

# Alternativas de producción más limpia en calidad del aire para el sector alfarero, Sogamoso (Boyacá)<sup>1</sup>

Biviana Esperanza Rocha Gil<sup>2</sup> – Alejandro Echeverri Rubio<sup>3</sup>

## RESUMEN

**Introducción:** La producción más limpia es una estrategia ambiental preventiva e integrada en procesos productivos, productos y servicios, para reducir los riesgos a los humanos y al ambiente. Una actividad que requiere la formulación de este tipo de alternativas es la producción alfarera, debido a que sus dinámicas generan efectos en la atmósfera. **Objetivo:** Formular alternativas de producción más limpia en calidad del aire, para el sector alfarero de la vereda Pantanitos, Sogamoso-Boyacá. **Materiales y Métodos:** Se verificaron datos en campo para elaborar diagrama de procesos y se

aplicó encuesta estructurada sobre aspectos legales, técnicos, tecnológicos, financieros y ambientales. Para la formulación del programa de producción más limpia se elaboró una matriz de análisis con estrategias para priorizar viabilidad para el sector. **Resultados:** Se registraron 1 horno tipo colmena y 55 hornos convencionales, con características de economía familiar. Se identificaron estrategias orientadas a la gestión tecnológica, participación en programas de gobierno nacional, regional y local, consumo sostenible, autogestión ambiental, beneficios

---

1. Artículo original derivado del proyecto de investigación alternativas de producción más limpia en calidad del aire para el sector alfarero de la Vereda Pantanitos, Municipio de Sogamoso (Boyacá) desarrollado en el marco de formación de la Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la Universidad de Manizales, ejecutado en el período comprendido entre febrero de 2019 y mayo de 2020, financiado por los autores.

2. Ingeniera Sanitaria y Ambiental de la Universidad de Boyacá, con posgrado en Ingeniería de Sistemas Hídricos Urbanos de la Universidad de Los Andes, Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la Universidad de Manizales. Docente–Investigador en Grupo de Investigación COBIDES, Semillero Metamorfo ZueBoy de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Correo: [biviana.rocha@unad.edu.co](mailto:biviana.rocha@unad.edu.co) / ORCID: 0000-0002-1929-9247

3. Administrador de Empresas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Magíster en Administración Perfil Investigativo de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Doctorado en Administración de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Docente–Investigador en la Universidad de Manizales. Correo: [aecheverri@umanizales.edu.co](mailto:aecheverri@umanizales.edu.co) / ORCID: 0000-0002-3611-5438

**Autor para correspondencia:** Biviana Esperanza Rocha Gil, correo: [biviana.rocha@unad.edu.co](mailto:biviana.rocha@unad.edu.co)

**Recibido:** 08/07/2020 **Aceptado:** 28/09/2020

tributarios, optimización y mejoramiento de procesos empresariales, certificaciones ambientales y líneas de financiamiento como herramientas base para la formulación del programa de producción más limpia, considerando el potencial técnico, económico, financiero y ambiental. **Conclusiones:** La gestión tecnológica, autogestión ambiental, beneficios tributarios y líneas

de financiamiento son las estrategias incluidas en el programa de producción más limpia en calidad del aire a partir de proyectos, metas y objetivos que presentan viabilidad para el sector alfarero de la vereda Pantanitos, Sogamoso-Boyacá.

**Palabras clave:** Producción limpia, calidad del aire, producción sostenible, desarrollo sostenible.

## Cleaner production alternatives in air quality for the pottery sector, Sogamoso (Boyacá)

### ABSTRACT

**Introduction:** Cleaner production is a preventive and integrated environmental strategy in production processes, products and services, to reduce risks to humans and the environment. An activity that requires the formulation of this type of alternative is pottery production, since its dynamics generate effects in the atmosphere. **Objective:** To formulate cleaner production alternatives in air quality for the pottery sector of the Pantanitos district, Sogamoso-Boyacá. **Materials and Methods:** Data were verified in the field to elaborate a process diagram and a structured survey was applied on legal, technical, technological, financial and environmental aspects. For the formulation of the cleaner production program, an analysis matrix was prepared with strategies to prioritize viability for the sector. **Results:** 1 hive type oven and 55 conventional ovens were registered, with characteristics of family economy.

Strategies oriented to technological management, participation in national, regional and local government programs, sustainable consumption, environmental self-management, tax benefits, optimization and improvement of business processes, environmental certifications and financing lines were identified as base tools for program formulation. cleaner production, considering the technical, economic, financial and environmental potential. **Conclusions:** Technological management, environmental self-management, tax benefits and financing lines are the strategies included in the cleaner air quality production program based on projects, goals and objectives that present viability for the pottery sector of the Pantanitos district, Sogamoso-Boyacá.

**Keywords:** Clean production, air quality, sustainable production, sustainable development.

## Alternativas de producción más limpas em qualidade do ar para o setor de cerâmica, Sogamoso (Boyacá)

### RESUMO

**Introdução:** A produção mais limpa é uma estratégia ambiental preventiva e integrada nos processos, produtos e serviços de produção, para reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente. Uma atividade que requer a formulação desse tipo de alternativa é a produção de cerâmica, pois sua dinâmica gera efeitos na atmosfera. **Objetivo:** Formular alternativas de produção mais limpas em qualidade do ar para o setor de cerâmica do distrito de Pantanitos, Sogamoso-Boyacá. **Materiais e Métodos:** Os dados foram verificados em campo para elaborar um diagrama de processo e uma pesquisa estruturada foi aplicada sobre aspectos legais, técnicos, tecnológicos, financeiros e ambientais. Para a formulação do programa de produção mais limpa, foi elaborada uma matriz de análise com estratégias para priorizar a viabilidade do setor. **Resultados:** foram registrados 1 forno tipo colméia e 55 fornos convencionais, com características de economia

familiar. Estratégias orientadas à gestão tecnológica, participação em programas governamentais nacionais, regionais e locais, consumo sustentável, autogestão ambiental, benefícios fiscais, otimização e melhoria dos processos de negócios, certificações ambientais e linhas de financiamento foram identificadas como ferramentas básicas para a formulação do programa. produção mais limpa, considerando o potencial técnico, econômico, financeiro e ambiental. **Conclusões:** Gerenciamento tecnológico, autogestão ambiental, benefícios fiscais e linhas de financiamento são as estratégias incluídas no programa de produção de qualidade do ar mais limpo, com base em projetos, metas e objetivos viáveis para o setor de cerâmica do distrito de Pantanitos, Sogamoso-Boyacá.

**Palavras chave:** Produção limpa, qualidade do ar, produção sustentável, desenvolvimento sustentável.

### INTRODUCCIÓN

La producción más limpia es una estrategia de gestión ambiental aplicada a los procesos, productos y servicios que implica la optimización, modificación o cambio de los mismos según Bernal, Beltrán y Márquez, (2016, pág. 81). También según Fajardo, (2017, pág. 49) es una estrategia preventiva e integrada, en los procesos

productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente. Para lograr esta estrategia a nivel internacional en el año 2015 se planteó como uno de los objetivos de la Agenda 2030 "Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles (Naciones Unidas, 2018, pág. 55).

A nivel nacional Hoof y Herrera, (2007, pág. 110) mencionan que las principales estrategias de producción más limpia son: lineamientos nacionales de centros de asistencia técnica; programas temporales promovidos por autoridades ambientales, convenios y políticas regionales, programas de autogestión ambiental, programas académicos de educación; programas de investigación; líneas de financiamiento; guías ambientales e instrumentos fiscales y económicos, sin embargo deben evolucionar hacia un enfoque para la optimización y mejoramiento de los procesos empresariales promoviendo la innovación tecnológica y la sostenibilidad en los negocios.

Frente a estos compromisos Colombia formulo la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible que describe que cada sector económico difiere en sus estrategias y dependiendo del dinamismo y madurez empresarial reconocen los beneficios. Algunas de las metas generales de esta son lograr la eficiencia energética, la disminución de consumo de agua, el encadenamiento de actores hacia la producción sostenible, el emprendimiento de negocios verdes, las certificaciones ambientales, entre otras (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, pág. 10).

Algunas experiencias nacionales de producción más limpia se han orientado en diferentes aspectos como menciona Calderón, (2016) para el sector agropecuario se ha centrado en manejo de residuos sólidos, control y disminución de la contaminación en la fuente, remediación y restauración de recursos naturales, eficiencia en el uso de recursos naturales y en la sustitución de materias primas" (pág.7), también Caiza et al. (2018, pág. 22) y Vargas et al. (2017, pág. 121) coinciden es que la Producción Más Limpia PML, se aplica en procesos productivos cuyo fin es el de optimizar o minimizar materias primas, agua, energía, etc.; para reducir la cantidad de gases tóxicos emitidos a

la atmósfera, contrastando con lo expuesto por Restrepo (2006, pág. 98) quien refiere que para la industria alimentaria es necesario implementar planes adecuados de producción más limpia, antes que costosas inversiones en tratamiento de residuos.

De otra parte, Orozco et al. (2017, pág. 22) afirma que la producción más limpia en instituciones de salud se concentra en la reducción de impactos en el ambiente, minimización de riesgos para los trabajadores y disminución de costos por la producción de residuos y emisiones a la atmósfera.

En este sentido, evaluar alternativas de producción más limpia para el sector alfarero de la vereda Pantanitos, municipio de Sogamoso-Boyacá, puede contribuir al logro de metas nacionales para el mejoramiento de la calidad del aire a través de mejora en los procedimientos de operación y calidad de compra de materias primas; evaluación, implementación y mantenimiento de técnicas para minimizar emisiones atmosféricas; sistemas eficientes de prevención y control de emisiones; prácticas para el uso eficiente de agua y energía; viabilidad financiera; actualización de requisitos legales y planeación e implementación de estrategias de producción más limpia (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2018, pág 14).

Algunos de los principales impactos sobre la calidad del aire relacionados por Maldonado, (2006) son desechos industriales de sustancias tóxicas, las cuales tienen la capacidad intrínseca para producir daños en un organismo. De igual manera González, (2010, pág. 12) menciona que las principales emisiones de las industrias alfareras son monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NOX), partículas sólidas (PM10) y compuestos orgánicos volátiles (VOC); coincidiendo en lo descrito por Jaya y Gómez, (2012); Wilches; Suárez,

(2016); Lizcano, (2017); Abbas et al., (2020) en cuanto a la generación de material particulado, combustión incompleta de combustibles que descarga sustancias tóxicas y hollín, especialmente al comienzo de cualquier operación, y la afectación al paisaje.

La industria alfarera ubicada en el valle de Sogamoso tiene más de cien años de tradición en la fabricación de productos como ladrillos y tejas (Barreto, 2014, pág. 56) y a causa de la informalidad en los métodos para la fabricación de los ladrillos y la importancia económica que tiene para el municipio, se requiere la generación de programas integrales que permitan generar tanto el uso racional de los recursos naturales, como beneficios sociales al territorio (Sarmiento, 2006).

En diagnóstico realizado por Quijano, L. et al, (2014, pág. 90) sobre las emisiones generadas por las distintas fuentes de contaminación, en Sogamoso determinó que el 56,39% de contaminantes atmosféricos es generado por el sector alfarero. Frente a esta problemática Corpoboyacá, (2016, pág. 70) desarrolló una estrategia para reducir la contaminación en el Valle de Sogamoso a través de la erradicación de hornos artesanales usados para la producción de ladrillo y el pago a los alfareros por abandonar su actividad contaminante, por medio de la compra de las emisiones de 150 hornos de ladrillo y cal que fueron destruidos y reemplazados por árboles, otras iniciativas según Lizcano, (2017, pág. 54) es formular un programa global dentro de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, que vincule a todos los generadores de CO<sub>2</sub>, dado el contraste entre área de bosques de Boyacá y la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por las industrias siderúrgicas y artesanales.

En consecuencia la presente investigación abordó como objetivo principal formular alternativas de producción más limpia en calidad del aire para este sector, teniendo

en cuenta que esta vereda presenta el mayor número de hornos del municipio y de acuerdo con Lizcano, (2017); Zambrano y Vergel, (2010); Wilches y Suárez, (2016); Corpoboyacá, (2013); Serrano, (2013) las estrategias desarrolladas se han enfocado al cierre de hornos, programas de reducción de emisiones a través de la instalación de filtros, monitoreo de emisiones, evaluación de la captura de carbono y seguimiento de normas ambientales, sin considerar los programas de producción más limpia como una alternativa que puede generar beneficios económicos, mediante la reducción de la utilización de los recursos, mejorar condiciones sobre degradación y contaminación durante todo el ciclo de vida de la producción, logrando al mismo tiempo unas mejores condiciones de vida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

La Vereda Pantanitos está ubicada al noreste del municipio de Sogamoso en el departamento de Boyacá, se divide en sector alto y bajo, presenta un área de 103.9727 m<sup>2</sup> aproximadamente y está a 15 km de distancia desde la cabecera municipal en las coordenadas 1124783 Norte y 1128624 Este. Según la Resolución 1237 de 2018 emitida por la Corporación Autónoma regional – CORPOBOYACÁ, en el sector está el 38% del total de chircales aprobados del municipio.

De acuerdo con Hernández et al., (2003, pág. 7) el tipo de investigación es cualitativo con énfasis en el componente evaluativo, para lo cual se aplicaron técnicas de investigación como la observación, aplicación de una encuesta estructurada y entrevistas interpretativas a los propietarios de los hornos; teniendo en cuenta

que el objeto del estudio es formular estrategias de producción más limpia para mejorar la calidad del aire de la vereda Pantanitos, a partir del diagnóstico del proceso productivo; análisis de ventajas y desventajas para la zona y estrategias potencialmente adaptables a un programa de gestión para el sector.

Para recolectar la información primaria se aplicó una encuesta estructurada a los propietarios de los 56 hornos y se obtuvo información relacionada con el proceso productivo, aspectos organizacionales, administrativos, técnicos, económicos, legales y ambientales, teniendo en cuenta los aspectos de producción más limpia recomendados por Fajardo, (2017, pág. 49); Cardona, (2010, pág. 15).

La identificación de estrategias de producción más limpia potenciales se realizó a partir de entrevistas interpretativas dirigidas a los propietarios de los hornos y mediante una matriz de análisis que integro instrumentos y herramientas de gestión ambiental de acuerdo con la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (2010, pág. 37) y experiencias de producción más limpia a nivel internacional y nacional para este sector, posteriormente se registraron ventajas y desventajas de cada una, a partir de una lluvia de ideas grupal, frente a las posibilidades de implementación identificadas por líderes propietarios de hornos de la Vereda Pantanitos.

Las estrategias potenciales para el sector se consolidaron en un programa que incluye proyectos, objetivos, metas e indicadores, a través de un proceso participativo con líderes propietarios de hornos de la Vereda Pantanitos, para ello se realizó un taller con el método simplex (Sánchez et. al, 2018, pág. 188) a través de un cuestionario individual con 10 preguntas que contenían las ventajas y desventajas para cada una de las estrategias, posteriormente calificar en un ranking de 1 a 10, considerando al final las que sumaran

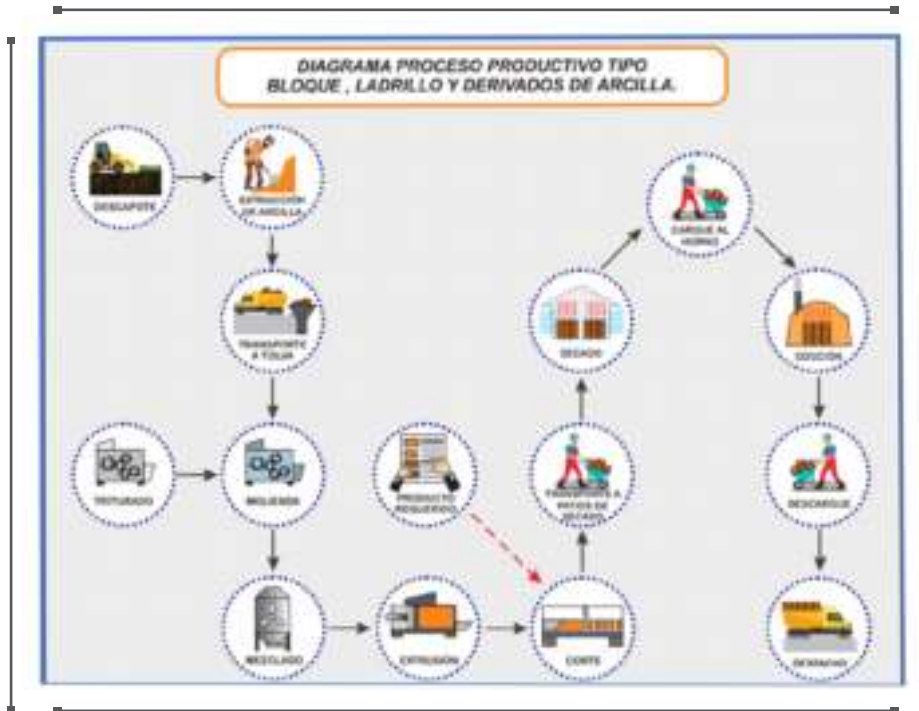
mayor valor como las medidas prioritarias. El método simplex se basa en la resolución de problemas, donde inicialmente se analiza la información disponible, en este caso del proceso productivo de la actividad alfarera, de tal manera que se logre determinar la función objetivo, que será la meta deseada, en éste caso, establecer las medidas de Producción Más Limpia aplicables al sector, teniendo en cuenta variables, limitantes y beneficios.

## RESULTADOS

Inicialmente se estableció contacto con los líderes propietarios de hornos de la Vereda Pantanitos con el propósito de socializar el objetivo del proyecto y lograr el apoyo participativo en las diferentes etapas de recolección de información, para lo cual se logró contar con el consentimiento de los propietarios de los hornos y de esta manera se realizaron entrevistas interpretativas y aplicación de encuestas estructuradas a 56 unidades productivas.

De la verificación en campo a través de la observación y aplicación de una encuesta estructurada se obtuvo el levantamiento del proceso productivo de 55 hornos artesanales y 1 horno colmena en la Vereda Pantanitos, Sogamoso-Boyacá para lo cual se construyó la Figura 1. Diagrama de proceso, que permite identificar de manera genérica los procesos de producción de los hornos artesanales de producción de ladrillo de la Vereda Pantanitos.

**Figura 1.** Diagrama proceso productivo de ladrillos y derivados de la arcilla.



**Fuente:** elaborada por los autores

El proceso inicia con la explotación del mineral "arcilla", que es extraído de la mina por el método tradicional de descapote, donde queda expuesto el mineral de interés para el proceso productivo y se procede a realizar la extracción del mismo por medios mecanizados. Algunos de los alfareros de la Vereda Pantanitos son propietarios de las minas, los demás compran la materia prima para realizar el proceso productivo.

Posteriormente la materia prima, es transportada a la tolva, que conduce el material a los molinos para su proceso de triturado y de esta manera permitir que el material obtenga un tamaño adecuado para continuar con la fase de mezclado, allí se adiciona agua para

hidratar la mezcla y dar la textura requerida al material, que posteriormente pasa a la maquina extrusora que permite el paso de la mezcla a la presión requerida y con la forma del producto a fabricar, dependiendo del producto requerido y lista para la máquina de corte; posterior al corte se realiza el transporte manual por medio de carretas a los patios de secado, que son áreas acondicionadas con una estructura tipo caseta con carpas o plásticos que permiten que la masa moldeada se seque y pierda el agua que se le agregó para el moldeado, de modo que no haya fisuras y el producto quede listo para la cocción. Posterior al secado de nuevo se realiza el transporte manual de los productos moldeados por



medio de carretas y se trasladan al horno para el proceso de cocción, el cual tendrá una duración dependiendo del tipo de horno (convencional o colmena). Luego de pasado el tiempo (días) requeridos para la cocción de los productos derivados de la arcilla, se realiza el enfriamiento y posteriormente el almacenamiento y despacho de los productos terminados.

Respecto al cumplimiento de requisitos legales sobre las fuentes de emisión; se obtuvo que para dar cumplimiento al Artículo 69 de la Resolución No. 0909 de 2008, las 56 unidades productivas (hornos alfareros) encuestadas cumplen con una altura mínima de la chimenea de 10 metros, pero debido al tipo de proceso artesanal de cocción en "chircal" las emisiones contaminantes continúan siendo elevadas, adicional a que también se generan altos niveles de material particulado en áreas del proceso como trituración y molinos.

De la totalidad de encuestados (56 hornos alfareros) el 18% manifestó que tiene asesoría ambiental permanente, mientras que el 82% restante manifestó que consultan asesoría ambiental de manera ocasional según la necesidad. Se identifica la falta de acompañamiento de las entidades del estado para el sector productivo; en lo referente a planeación frente al desempeño ambiental en forma organizada y articulada con los diferentes actores que pueden contribuir a garantizar la actualización y cumplimiento legal de las empresas, considerando los programas de producción más limpia como una alternativa para el cumplimiento de metas nacionales y regionales, mejorar beneficios económicos y condiciones de vida de la población de área de influencia del sector productivo, quienes manifiestan interés común y disposición para recibir apoyo, asesoría y financiación de las entidades gubernamentales, pues para los propietarios de los hornos es claro, que éstos cambios y modificaciones requieren de inversión económica; con la

que no cuentan dentro de su esquema actual e informal de operaciones productivas y comerciales.

A partir del diagnóstico anterior, los lineamientos de la política para el mejoramiento de calidad del aire (2018), las experiencias internacionales y nacionales de producción más limpia y la lluvia de ideas realizada con los líderes propietarios de hornos en la zona de estudio, se consolidó la Tabla 1 con estrategias, ventajas y desventajas.



**Tabla 1.** Ventajas y desventajas de estrategias de producción más limpia

Estrategia	Descripción	Ventajas	Desventajas
<b>Gestión tecnológica</b>	Integración de los diferentes procesos en el manejo de la tecnología dentro de un marco administrativo eficaz (Gómez et., 2015, pág. 10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Generación de procesos eficientes</li> <li>✓ Aumento de competitividad</li> <li>✓ Mejora de liderazgo e innovación</li> <li>✓ Transferencia tecnológica</li> <li>✓ Normalización de la calidad</li> <li>✓ Elección de tecnologías adecuadas al proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alinear la tecnología y procesos en la misma dirección</li> <li>✓ Identificación de recursos sujetos a reconversión tecnológica (tecnología dura y blanda)</li> <li>✓ Mejorar procesos que estén sujetos a cambio</li> <li>✓ Implementación de control de calidad, la seguridad industrial y la ergonomía</li> <li>✓ Preservación y cuidado del medio ambiente</li> <li>✓ Cumplimiento de normativa para desempeño productivo</li> <li>✓ Falta de asociatividad en el sector</li> </ul>

Estrategia	Descripción	Ventajas	Desventajas
<b>Participación en programas de gobierno nacionales, regionales y locales de consumo y producción sostenible</b>	<p>Consiste en promover la elaboración de un marco de programas a diez años para apoyar y fortalecer las iniciativas regionales y nacionales, y acelerar el cambio hacia patrones de consumo y producción más sustentables (Cardona et al., 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Asistencia técnica</li> <li>✓ Encadenamiento de actores hacia la producción sostenible</li> <li>✓ Convenios de competitividad</li> <li>✓ Estrategias de gestión empresarial</li> <li>✓ Desarrollo de centros de innovación</li> <li>✓ Educación o capacitación en estrategia comercial</li> <li>✓ Recursos humanos especializados</li> <li>✓ Mejora capacidad decisional en la región</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Factores de calidad del sector productivo</li> <li>✓ Pensar en pequeño</li> </ul>

Estrategia	Descripción	Ventajas	Desventajas
<b>Consumo sostenible</b>	<p>Se orienta a cambiar los patrones insostenibles de producción y consumo por parte de los diferentes actores de la sociedad nacional, lo que contribuirá a reducir la contaminación, conservar los recursos, favorecer la integridad ambiental de los bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, como fuentes de la competitividad empresarial y de la calidad de vida (MAVDT, 2010, pág. 37)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Emprendimiento de negocios verdes</li> <li>✓ Beneficios ambientales y sociales al territorio</li> <li>✓ Capacidad de anticiparse al cambio</li> <li>✓ Ventajas en mercados</li> <li>✓ Valor agregado a productos</li> <li>✓ Redefinición de mercados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alto grado de especialización de la empresa</li> <li>✓ Falta de mentalidad a largo plazo</li> <li>✓ Mercado de capitales cuenta con un beneficio mínimo</li> <li>✓ Recurso humano especializado en el área limitado</li> <li>✓ Conectividad con cadenas de mercado</li> <li>✓ Productividad y competitividad</li> <li>✓ Falta de investigación</li> </ul>

Estrategia	Descripción	Ventajas	Desventajas
<b>Autogestión ambiental</b>	Se enfoca en el desarrollo de programas de reconocimiento público por parte de autoridades ambientales de avances en gestión ambiental de empresas privadas (Hurtado y Herrera, 2007, pág. 109)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sostenibilidad en los negocios</li> <li>✓ Beneficios económicos por disminución de consumo de recursos naturales</li> <li>✓ Menor huella de carbono e hídrica</li> <li>✓ Cumplimiento de la normatividad ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacitación permanente al personal en prácticas y tecnologías limpias</li> <li>✓ Identificar y participar de manera activa en programas de mejoramiento ofrecidos por gremios, autoridades e instituciones de apoyo como universidades, SENA, cámaras de comercio, entre otras.</li> </ul>
Estrategia	Descripción	Ventajas	Desventajas
<b>Beneficios tributarios ambientales</b>	Sea beneficios ambientales se aplican sobre el pago del impuesto a las ventas IVA o del impuesto a la renta (Rodríguez Is, 2015, pág. 30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Exclusión de IVA y la deducción de renta por inversión en gestión ambiental.</li> <li>✓ Existen bases de datos de consultores en diferentes campos de la tecnología, debidamente evaluados por una entidad competente en cada región.</li> <li>✓ Información sobre estándares de calidad exigidos por los mercados nacionales e internacionales, por temas de actividad.</li> <li>✓ Información sobre proyectos empresariales exitosos en cualquier campo de la innovación</li> <li>✓ Activación de los mecanismos de financiación establecidos en el marco de la Política Nacional de Innovación y Desarrollo Tecnológico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desconocimiento del sistema nacional de ciencia y tecnología</li> <li>✓ Trámites y procedimientos para lograr una mayor efectividad y oportunidad de los instrumentos de promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico</li> <li>✓ Falta de centros de desarrollo tecnológico e investigaciones a nivel regional.</li> </ul>

Estrategia	Descripción	Ventajas	Desventajas
<b>Optimización y mejoramiento de procesos empresariales</b>	<p>Es una estrategia empresarial de prevención y minimización de impactos y riesgos sobre el medio ambiente y sobre seres humanos y al aplicar esta técnica se obtienen beneficios económicos, ambientales y empresariales en cualquier sector industrial. (Aguirre, 2008, pág. 28)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Beneficios económicos</li> <li>✓ Aumento de la productividad mediante la mejora de la eficiencia gracias a un mayor conocimiento de los procesos y actividades de la empresa</li> <li>✓ Mejor aprovechamiento de la materia prima en el proceso de producción, utilizando lo mínimo necesario sin que se comprometa la calidad del producto.</li> <li>✓ Mejora de la imagen pública mediante la comunicación de los resultados a clientes, contratistas, proveedores, autoridades, inversionistas, vecinos y público en general</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Escasez de recursos económicos</li> <li>✓ No hay cargos responsables de gestión ambiental en las empresas</li> <li>✓ No se cuentan con indicadores base para los procesos de optimización</li> <li>✓ No hay programas de capacitación para los empleados del sector</li> <li>✓ No hay programas de manejo ambientales</li> <li>✓ Posibilidad de pérdida de ventajas competitivas</li> <li>✓ Incrementos e costos de producción y optimización</li> </ul>

Estrategia	Descripción	Ventajas	Desventajas
<b>Certificaciones ambientales</b>	Es el reconocimiento en el mercado por grupos de interés a la aplicación de estándares internacionales estandarizados en el área ambiental (García, 2008, pág. 41)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conformidad con la legislación ambiental</li> <li>✓ Conformidad con las exigencias de consumidores</li> <li>✓ Mejora de la imagen del máquetin</li> <li>✓ Mejora en la utilización de recursos</li> <li>✓ Mejor comunicación entre áreas de la empresa</li> <li>✓ Mejora imagen de la empresa</li> <li>✓ Aumenta la confianza de los gestores de la empresa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alto costo de inversión</li> <li>✓ Capacitación permanente a los empleados</li> <li>✓ Renovación de certificaciones</li> <li>✓ Costos asociados a seguimiento y monitoreo</li> <li>✓ Falta de cultura de seguimiento y control</li> <li>✓ Baja experiencia en el sector</li> </ul>
<b>Líneas de financiamiento</b>	Incentivos tributarios de orden ambiental, incluidos en la reforma tributaria y las líneas de crédito para financiar programas de reconversión ambiental. (Larrea y Bedoya, 2013, pág. 23)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Beneficios económicos</li> <li>✓ Toma de decisiones hacia la tendencia de los mercados y que planes y estrategias se pueden elaborar a nivel de producción, de rentabilidad y financiamiento, investigación, desarrollo e innovación, de marketing y ventas</li> <li>✓ Maximización de beneficios, ya sea reflejando la calidad del producto ofrecido, el valor agregado, la buena imagen de la marca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se debe proyectar sostenibilidad en el negocio</li> <li>✓ Especificidad de condiciones de crédito</li> <li>✓ Variabilidad de interés</li> <li>✓ Condiciones de financiamiento</li> </ul>

**Fuente:** elaborada por los autores

Según Gómez et. al, (2015, pág. 10) para garantizar el cumplimiento de los objetivos relacionados con la gestión tecnológica, se deben alinear la tecnología y los procesos en una misma dirección. A esto se le conoce como reconversión tecnológica, la cual abarca dos áreas importantes: tecnológica y mental. Esta última alude a que el ser humano es quien toma la decisión final de cuándo y cómo emplear la tecnología en beneficio del proceso y minimizar contaminantes, lo cual se puede articular en los programas de autogestión ambiental que permitan un reconocimiento público por parte de autoridades ambientales de avances en gestión ambiental de éstos productores alfareros, como lo recomienda Hoof y Herrera (2007, pág. 106). De esta manera se podrá acceder a los beneficios tributarios y de gestión de recursos que se consideran en Rodríguez (2015, pág. 30) así como acceder a líneas de financiamiento, pues la articulación de la producción limpia con los negocios internacionales, amplían el panorama hacia las oportunidades que se pueden explorar no solo desde el área ambientalista, sino desde la toma de decisiones de los empresarios para abordar esta nueva tendencia de los mercados y que planes y estrategias se pueden elaborar a nivel de producción, de rentabilidad y financiamiento, investigación, desarrollo e innovación, marketing y ventas, buscando la maximización de beneficios, ya sea reflejando la calidad del producto ofrecido, el valor agregado o la buena imagen de la marca.

De acuerdo con los anteriores resultados y análisis se consolidó el programa de producción más limpia con estrategias de gestión tecnológica, autogestión ambiental, beneficios tributarios y líneas de financiamiento como potenciales para este sector, esto como resultado del análisis de ventajas y desventajas, y priorización de las mismas. Algunos de los aspectos considerados por los líderes en la aplicación del método simplex para

asignar un valor de importancia fueron, condiciones legales y económicas de las empresas, conocimiento de las tecnologías, capacidad técnica, organizacional y administrativa para implementar, necesidad de información sobre fuentes de financiamiento, falta de comunicación con autoridades y nivel educativo, entre otros. A continuación, se presenta la descripción del programa en la Tabla 2.



**Tabla 2.** Programa de producción más limpia para mejorar la calidad del aire.

Programa de producción más limpia para mejorar la calidad del aire en la Vereda Pantanitos, Sogamoso - Boyacá			
Proyecto 1. Gestión Tecnológica			
Objetivo	Meta	Actividades	Indicadores
Planear la integración de los diferentes procesos de la producción de ladrillo con el uso de la tecnología en un marco administrativo eficaz (Gómez et. al, 2015)	Generar programa de mejora operacional, que incluya renuevo de procesos ineficientes, transformaciones a tecnologías que permitan incrementar ganancias y/o reducir la generación de residuos	Establecer mejoras operacionales enfocadas a la eficacia de la producción	Eficacia de producción=(Número de ladrillos que cumplen con calidad/Número total de ladrillos producidos)*100
		Analizar a través de alianzas entre el sector productivo y autoridades ambientales la reducción de gases atmosféricos de manera progresiva con implementación de cambios tecnológicos	Emissiones atmosféricas– (Medición de PM10,SOx, NOx, CO y CO <sub>2</sub> con cambios tecnológicos/ Medición de PM10,SOx, NOx, CO y CO <sub>2</sub> sin cambios tecnológicos)*100
		Establecer costos de producción asociados a cambios de combustibles y/o implementación de mejoras tecnológicas	Costos de producción=(Costo marginal de producción de unidad de ladrillo con implementación de mejoras tecnológicas y/o cambio de combustible/ Costo marginal de producción de unidad de ladrillo sin implementación de mejoras tecnológicas y/o cambio de combustible)*100

<b>Proyecto 2. Autogestión Ambiental</b>			
<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Gestionar participación con programas de reconocimiento de autoridades ambientales locales y regionales (Hoof y Herrera, 2007, pág. 106)</b>	Lograr la participación mínimo en un espacio de reconocimiento por parte de una autoridad local y regional	Reconocimiento de costos de inversión de alternativas implementadas en otros hornos	Valor de inversión considerando costos de accesorios y asistencia técnica  Período de recuperación de la inversión
		Vincularse a una estrategia regional y/o local de reducción de gases contaminantes y/o venta de bonos de carbono	Número de estrategia regional y/o local de reducción de gases contaminantes y/o venta de bonos de carbono implementada
		Análisis de exposición a altas temperaturas y jornada laboral con y sin implementación de cambios tecnológicos	Altas temperaturas– (No de trabajadores que perciben altas temperaturas con cambios tecnológicos/ No de trabajadores que perciben altas temperaturas sin cambios tecnológicos)*100
			Horas de producción– (No de horas en producción de ladrillo con cambios tecnológicos/ No de horas en producción de ladrillo sin cambios tecnológicos ) *100

<b>Proyecto 3. Beneficios Tributarios</b>			
<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Apropiar conocimiento sobre beneficios tributarios que aplican impuesto a las ventas IVA o del impuesto a la renta (Rodríguez, 2015, pág. 30)</b>	Gestionar mínimo una capacitación y un taller por año en beneficios tributarios con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación	Solicitar capacitación en beneficios tributarios que aplican (impuesto a las ventas IVA o del impuesto a la renta)	No de capacitaciones en beneficios tributarios que aplican (impuesto a las ventas IVA o del impuesto a la renta)
		Realizar mínimo un taller con experto del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación en formulación de documento para aplicación a beneficios tributarios	No de talleres realizados con experto del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación en formulación de documento para aplicación a beneficios tributarios
<b>Proyecto 4. Líneas de Financiamiento</b>			
<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Gestionar asesoría en incentivos tributarios de orden ambiental, incluidos en la reforma tributaria y las líneas de crédito para financiar programas de reconversión ambiental (Lantayo y Bedoya, 2013, pág.23)</b>	Gestionar mínimo una asesoría con cada entidad financiera para recibir asesoría de líneas de crédito en programas de reconversión ambiental	Identificar las entidades potenciales con líneas de crédito en programas de reconversión ambiental que apliquen al sector	No de entidades financieras con líneas de crédito para programas de reconversión tecnológica ambiental que apliquen al sector
		Recibir mínimo una asesoría por cada entidad potencial con líneas de crédito en programas de reconversión ambiental que apliquen al sector	Capacitaciones –No de Asesorías realizadas con entidades potenciales con líneas de crédito en programas de reconversión ambiental que apliquen al sector / No de Asesorías programadas con entidades potenciales con líneas de crédito en programas de reconversión ambiental que apliquen al sector

**Fuente:** elaborada por los autores

Los proyectos considerados en el programa de producción más limpia, coinciden al análisis realizado en la política para el mejoramiento de calidad del aire (2018), donde se menciona que identificaron barreras en gremios como las ladrilleras y pequeñas productoras de carbón, para acceder a los incentivos y beneficios, entre las limitantes se identificó el desconocimiento del beneficio, la complejidad y duración del trámite, necesidad de contratación de personal especializado y por ende aumento del costo en el trámite, lo que hace que estos incentivos se centren en las grandes compañías. Respecto a los recursos que existen para crédito, el banco de desarrollo para crecimiento empresarial Bancóldex, cuenta con líneas de crédito para los diferentes tipos de empresas, de diversos sectores económicos y financian proyectos de eficiencia energética, energías renovables y desarrollo sostenible. Es imperioso que el gremio alfarero conozca estos beneficios, pues son acciones que permiten la mitigación de Gases de Efecto Invernadero y a reducir la emisión de contaminantes.

## DISCUSIÓN

De acuerdo al diagnóstico realizado se cuenta con 56 hornos activos en la Vereda Pantanitos, de los cuales 55 presentan hornos de tipo convencional de acuerdo a los descrito por (Barreto, 2014, pág. 56) y tan solo uno es tipo colmena, estos productores no han realizado estudios o procesos de reconversión tecnológica, no han accedido a créditos para éste propósito, no cuentan con asesoría ambiental permanente, ni han formulado sistemas de gestión ambiental, los procesos de fabricación de productos derivados de la arcilla se realiza de manera artesanal, utilizando como combustible para el funcionamiento de los hornos un 20% de carbón mineral y un 80% coque.

Respecto al cumplimiento de requisitos legales sobre las fuentes de emisión; se obtuvo que para dar cumplimiento al Artículo 69 de la Resolución No. 0909 de 2008, "para

lo cual deberán implementar ductos y/o chimeneas cuya altura y ubicación permita la dispersión adecuada de las emisiones atmosféricas producidas durante el proceso de cocción", las 56 unidades productivas (hornos alfareros) encuestadas cumplen con una altura mínima de la chimenea de 10 metros. Lo cual es concordante a lo solicitado por la Resolución 1237 del 06 de abril de 2018 "Por medio de la cual se establecen las condiciones de ejecución de las actividades de cocción de ladrillo, teja y similares en la jurisdicción del municipio de Sogamoso y se adoptan otras determinaciones. En el Artículo Noveno.—La Oficina de Gestión del Riesgo y Ambiente del Municipio de Sogamoso y la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá -, realizarán las actividades de control en lo relacionado con: que la unidad productiva cuente con una chimenea cuya altura mínima debe ser de 10 metros (m) medidos desde el nivel del suelo de la estructura en la que la fuente se encuentra, y su altura mínima debe ser por lo menos 3 metros (3) superior a la altura del edificio (horno) que contiene el ducto o chimenea." (Corpoboyacá, 2018, pág. 35). Por otra parte, respecto a otras fuentes de emisión contaminante, los encuestados manifestaron que también se generan altos niveles de material particulado en áreas del proceso como trituración y molinos.

En aspectos técnicos y tecnológicos principalmente emplean lo que comúnmente se llama "chircal", que genera altos niveles de gases contaminantes según lo manifestado por Herrera (2011, pág. 2) y el Manual de hornos eficientes en la industria ladrillera, que fue formulado en el marco del Programa Eficiencia Energética en Ladrilleras de América Latina para Mitigar el Cambio Climático EELA (2015, pág. 15).

El manejo financiero de estos proyectos básicamente emplea líneas de crédito informales con préstamos con transportadores y empresas que suministran el material. De manera generalizada no se lleva una contabilidad de producción, lo cual dificulta el acceso a créditos con entidades bancarias y desconocen las opciones

de crédito e incentivos financieros para programas de reconversión tecnológica ambiental y la instalación de sistemas de control de emisiones, que se crearon a partir de la Política para el Mejoramiento de la Calidad del Aire (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2018, pág. 45), así mismo no se han beneficiado de los instrumentos tributarios como la exclusión de IVA y la deducción de renta.

El manejo ambiental del sector principalmente se realiza en aspectos de prevención de accidentes y manejo de materias primas, sin embargo, no se realiza control operativo durante la producción para optimización de materias primas y combustibles, los tipos de hornos empleados no permiten implementar sistemas de control de calidad de aire y no se cuenta con sistemas de ventilación y/o control de procesos de combustión controlada para la reducción de contaminantes a la atmosfera.

La revisión de estrategias de producción más limpia para el mejoramiento de la calidad del aire se realizó teniendo en cuenta lo expuesto por Bernal, Beltrán y Márquez, (2016, pág. 67) en cuanto a la necesidad de análisis integral de posibles herramientas a aplicar en cada sector económico, teniendo en cuenta las diversas necesidades y posibilidades tecnológicas, económicas, administrativas, entre otras de cada organización, es por esto que en la matriz de análisis se incluyeron estrategias de gestión tecnológica las cuales según Gómez et., (2015, pág. 10) permiten la integración de los diferentes procesos en el manejo de la tecnología dentro de un marco administrativo eficaz, considerándose viable para el sector alfarero de la Vereda Pantanitos debido a las necesidades identificadas de falta de reconocimiento de opciones implementadas a nivel regional y nacional.

Otras de las alternativas analizadas fue la participación en programas de gobierno nacionales, regionales y locales de consumo y producción sostenible recomendados

por Cardona et al., (2010, pág. 13), sin embargo, estas no fueron desarrolladas en el programa como una estrategia a corto o mediano plazo dado la falta de asistencia técnica, encadenamiento en sectores de producción, convenios de competitividad, desarrollo de centros de innovación, entre otros aspectos pertinentes para enfocar el propósito de la misma.

De igual manera, la estrategia de consumo sostenible (MAVDT, 2010, pág. 37) que consiste en cambiar patrones insostenibles de producción y consumo, y que traería beneficio para el sector como fuentes de la competitividad empresarial y de la calidad de vida, requieren un alto grado de competitividad de la empresa, recurso humano especializado y conectividad con cadenas del mercado que serían opciones de largo plazo.

Los beneficios tributarios que aplican sobre el pago del impuesto a las ventas IVA o del impuesto a la renta (Rodríguez E, 2015, pág.13) se priorizaron para el programa, teniendo en cuenta que a nivel nacional el Ministerio de Ciencia, tecnología e Innovación realiza capacitación y talleres que permiten conocer los términos de las convocatorias para acceder a los mismos, al igual que orientan sobre los documentos a presentar y las etapas del proceso para participar en las convocatorias permanentes que se realizan para exclusión del IVA y la deducción de renta por inversión en gestión ambiental.

Sobre la estrategia empresarial de prevención y minimización de impactos y riesgos sobre el medio ambiente y sobre seres humanos y al aplicar esta técnica se obtienen beneficios económicos, ambientales y empresariales en cualquier sector industrial (Aguirre, 2008, pág. 28) no se desarrolló en la presente investigación debido a la escasez de recursos económicos que presentan los 56 propietarios de hornos, la falta de sistemas de gestión ambiental y responsables. Del mismo modo el reconocimiento en el mercado

por grupos de interés a la aplicación de estándares internacionales estandarizados en el área ambiental (García, 2008, pág. 41) es una iniciativa que requiere organización a nivel de procesos, administración de recursos, inversión económica para implementación, renovación, seguimiento y monitoreo.

Finalmente las líneas de financiamiento se priorizaron y desarrollaron en el programa, teniendo en cuenta que los incentivos tributarios a nivel nacional de orden ambiental, incluidos en la reforma tributaria y las líneas de crédito para financiar programas de reconversión ambiental según Tamayo y Bedoya, (2013, pág. 23), pueden ser las potenciales fuentes de financiamiento que permitan la inversión en cambio de tecnología y se promueva la inversión para organización y optimización de procesos que conlleven a la reducción de costos de operación y generen mejoramiento de calidad de productos, aumentando ingresos y posibilidad de aumentar las inversiones en gestión ambiental para el sector alfarero de la Vereda Pantanitos del municipio de Sogamoso-Boyacá.

## CONCLUSIONES

En la Vereda Pantanitos del municipio de Sogamoso se concentra un número importante de hornos para fabricación artesanal de productos derivados de la arcilla, generando emisiones contaminantes producto de la combustión como: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOX), partículas sólidas (PM10) y compuestos orgánicos volátiles (VOC), agentes facilitadores del efecto invernadero y el cambio climático.

A partir del estudio del sector alfarero, se puede afirmar que las medidas para reducir el impacto ambiental en la calidad del aire, han estado dirigidas a la demolición de hornos, cierre de hornos temporalmente que no cumplen con las normas ambientales, programas de reducción de

emisiones a través de la instalación de filtros, monitoreo de emisiones y evaluación de la captura de carbono, sin considerar los programas de producción más limpia como una estrategia integral para el control y reducción de emisiones en el proceso productivo.

Mediante un análisis de ventajas y desventajas de estrategias de producción más limpia consideradas en el estudio para el sector alfarero, se determinó que una variable importante para la formulación del programa de producción más limpia para mejoramiento de la calidad del aire es la falta de recursos económicos y financieros del gremio alfarero.

El programa de producción más limpia fue formulado para las estrategias de gestión tecnológica, autogestión ambiental, beneficios tributarios y líneas de financiamiento como potenciales para este sector; teniendo en cuenta que éstos cuatro programas pueden generar beneficios económicos, comerciales, productivos y de rentabilidad, más aun considerando que según la política para el mejoramiento de calidad del aire (2018), entre el periodo 2010 – 2015 se aprobaron 101 solicitudes para exclusión de IVA y deducción de renta en todo el País en termoeléctricas y ladrilleras, de éstas solicitudes ninguna correspondió a hornos alfareros del Departamento de Boyacá.

Una de las ventajas que ofrece la mayoría de las estrategias analizadas es el acercamiento a nuevos mercados alcanzando la competitividad tanto en precios por la reducción de algunos costos operativos como en la calidad con sello ambiental, marcando la diferencia por el valor adicional de los bienes, para lo cual es indispensable el acompañamiento de organismos gubernamentales que promuevan el crecimiento del sector en este tipo de modelos.

Los proyectos planeados que se incluyeron en el programa de producción más limpia en programas de

reconversión tecnológica ambiental que aplican al sector, fueron priorizaron a partir del diagnóstico realizado en el proceso productivo, según los aspectos legales, técnicos,

tecnológicos, financieros y ambientales, además teniendo en cuenta que éstos generen beneficios económicos, comerciales, productivos y de rentabilidad para el sector.

## REFERENCIAS

- Abbas, M. D., Al-Khekany, A. M., & Al-Yassri, L. S. (2020). Reduction of pollution caused by smoke from brick factories using a water system and reuse of water from brick production. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 671, No. 1, p. 012124). IOP Publishing. Recuperado de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/671/1/012124/pdf>
- Aguirre, V. (2008). Mejoramiento del proceso productivo y optimización ambiental de "Vaselines Industriales de Colombia", con base en estrategias de producción más limpia. (Trabajo de grado facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria). Universidad de la Salle. Colombia. Recuperado de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1449&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1449&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Barreto, P. (2014). Conformación del empresariado del sector siderúrgico y su papel en los procesos de modernización social, económica y administrativa, en el corredor industrial de Boyacá, 1960 – 1990. (Tesis doctoral en administración). Universidad Eafit. Recuperado de <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5061/PatriciaBarreto%202014.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Bernal A., Beltrán C. & Márquez A. (2016). Producción Más Limpia: Una revisión de aspectos generales. Revista I3+, 3(2), 66–84 p. Recuperado de <http://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/219/274>
- Caiza, D., Chimbo, A., Sarduy, L., Pisco, W., Diéguez, K. (2018). Propuesta de producción más limpia en el proceso de elaboración de abonos orgánicos con desechos del camal, realizado en el relleno sanitario del Cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/06/elaboracion-abonos-organicos.html>
- Cardona, R., Flórez, L. Silva, S. y Arango, I. (2010). Fortalecimiento del desempeño ambiental empresarial, a través del programa de Producción Más Limpia y Consumo Sostenible del área metropolitana del Valle de Aburrá. Producción + Limpia, 5(2), 9-23. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552010000200002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552010000200002)



- Calderón, P., Flórez, G. (2016). Herramientas de producción más limpia para productores agropecuarios. Manizales: Centro Editorial Universidad Católica de Manizales. 26 p. Recuperado de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/2506>
- Corporación Autónoma Regional Corpoboyaca. (2016). Plan de Acción 2016 – 2019. Recuperado de: <http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/03/Corpoboyaca-estrategia-de-sostenibilidad-1.pdf>
- Corporación Autónoma Regional Corpoboyaca. (2018). Resolución No.1237 de 2018: Por medio de la cual se establecen las condiciones de ejecución de las actividades de cocción de ladrillo, teja y similares en la jurisdicción del municipio de Sogamoso y se dictan otras determinaciones. (06 de abril de 2018). Recuperado de <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2018/04/boletin-oficial-edicion-180-extraordinario-23-abril-2018.pdf>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación 3943. (2018). Política para el mejoramiento de la calidad del aire. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/3943.pdf>
- Colombia. (2010). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- EELA. (2015). Manual de hornos eficientes en la industria ladrillera. Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras de América Latina para Mitigar el Cambio Climático. Recuperado de [http://www.redladrilleras.net/apps/manual\\_ccac/pdf/es/Manual-de-hornos-eficientes.pdf](http://www.redladrilleras.net/apps/manual_ccac/pdf/es/Manual-de-hornos-eficientes.pdf)
- Fajardo, H. (2017). La producción más limpia como estrategia ambiental en el marco del desarrollo sostenible. Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, 4(8), 47 – 59. Recuperado de <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/395>
- García, E. (2008). Ventajas de la implantación de un sistema de gestión ambiental. Revista Técnica Industrial. 273(1). 41-43. Recuperado de <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-354-ventajas-implantacion-sistema-gestion-ambiental.aspx>
- Gómez, S., Carreño, D., Rojas, A. (2015). Reconversión tecnológica en el sector productivo artesanal de hornos de ladrillo y cal para reducir la contaminación atmosférica en el valle de Sogamoso (Boyacá – Colombia). Revista Virtual Pro, 1(167). 1-17. Recuperado de <https://www.virtualpro.co/files-bv/20151201/20151201-027.pdf>
- González, P. (2010). La introducción de hornos ecológicos en una comunidad ladrillera: factores de adopción y resistencia al cambio tecnológico (Tesis de maestría). Recuperado de <file:///C:/Users/User/Downloads/TESIS%20-%20Gonz%C3%A1lez%20Hornos%20ecol%C3%B3gicos.pdf>

- Herrera P. (2011). Caracterización de las unidades productivas de la industria ladrillera. Programa eficiencia energética en ladrilleras artesanales. Bogotá – Colombia. Recuperado de <http://www.redladrilleras.net/assets/files/d96c9ae90088e513d3e9bc3af33b6e74.pdf>
- Hoof, B. y Herrera, C. (2007). La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. Revista Ingeniería Universidad de los Andes Colombia. 26(). 101-120. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a13.pdf>
- Jaya, J. L. y Gómez, J. L. (2012). Análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión en ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6359/1/UPS-CT002924.pdf>
- Lizcano, A. (2017). Diagnóstico sobre la incidencia de la actividad ladrillera en el territorio, a partir de sus impactos ambientales, en Sogamoso–Colombia. Programa de Ingeniería geográfica y Ambiental. Universidad de Ciencias Aplicadas, Bogotá D.C. Recuperado de <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/806/1/Trabajo%20de%20grado%20-%20Anderon%20Univio%20Lizcano.pdf>
- Maldonado, A. (2006). E valuación de la exposición a la contaminación en hornos de producción de ladrillo en Boyacá. Centro de investigaciones de Ingeniería Ambiental (CIIA). Coloquio ambiental. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes
- Maza, M. E. (2011). Producción más limpia para ladrilleras en la parroquia Sinincay. Universidad del Azuay. Ecuador. Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/167/1/08088.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008) Resolución No. 0909 de 2008: Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. (5 de junio de 2008). Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0-Resoluci%C3%B3n%20909%20de%202008%20-%20-%20Normas%20y%20estandares%20de%20emisi%C3%B3n%20Fuentes%20fijas.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT (2010). Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá D.C. (2011). Recuperado de <https://www.icesi.edu.co/blogs/pycs/files/2011/09/Pol%C3%ADtica-de-PyCS-FINAL.pdf>
- Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)
- Orozco W., Narváez G., García A., Quintero A. (2017). Gestión de mantenimiento y producción más limpia en tres instituciones de salud de Medellín, Colombia. Revista Ingeniería Biomédica, 11(21), 21-25. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v11n21/v11n21a03.pdf>

- Quijano B., L., Díez Silva, H., Montes Guerra, M., y Castro Silva, H. (2014). Implementación de procesos sostenibles vinculando industrias regionales: reciclaje de residuos siderúrgicos como proyecto de cambio de la manpostería en Boyacá-Colombia. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (77), 82-103. Recuperado de <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/817>
- Restrepo, M. (2006). Producción más Limpia en la Industria Alimentaria. *Revista producción más limpia*, 1(1), 87-101. Recuperado de [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/217/1/PL\\_V1\\_N1\\_87\\_PL\\_INDUSTRIA\\_ALIMENTARIA.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/217/1/PL_V1_N1_87_PL_INDUSTRIA_ALIMENTARIA.pdf)
- Rodríguez, E. (2015). Beneficios tributarios en Colombia, oportunidades de gestión e inversión ambiental en las empresas Cundiboyacenses. (Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental). Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3731/1/RodriguezCelyElviaPilar2016.pdf>
- Sánchez, E., Pérez, A., Vázquez, N., García, I., Fernández, A., Novoa, A., & Daban, F. (2018). La priorización comunitaria en el programa Barcelona Salut als Barris. *Gaceta Sanitaria*, 32 (2), 187-192. Recuperado de <https://www.gacetasanitaria.org/es-pdf-S0213911117301310>
- Sarmiento, L., (2006). Contaminación en hornos de producción de ladrillo en Boyacá. Bogotá, Colombia: Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA), Universidad de los Andes.
- Tamayo, J. y Bedoya, A. 2013. Producción limpia una nueva mirada para hacer negocios de las empresas en Colombia. (Trabajo de grado Negocios Internacionales). Universidad San Buenaventura. Colombia. Recuperado de <https://biblioteca.usbmed.edu.co/Portals/0/PDF/Boletin-de-Nuevas-Adquisiciones-8.pdf>
- Vargas, P., Trujillo, J., Torres, M. (2017). Análisis de la inclusión de aspectos ambientales en microempresas agroindustriales de la ciudad de Villavicencio, Colombia. *Revista Producción + Limpia*, 12(1), 115-123. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n1/1909-0455-pml-12-01-00115.pdf>
- Wilches. F y Suárez, C. (2016). Evaluación de la huella de carbono en la producción de bloque de arcilla en ladrillera "los cristales". (Especialización en Gerencia Ambiental), Universidad Libre de Colombia. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10399/Claculo%20HDC%20Los%20Cristales.pdf>
- Zambrano L y Vergel J. (2010). Diseño básico de un sistema de vigilancia en la calidad del aire puro para el municipio de Sogamoso. (Especialización en Química Ambiental), Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Recuperado de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/39165/1/134421.pdf>