el éxito de un Sistema de Gestión Ambiental depende de un trabajo articulado entre las diferentes unidades de la organización, de la mitigación de los impactos negativos sobre el medio ambiente, el incremento de impactos beneficiosos. Además, se valora la integración de la política ambiental como horizonte para las decisiones gerenciales y dirección estratégica de la organización, es decir, la ejecución de la misma y la construcción de una cultura organizacional en torno a la conciencia ambiental. Sin embargo, la adopción de esta norma no garantiza una gestión ambiental satisfactoria por sí misma, al estar a la par de los principios de decisión de la alta gerencia en la organización, debe adecuarse constantemente al dinamismo de la empresa, sus retos y sus oportunidades. Esta es una norma de aplicación contextual y adaptable a las características de cada entidad.

La planificación, seguimiento y evaluación constante del Sistema de Gestión Ambiental es clave para considerar su éxito y el rendimiento que este tenga dentro de la organización. En este sentido, este proceso de gestión considera cuatro principios:

La planificación de la gestión de una organización, como un negocio, escuela, universidad, etc., requiere comprender todos los aspectos del negocio de la organización y realizar mediciones de referencia del uso de energía y materiales de la organización. Se produce un plan en relación con las actividades de una organización y luego se analiza cuidadosamente para determinar en qué medida puede aplicarse a los procesos de la organización. Se promulga el plan. Luego, se supervisa el plan para reunir datos sobre qué tan bien está funcionando la eficiencia de la gestión. Finalmente, las acciones para mejorar la gestión se implementan a la luz de la experiencia del sistema de gestión, lo que lleva a mejoras. Por lo tanto, el proceso es cíclico, con monitoreo regular, de modo que las mejoras se realimentan en la operación del sistema de manera continua, para dar como resultado una mejora continua, sin una conclusión prescrita; simplemente continúa y está afinado. En el caso de ISO14001, los auditores externos requieren revisiones anuales y cada 3 años la certificación debe renovarse, asegurando así la mejora continua de las operaciones de la organización para garantizar la certificación continua. (Folini et al., 2016, p.295)

Esta gestión ambiental empresarial es definida por Jabbour et al. (2009) (como se citó en Chiappetta, Fernandes, Jabboura, y Maiallea, 2016) como: “el conjunto de prácticas insertadas en el contexto organizacional que modifica las directivas, políticas y prácticas administrativas para incluir la variable ecológica/ambiental como parte de los objetivos de una corporación. La gestión ambiental puede identificarse incorporada en diferentes niveles de intensidad en las

corporaciones, es así cómo se origina el concepto de madurez de gestión ambiental (environmental management maturity). Los niveles de implementación son:

1. Especialización funcional (functional specialisation).
2. Integración interna (internal integration).
3. Integración externa (external integration).

Cada uno de estos sistemas se caracterizan en las siguientes tablas, permitiendo así identificar que el mayor estado de involucramiento e interiorización dentro de las acciones gerenciales y la cultura organizacional está en el nivel de integración externa.

Tabla 2. Sistematización de las características relacionadas con la Especialización Funcional de Gestión Ambiental (Reactivo)

Características relacionadas	Autores
Enfoque reactivo, con control ambiental de la producción	Donaire (1994)
Adaptación a las demandas del mercado, con control de la producción	Maimon (1994)
Uso de normas de regulación ambiental.	Sanches (2000)
Cumplimiento de la legislación y acciones correctivas (final de tubería)	Barbieri (2004)
Control de residuos	Rohrich & Cunha (2004)
No considera que la gestión ambiental sea importante; los recursos solo se liberan cuando es necesario. Participación parcial con otros departamentos y con alta administración	Hunt & Auster (1990)
La gestión ambiental aún no tiene valores estratégicos; sin embargo, los cambios se implementan según lo exige la legislación.	Azzone y Bertelè (1994)
Inserta prácticas ambientales según sea necesario debido a la presión externa, con el único objetivo de cumplir	Post y Altman (1994)
Cumplimiento de normas y legislaciones (modo costo)	Berry y Rondinelli (1998)

Fuente: Jabbour et al., 2009

La tabla anterior, da cuenta de la manera como ha sido percibida a través de los años la gestión ambiental, en lo referente a su integración con las políticas y estrategias organizacionales, donde se puede apreciar que algunos autores han percibido esta gestión como algo que representa más un costo que un beneficio para la empresa, o bien, como una normatividad asociada a la legislación del país, mas no como un componente que a largo plazo representa beneficios económicos, e incluso sociales, que pueden ser aprovechados para la promoción social de una empresa.

Tabla 3. Sistematización de las características relacionadas con el nivel de integración interna (preventivo)

Características relacionadas	Autores
Integración del control ambiental en prácticas y procesos	Donaire (1994)
Creación del departamento de gestión ambiental y sus acciones iniciales	Corazza (2003)
Prevención de la contaminación: uso de tecnología más limpia y sustitución de insumos	Barbieri (2004)
Prevención de la contaminación con especialistas en el área	Rohrich & Cunha (2004)
Presupuesto mínimo pero fijo. Compromiso moderado de alta administración	Hunt & Auster (1990)
La corporación anticipa los requisitos de la legislación para procesos y tecnologías.	Azzone & Bertelè (1994)
Inserción del departamento de gestión ambiental	
Los valores ambientales coexisten con los otros valores corporativos. El departamento de gestión ambiental es crucial para los informes, las comunicaciones y la evaluación.	Post & Altman (1994)

Fuente: Jabbour et al., 2009

En la Tabla 3. se reconoce que la integración ha estado marcada por la conformación de departamentos ambientales en las organizaciones, buscando mitigar el impacto que la empresa produce, así como tener una mayor eficiencia de enfoque ecológico, por ende, se asocia de manera inevitable a los procesos productivos; no obstante, para los años mencionados, la gestión ambiental seguía siendo vista como requisito antes como factor estratégico que pudiera representar algún tipo de ganancia. El paso de los años, y el fortalecimiento de las políticas, así como el cambio paulatino de mentalidad en la sociedad, derivado de la evidente contaminación, terminaría demostrando que lo ambiental puede ser aprovechado, tanto en función

de reducir impactos productivos, como en la generación de valor para una organización.

Tabla 4. Sistematización de las prácticas relacionadas con el nivel de Integración Externa (Proactivo)

Prácticas relacionadas	Autores
Integración del control ambiental en la gestión general. La excelencia medioambiental se hace necesaria para la empresa en la búsqueda de un mercado verde.	Donaire (1994)
Comportamiento proactivo que integra la función ambiental en la planificación estratégica de la corporación.	Maimon (1994)
Incorporación de valores ambientales como una oportunidad para la corporación.	Sanches (2000)
Integración de la política ambiental en todas las áreas de la corporación.	Corazza (2003)
Evaluación de impacto ambiental, modificaciones en procesos y productos.	Rohrich & Cunha (2004)
La gestión ambiental es una prioridad. Alta administración y todos los departamentos involucrados. Informes internos y externos consistentes. Participación significativa en el diseño de productos, línea de producción, relaciones públicas y el departamento jurídico.	Hunt & Auster (1990)
Examina la oportunidad para la diferenciación ambiental de productos o procesos que buscan consumidores interesados en un producto "verde".	Azzone & Bertelè (1994)
Los objetivos de desarrollo ambiental están arraigados en toda la empresa, son claros y se consideran una oportunidad para el desarrollo y la diferenciación.	Post & Altman (1994)
Minimización de la producción de residuos y prevención de la contaminación, modificaciones de productos y procesos (modo empresarial sostenible).	Berry & Rondinelli (1998)

Fuente: Jabbour et al., 2009

La tabla anterior, sintetiza la integración externa de la gestión ambiental, donde ya se puede apreciar una mayor integración con las estrategias organizacionales, los departamentos de gestión ambiental cobran mayor relevancia y el mercado verde, así como el uso de energías renovables es una tendencia que se exige a proveedores y se integra a la cadena de suministros, a fin de alcanzar mercados que exigen esta gestión, beneficiando así al medio ambiente y a los clientes.

La implementación de un SGA y su valoración exitosa, más allá de la evidencia empírica de una reducción de impacto ambiental por decisiones como por ejemplo el uso de energías renovables, tal y como se valoró en los apartados anteriores, requiere de indicadores de medición que aporten de manera interna y externa en la organización, como se presenta en estados de madurez presentados en el modelo de medición anteriormente expuesto, teniendo así un desafío en torno a cuáles indicadores de medición claves usar para certificar sus SGA en otras prácticas complementarias a lo energético, esto podría lograrse considerando otros modelos internacionales complementarios de certificación (Campos, Cauchick, Melo y Verdinelli, 2015).

La medición del éxito de los Sistemas de Gestión Ambiental en contextos organizacionales requiere de mayor desarrollo, ya que a pesar de que podría ser gran relevancia para la gestión de la información ambiental de la organización y genera unos resultados que permiten a la alta gerencia la toma de decisiones frente a un entorno cambiante, en algunos escenarios las prácticas de mitigación de impacto ambiental no están mediadas por un SGA, ya que se accede a este por presiones externas a la organización, como por ejemplo relaciones comerciales (Vásquez-Bernal, Mosquera-Laverde, 2018; Campos, 2012).

5. CONCLUSIONES

- Como conclusión principal se puede decir que la implementación de energías renovables en Colombia está en una fase muy incipiente, lo cual se evidencia en el registro de investigaciones actuales, el panorama gubernamental y las estadísticas consultadas; no obstante, el proceso de implementación ha sido continuado, razón por la cual se puede inferir que en pocos años esta tendencia será una realidad del día a día, pues así se está dando en los países más

industrializados, que lo implementan tanto es sus casas matrices, como en las plantas que tienen dispersas alrededor del mundo.

- La falencia gubernamental en torno a la limitada normatividad y legislación en materia de energías renovables resulta ser un aspecto común a varios países latinoamericanos, lo cual está asociado al aspecto mencionado anteriormente; de igual manera, el retraso tecnológico que caracteriza a países como Colombia, incide en que las energías renovables sean escasas y limitadas, de allí que se requiera un cambio de legislación que regule el uso, por ejemplo, de combustibles fósiles, dando paso a una mayor incidencia de otras alternativas. A lo dicho, se debe sumar la reducción de impuestos para la importación de tecnología, que a la fecha es una gran limitante para los cambios radicales que necesita el país en materia energética.
- Los beneficios de la utilización de energías renovables en diferentes sistemas de producción tales como el energético, agropecuario, pecuario, etcétera; convergen en el ámbito ambiental, económico y social, relacionándose entre sí y generando alternativas con un potencial significativo para los países que los adopten; de esta forma, dejan de ser requisitos normativos, para convertirse en gestiones redituables, con márgenes de ganancia para las organizaciones que se deciden a generar una producción verde. Desde luego, esto requiere un proceso que incluya los Sistemas de Gestión Ambiental, motivando de esta manera a las organizaciones que aún no lo consideran.
- Si bien la implementación de energías renovables representa en la mayoría de los casos un beneficio económico para las organizaciones o el sector que lo adopte, esto se ve limitado debido a las falencias que se presentan en cuanto a las inversiones externas e internas y costos para su implementación, por lo que es un reto actual la superación de esto. Como se pudo apreciar en la revisión teórica, a nivel mundial el uso de energías renovables y los sistemas de gestión ambiental en pleno, han ido evolucionando de simples requerimientos hasta convertirse en factores diferenciadores para muchas organizaciones, así como materia de estudio en las áreas de ingeniería, administración y mercadeo; es por eso que, si bien el proceso ha ido dándose de forma escalonada en Colombia, no ha tenido retrocesos, y a futuro los cambios se tendrá que dar por las exigencias del mercado.
- El hecho de que diferentes sistemas productivos u organizaciones implementen energías renovables, no implican que también asuman un plan de gestión ambiental como el planteado por la norma ISO 14001 del 2015 que les permita direccionar y orientar la toma de decisiones bajo un proceso de gestión con finalidades orientados de manera óptima, es decir, esta correlación esperada no fue tan evidente en la revisión de investigaciones realizada, lo cual constituye una desventaja dado que se pierden las potencialidades que este sistema de gestión ofrece. En este punto, se deberá dar una mayor relevancia a la gestión ambiental desde los requerimientos legales, aunando a ella el uso de energías renovables, para hacer de la producción un proceso que día a día reduzca el impacto ambiental, si bien la eliminación de la huella del ser humano es algo imposible, su mitigación es una realidad que han alcanzado otros países.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

- , J.L., Badii, M.H., Guillen J.L. (2016). Energías renovables y conservación de energía. *International Journal of Good Conscience*, 11(1), pp. 141-155.
- Acuña, N., Figueroa, L., y Wilches, M.J. (2017). Influencia de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 en las organizaciones: caso estudio empresas manufactureras de Barranquilla. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(1), pp. 1-11.

- Aretano, R., Petrosillo, Zurlini, G. (2008). Socioecological Systems. En B. Fath (Ed.), *Encyclopedia of Ecology* (pp. 3264-3269). Maryland, United States: Elsevier Science.
- Beltrán, A., Morera, M., López, F.E., Villela, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *Ciencia UAT*, 11(2), pp. 105-117.
- Bueno, M., Rodríguez, L.C., y Rodríguez, P. (2016). Análisis de costos de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables en el sistema eléctrico colombiano. *Ingeniería y desarrollo*, 34(2), pp. 397-419.
- Cadavid-Rodríguez, L.S., Bolaños-Valencia, I.V. (2015). Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana. *Energética*, (46), pp. 23-28.
- Campos, L. (2012). Environmental management systems (EMS) for small companies: a study in Southern Brazil. *EL Sevier*, (32), pp. 141-148.
- Campos, L., Cauchick, P.A, Melo, D.A., y Verdinelli, M. (2015). Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified companies. *El Sevier*, (99), pp. 286-296.
- Castillo, Y., Castrillón, M., Vanegas-Chamorro, M., Valencia, G., Villicaña, E. (2015). Rol de las fuentes no convencionales de energía en el sector eléctrico colombiano. *Prospect*, 13(1), pp. 39-51.
- Chiappetta, C.J., Fernandes, A., Jabboura, A.B. y Maiallea G. (2016) Environmental management maturity of local and multinational high-technology corporations located in Brazil: the role of business internationalization in pollution prevention. *Production*, 26(2), pp. 488-499
- Corredor, G. (2018). Colombia y la transición energética. *Ciencia Política*, 13(25), pp. 107-125.
- Díaz, M.P., Pita, M.F., Fernández, A., y Limones, N. (2017). Energía eólica y territorio en Andalucía: diseño y aplicación de un modelo de potencialidad para la implantación de parques eólicos. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (67), pp. 9-29.
- Eclac-United Nations. (2013). Natural resources: status and trends towards a regional development agenda in Latin America and the Caribbean.
- Folini, S., Inglezakis, S., Katsou, E., Kershaw, S., Malamis, S. y Venitis, D. (2016). Urban Enviroment. En S.G. Pouloupoulos y V.J. Inglezakis Ed., *Environment and Development* (pp.287-362). Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Gallopín, G. (2003) Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo*. CEPAL

(64

- Giubi, J., Bernal, M., y Cañete, M. (2019). Producción de Biogás a partir de residuos orgánicos generados en el Hospital de Clínicas: Un estudio preliminar. *Anales de la facultad de ciencias médicas*, 52 (3), pp. 53-58.
- Honnery, D. y Moriarty, P. (2012). ¿What is the global potential for renewable energy? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (16), 244-252.
- ICONTEC. (2015). NTC- ISO 14001: Sistemas de gestión ambiental. requisitos con orientación para su uso.
- IRENA. (2018). Colombia power system flexibility assessment. Abu Dhabi, United Arab Emirates: Irena Headquarters.
- IRENA. (2019). Renewable energy and jobs – annual review 2019. Abu Dhabi, United Arab Emirates: Irena Headquarters.
- Jabbour, C. J. C., Santos, F. C. A., & Jabbour, A. B. L. S. (2009a). A importância dos fatores humanos no desenvolvimento de produtos com elevado desempenho ambiental: estudo de casos. *Revista de Administração Mackenzie*, 10(4), 32-56
- Lugo, J.P., y Vivas, D.H. (2019). Estudio de viabilidad financiera para la implementación de un sistema de energía renovable para un centro de procesamiento de datos en Bogotá (Tesis de Especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Martínez, A., Curbelo, A. (2015). Bases de capacitación para el fomento de fuentes renovables de energía en el sector agrícola. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(1), pp. 58-61.
- Mendoza, D.L., Salas, E., López, D.D. (2018). Responsabilidad social de las empresas productoras de energía eólica. *Revista Venezolana de Gerencia*, 23(82), pp. 1-16.
- Ministerio de Minas y Energía. (2020). *ABC propuestas de la misión de la transformación energética*. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24169616/ABC+Mision%CC%81n+Transformacio%CC%81n+Energe%CC%81tica.pdf>
- Nogar, A., Chomicki, C., y Berdolini, J. (2019). Bioenergía a partir de residuos ganaderos. Estado de situación en provincia de Buenos Aires. *Mundo agrario: Revista de estudios rurales*, 20(43), pp. 1-9.
- Recalde, M.Y., Bouille, D.H., y Girardin, L.O. (2015). Limitaciones para el desarrollo de energías renovables en argentina. *Revista Problemas de Desarrollo*, 183(46), pp. 89-115.
- Suárez. (2015). Producción integrada de alimentos y energía a escala local en Cuba: bases para un desarrollo sostenible. *Pastos y forrajes*, 38(1), pp. 3-10.

UNPD. (2010). Accelerating progress towards the Millennium Development Goals. New York. What Works Inc.

Vásquez, O.A., Mosquera, W.E. (2018). Impact of integrated management systems on organisations and the impact of road projects on biodiversity in Colombia. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16(1), pp. 47-53.

Venegas, J.A., Raj, D., y Pinto, R. (2019). Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas. *Análisis económico*, 34(85), pp. 169-187.