REVISTA VIRTUAL PRO ISSN 1900-6241
VIRTUALPRO
WWW.REVISTAVIRTUALPRO.COM

Revista Virtual Pro
ISSN 1900-6241
Bogotá, Colombia
info@revistavirtualpro.com
www.revistavirtualpro.com

2015

Sandra Mimiya Gómez Ángel, Diego Andrés Carreño Dueñas y Mauricio Andrés Rojas Torres

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)

UPTC sede Duitama / Corpoboyacá
Duitama/Tunja, Boyacá, Colombia

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)

(Technological Retrofitting of Artisan Production of Brick and Lime Furnaces to Reduce Air Pollution in Sogamoso Valley (Boyacá, Colombia))

Sandra Mimiya Gómez Ángel [1], Diego Andrés Carreño Dueñas [2] y Mauricio Andrés Rojas Torres [3]

[1, 2] Escuela de Administración Industrial, Grupo de Investigación (GRINDEP)
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) sede Duitama
Duitama, Boyacá, Colombia
[3] Subdirección Administración de Recursos Naturales, Corpoboyacá
Tunja, Boyacá, Colombia
[1] Sandra.gomez02@uptc.edu.co; [2] diego.carreno@uptc.edu.co; [3] m.rojas@corpoboyaca.gov.co

Resumen

La industria alfarera ubicada en el valle de Sogamoso es el principal centro de producción artesanal de ladrillo y cal en el departamento de Boyacá (Colombia). Hasta 2013, la tecnología usada como medio de fabricación consistía en hornos que no contaban con sistemas de control de emisiones atmosféricas que afectan la calidad del aire. Corpoboyacá, la autoridad ambiental de la jurisdicción a la que pertenece el valle de Sogamoso, ha venido implementando una serie de medidas para contrarrestar esto, entre ellas la estrategia de reconversión tecnológica.

El objetivo de este documento es presentar los resultados que ha tenido la implementación de la resolución 618 de 2013 emitida por Corpoboyacá, por medio de la cual se adoptan medidas de control ambiental para el sector de producción de cal, ladrillo y teja en hornos artesanales. Se investigaron las actuaciones de la autoridad ambiental desde el año 1997, la respuesta de los artesanos involucrados y la incidencia en el medio ambiente hasta diciembre de 2015.

Como resultado, se encontró que antes de la aplicación de la resolución mencionada existían 403 hornos de producción de ladrillo y 178 hornos de producción de cal. Según datos de las estaciones de monitoreo de calidad del aire, el nivel de contaminación por partículas a diciembre de 2013 se ubicaba en 56 $\mu g/m^3$, incumpliendo los límites de emisión frente al mínimo permisible (50 $\mu g/m^3$). A partir de las directrices de la autoridad ambiental y de la implementación de medidas por parte de los artesanos a diciembre de 2015, tuvo lugar la reconversión tecnológica de 280 hornos de ladrillo y 120 hornos de producción de cal. Las estaciones de calidad del aire del valle de Sogamoso reportaron un nivel de contaminación por partículas de 38,3 $\mu g/m^3$; por primera vez se logró estar por debajo de los límites permisibles. Se concluye que las directrices claras emitidas por la autoridad ambiental y el

trabajo en conjunto con los productores permite implementar estrategias que tienden a mejorar los sistemas productivos, el cumplimiento de la normatividad y la preservación del medio ambiente.

Palabras clave: ciencias ambientales, gestión ambiental, medio ambiente, legislación ambiental, emisiones, contaminación del aire, calidad del aire, producción de ladrillo, producción de cal, hornos, Sogamoso, Boyacá, Colombia

Abstract

The Sogamoso Valley pottery industry is the main center of brick and lime handicraft production of Boyacá (Colombia). Up to 2013, the most commonly used technology were rudimentary furnaces which did not have atmospheric emission control systems. Corpoboyacá, the environmental authority of Sogamoso Valley jurisdiction, has been implemented measures to counteract this trend, including technological reconversion.

The aim of this paper is to present results from implementation of Corpoboyacá Resolution 618 (2013), whereby environmental control measures must be adopted to produce lime, bricks and tiles in handicraft furnaces. Environmental authority actions from 1997, response from producers involved, and environmental impact up to 2015 were investigated.

As a result, it was found that, before the implementation of the aforementioned resolution, there were 403 brick manufacturing furnaces and 178 of lime production. According to data from air quality monitoring stations, particulate pollution up to December 2013 reached 56 $\mu g/m^3$, failing to comply emission limits (max. 50 $\mu g/m^3$). Following the Corpoboyacá recommendations and the implementation of measures by producers, until December 2015 a technological reconversion took place for 280 brick manufacturing furnaces and 120 of lime production. Air quality monitoring stations in Sogamoso Valley reported 38,3 $\mu g/m^3$, thus achieving values below emission limits for the first time. It concludes that clear guidelines from environmental authority combined with joint work involving producers enable to implement strategies aimed at enhancing manufacturing systems, regulations compliance, and environmental preservation.

Keywords: environmental sciences, environmental management, environment, environmental law, emissions, air pollution, air quality, brick production, lime production, Sogamoso, Boyacá, Colombia

Introducción

El valle de Sogamoso (Boyacá, Colombia) ha sufrido de contaminación atmosférica por décadas. Se calcula que 56% de esta ha sido generada por la producción artesanal de ladrillo y cal en hornos de tecnología tradicional, sin control de emisiones y que superan los límites permisibles de material particulado establecido en la norma nacional de calidad del aire contemplada en la resolución 610 de 2010.

Desde 1998, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) ha adoptado diferentes alternativas tendientes a la optimización de estos procesos productivos con el propósito de ubicarlos en áreas compatibles con los usos de suelo previstos en los planes y esquemas de ordenamiento territorial, así como implementar sistemas de producción más limpia. Para ello, ha emitido diferentes actos administrativos en ejercicio de las funciones de control y vigilancia, entre ellos los siguientes:

- El cierre inmediato y definitivo de los chircales ubicados en la zona urbana y a menos de 100 m de distancia de áreas habitacionales rurales.
- Ordenar a los propietarios de los hornos de cocción de caliza utilizar como combustible una combinación consistente en 90 kg de carbón mineral (3%) y 2860 kg de coque (97%) por cada hornada de 22 ton de piedra caliza.
- Es prohibido iniciar los hornos de fuego dormido para la cocción de caliza con la quema de llantas, plásticos o leña proveniente de árboles nativos. Las quemas de ladrillo se deben efectuar con combustibles limpios o, en su defecto, se deben instalar filtros para gases que aseguren emisiones atmosféricas que cumplan las normas respectivas establecidas.
- Es ilegal el uso de carbón térmico para actividades de cocción de ladrillo hasta tanto no se cuente con un sistema físico (filtros) de control de emisiones, dado que el este combustible no cumple con la norma establecida en el decreto 02 de 1982.

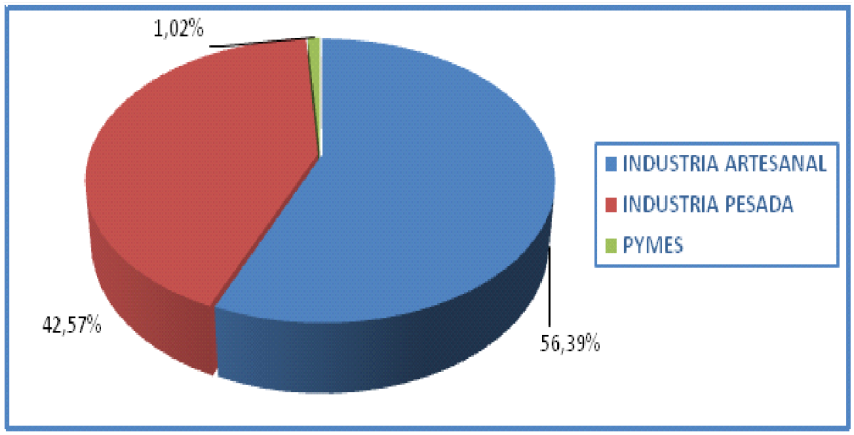
La adopción de las medidas anteriormente enunciadas permitió la erradicación de gran parte de hornos artesanales de las zonas urbanas y algunos sectores de producción optaron por la construcción de infraestructuras con filtros de control de emisiones. No obstante, persistió la costumbre de utilizar las estructuras antiguas. En otros casos no se utilizó el coque como combustible alternativo; esto

sucedió con los productores de cal durante los años 2004 a 2007, quienes argumentaron los altos costos del coque debido al incremento de la demanda internacional de la época, razón por la cual su aplicabilidad no se había materializado de manera contundente.

En el marco de la gestión de la calidad del aire, Corpoboyacá ha adelantado importantes investigaciones a través de convenios de cooperación internacional —como el suscrito con el gobierno de Suiza, que permitió el soporte financiero y científico del ICSC-World Laboratory—, con la industria local, las entidades gubernamentales, la autoridad ambiental y las instituciones académicas de la región para el mejoramiento y rediseño de la red de calidad del aire del valle de Sogamoso. Esto ha llevado a que actualmente sean la principal herramienta en la toma de decisiones en materia de control y vigilancia, aportando valiosa información.

Entre estos proyectos se encuentra la medición de metales pesados y carbonilos en la zona de estudio, la dinámica del comportamiento meteorológico y modelos de dispersión de material particulado menor a 10 µm. En 2010, Corpoboyacá y la Universidad de La Salle realizaron un diagnóstico y actualización de las emisiones generadas por las distintas fuentes de contaminación en el valle de Sogamoso, el cual fue validado y actualizado en el año 2013. Esto permitió determinar que las emisiones generadas por el sector artesanal (chircales y caleras) aportan el 56,39% de la polución aérea en esta región (fig. 1).

Fig. 1. Diagnóstico de emisiones en el valle de Sogamoso



Fuente: Universidad de la Salle, Corpoboyacá (2013)

A continuación se contextualiza la problemática ambiental generada por emisiones atmosféricas provenientes de hornos de fabricación de ladrillo y cal. Luego se exalta la importancia de la reconversión tecnológica y se analizan los avances y resultados que ha tenido la implementación de estrategias a partir del año 2013 por parte de Corpoboyacá y los productores para la reducción de emisiones atmosféricas en el valle de Sogamoso.

El análisis de datos que dan origen a este documento se desarrolló mediante la consulta de los actos administrativos emitidos por Corpoboyacá respecto a las medidas de control y los proyectos encaminados a la reducción de la contaminación atmosférica en el valle de Sogamoso, su respectiva implementación y sus resultados.

Contextualización

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. La ciudad de Sogamoso es el principal centro de producción artesanal de ladrillo en Boyacá, dada la abundancia de arcilla y cal que posee su suelo. Por otra parte, en sus cercanías se encuentran minas de carbón que, junto con la madera, son utilizados como combustibles en los hornos de cocción (Buitrago y Salazar, 2013).

Estas condiciones han propiciado que muchas personas de escasos recursos y oriundas de la región vieran en la instalación de hornos artesanales para fabricar ladrillos y tejas una oportunidad para garantizar su subsistencia; esto ha sido tanto así que para 2013 dependían de esta actividad 273 familias, participando en las labores del proceso productivo 370 niños con edades entre cinco y siete años (Sarmiento, 2006).

El censo de actividades económicas realizado por la alcaldía de Sogamoso ha establecido que en los municipios de Nobsa, Firavitoba y Tibasosa se localizan 403 hornos de producción de ladrillo activos y 47 inactivos, al igual que 178 hornos de cal. Esto ha ubicado al valle de Sogamoso como el cuarto corredor industrial con mayor generación de emisiones atmosféricas de material particulado (PM-10) del país, después de ciudades como Bogotá, Medellín y la ciudadela industrial de Norte de Santander.

Actualmente, el proceso de fabricación del ladrillo (industria de mampostería) en el departamento de Boyacá se realiza siguiendo un método de trabajo que consta de los siguientes pasos: explotación de la arcilla, preparación del fango, moldeado y secado de los adobes (ladrillos sin cocción), y cocción de los ladrillos. Estas actividades se han venido desarrollando por parte de unidades familiares que han transferido el conocimiento del proceso de generación en generación, utilizando instalaciones artesanales denominados *chircales* que utilizan leña y carbón como combustible (Quijano B., Diez-Silva, Montes-Guerra y Castro Silva, 2014).

Estos chircales han provocado diversos impactos ambientales importantes. Por una parte, las malas técnicas de explotación de la arcilla y la tala de bosques para procurarse de leña han sido responsables de la degradación y la erosión de los suelos circundantes. Por otra, se ha generado una intensa contaminación atmosférica como consecuencia de la producción de gases (dióxido de carbono, monóxido de carbono, compuestos de azufre y óxidos nitrosos) y material particulado por encima de los límites permitidos[1] generados por la cocción ineficiente de los ladrillos, así como por la falta de sistemas de control de emisiones a estas instalaciones (Maldonado, 2006; Uribe y Suárez, 2009). Asimismo, el informe de la Secretaría de Salud de Sogamoso del año 2012 advierte sobre las condiciones de riesgo de derrumbes en áreas urbanas de esta ciudad ocasionadas por la actividad de chircales; esto también ha sido causa de enfermedades e infecciones de carácter respiratorio en la población que vive a los alrededores.

Dentro de las instalaciones artesanales de cocción se encuentran los denominados hornos de fuego dormido (fig. 1), los cuales son los más utilizados y tradicionales de la zona. Es una estructura construida en forma circular en la que se forma una especie de bóveda abierta. Su producción es baja y la contaminación que causan es elevada debido a una quema no homogénea y una combustión incompleta. Asimismo, el material producido es de baja calidad, pues algunos ladrillos resultan requemados mientras otros quedan crudos (Corporación Ambiental Empresarial, 2011).

[1] Ver decreto del 3 de abril de 2006.

Fig. 1. Horno de fuego dormido

Fuente: Corpoboyacá (2013)

Otros hornos son los de tipo colmena o redondos de llama invertida (fig. 2). Son cerrados y los gases de combustión suben por un espacio entre las paredes del horno y del hogar hasta llegar a la bóveda o parte superior; luego, se fuerza su flujo por la parte inferior del horno, atravesando así la carga de arriba hacia abajo. Estos gases salen finalmente por un conducto de abducción que se encuentra en el centro del suelo del horno y los dirige hacia la chimenea (Corporación Ambiental Empresarial, 2011).

Fig. 2. Horno tipo colmena o de llama invertida

Fuente: Corpoboyacá (2013)

Por su parte, el proceso de fabricación de cal (CaO) está fundamentado en la calcinación de la piedra caliza. Su producción ocurre en hornos que utilizan carbón como combustible donde se alcanzan temperaturas de hasta 900 °C, separando el dióxido de carbono (CO_2) de la cal producida.

Fig. 3. Horno de fuego dormido para la producción de cal

Fuente: Corpoboyacá (2013)

Reconversión tecnológica

La tradición artesanal de este negocio lleva consigo diversos problemas. Como ya se ha mencionado, emplea sistemas productivos ineficientes que, por un lado, necesitan de una cantidad desmedida de distintos combustibles —leña, carbón, incluso basura, entre otros— y que generan gases en cantidades superiores a las permisibles. Por otro, estas tecnologías limitan la competitividad por aspectos de calidad y variedad de productos.

El planteamiento de soluciones hacen necesario que se revisen de manera previa ciertos conceptos fundamentales que las orientan. El primero de ellos es *tecnología*, la cual se refiere a "un conjunto de conocimientos aplicados y de reglas prácticas que tiene como misión crear, modificar y valorar el entorno del hombre para satisfacer sus necesidades tal como lo concibe el medio donde se desarrolle" (Ruiz González y Mandado Pérez, 1989, p. 14); esta tiene identidad propia y plantea una problemática desde la cual especifica la finalidad de su existencia.

Por su parte, la *gestión tecnológica* se puede definir como la integración de los diferentes procesos en el manejo de la tecnología dentro de un marco administrativo eficaz. Se lleva a cabo para originar procesos eficientes que aumenten la competitividad de las empresas y que involucren creatividad, liderazgo, riesgo y preocupación por el desempeño futuro. Por lo tanto, se ocupa de la estrategia tecnológica de la compañía, sus procesos de investigación y desarrollo, innovación y transferencia de tecnología, los cambios técnicos menores y la normalización de la calidad.

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos relacionados con las estrategias competitivas, se deben alinear la tecnología y los procesos es una misma dirección. De acuerdo con este diagnóstico, es deseable mejorar los procesos que estén sujetos a cambios y sean objeto de transformaciones mediante componentes tecnológicos. 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.

Asimismo, en la identificación de recursos sujetos a reconversión tecnológica o mental es necesario diferenciar entre tecnología blanda y dura. La *tecnología blanda* se refiere a prácticas y técnicas administrativas a la organización del trabajo. La *tecnología dura* se entiende como el conjunto de procedimientos o principios que se aplican en la elaboración de bienes o servicios; generalmente se encuentra incorporada en equipos o maquinaria que realizan la labor productiva (Sena y Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1996).

En las propuestas encaminadas al mejoramiento de los procesos mediante la utilización de la reconversión tecnológica es indispensable tener en cuenta la implementación del control de calidad, la seguridad industrial y ergonómica del personal de la planta, así como la preservación y cuidado del medio ambiente.

Es menester que el Gobierno establezca medidas institucionales que estén orientadas a influir sobre el desempeño productivo, en las cuales se prescriban objetivos, normas y tecnologías a cumplir, comportamientos a restringir, e induzcan la protección del medio ambiente y los recursos naturales con el menor costo económico posible (Rodríguez Becerra y Espinosa, 2002). Esto se ha venido formalizando por parte de diversas autoridades ambientales en materia de regulación de contaminación atmosférica, bien sea entes a nivel nacional como el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo

Sostenible u organizaciones regionales como Corpoboyacá, bajo cuya competencia se encuentra el valle de Sogamoso.

Así, ante la necesidad de implementar una estrategia integral de solución a las emisiones contaminantes que a la vez permitiera mejorar la capacidad tecnológica y productiva y las condiciones sociales de la población involucrada, Corpoboyacá expidió la resolución 618 del 30 de abril de 2013. En esta se adoptan medidas de control ambiental para el sector artesanal de producción de cal, ladrillo y teja con una estrategia de reconversión tecnológica; asimismo, brinda un tiempo perentorio para que los hornos artesanales que se encuentran en la jurisdicción se acojan a las siguientes tres variables:

- ➔ Solo podrán continuar hornos dentro de zonas admitidas por el Plan de Ordenamiento Territorial.
- ➔ Solo podrán continuar los hornos que cambien de combustible de carbón a coque.
- ➔ Solo podrán continuar los hornos que construyan los sistemas de ductos y chimeneas que permitan la dispersión de gases de manera adecuada y garanticen el cumplimiento de la norma de emisión.

Con la promulgación de esta resolución se llevaron a cabo talleres de socialización y reuniones de orientación a los artesanos para que se convirtieran en empresarios mediante asociaciones. De esta manera se dio inicio a la reconversión tecnológica, sustituyendo y optimizando 280 hornos de producción de ladrillo y 120 de fabricación de cal con el fin de disminuir el impacto ambiental y mejorar las condiciones de salud y calidad del aire de los habitantes del valle de Sogamoso.

Los procesos asociativos realizados entre alfareros y caleros permitieron la implementación de hornos tipo Hoffman (figs. 4 y 5), los cuales cumplen la norma de emisiones y brindan mejoras en las condiciones económicas. Estos se ubicaron en zonas permitidas según los planes de ordenamiento territorial; aquellos que continuaron de forma individual con su negocio construyeron chimeneas más altas según especificaciones de la autoridad ambiental, utilizando coque como combustible. Rodríguez (2015, 6 de agosto) reportó el caso de la empresa Inalversog, la cual se conformó con la unión de 13 alfareros dueños de 16 hornos tradicionales; estos construyeron un horno tipo Hoffman que se mantiene en operación continua con emisiones mínimas.

Figs. 4 y 5. Ductos y chimeneas tipo Hoffman

Fuente: Corpoboyacá (2015)

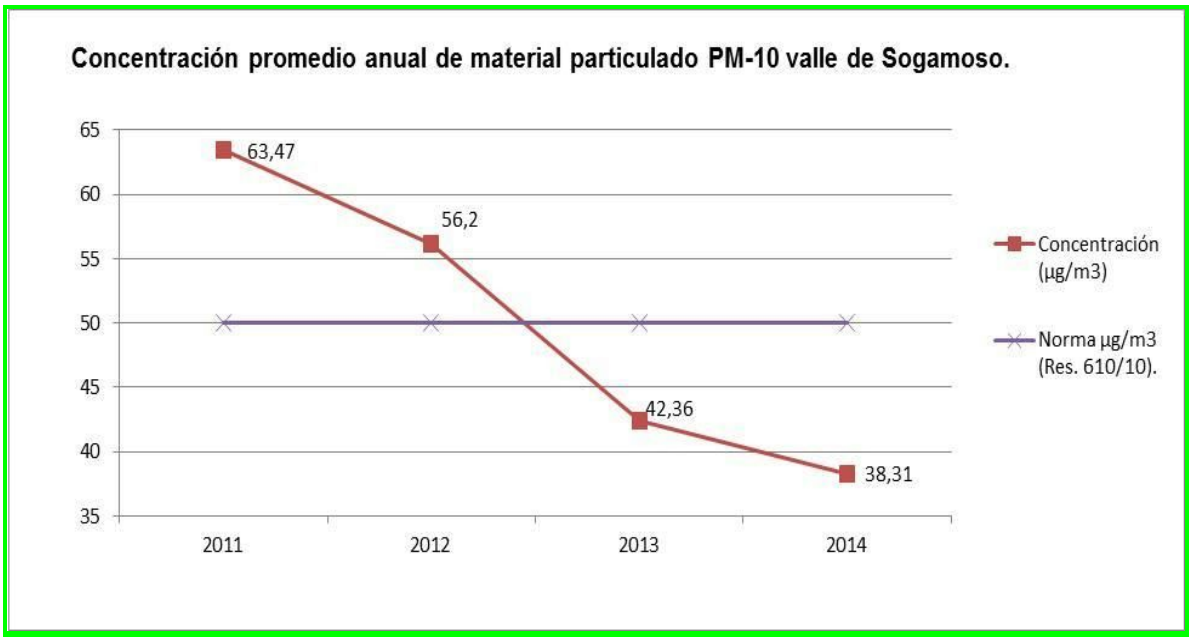
El horno Hoffman es una estructura de tipo continuo y alta producción que no permite la elaboración de materiales vitrificados. Está conformado por dos galería paralelas compuestas de compartimientos contiguos —cada uno de ellos con su respectiva puerta para carga y descarga— cuyos extremos se encuentran unidos por un pasafuegos. El flujo del fuego en dirección contraria a las manecillas del reloj proporciona una elevada eficiencia térmica y de producción, ya que el calor obtenido en la cámara de combustión se utiliza en el precalentamiento de las cámaras precedentes. El ciclo completo de quema toma aproximadamente una semana, retornando el fuego al punto de donde partió (Corporación Ambiental Empresarial, 2011).

Resultados

La aplicación de la normatividad emitida por Corpoboyacá tendiente a regular la actividad artesanal de la producción de ladrillo y cal del valle de Sogamoso ocasionó la reconversión tecnológica con estructuras tipo Hoffman de 280 hornos de ladrillo (de un total de 403) y 120 de cal (de un total de 178). Esto tuvo lugar desde el momento de expedición de la resolución 618 (30 de abril de 2013) hasta diciembre de 2015.

El impacto de entrada en operación de estos nuevos hornos se midió según la información de la red de monitoreo y calidad del aire del valle de Sogamoso. Se compararon los datos registrados de material particulado menor a 10 μm monitoreados en periodos anuales en los últimos cuatro años (2010-2014). Se observó que las concentraciones promedio anuales en los años 2011 y 2012 superaron las estipuladas por la Norma de calidad del aire (mayores a 50 $\mu g/m^3$), mientras que en el periodo restante los niveles descendieron a 38,31 $\mu g/m^3$, cumpliendo por primera vez con los límites permisibles de emisión (figs. 6 y 7).

Fig. 6. Concentraciones promedio anuales de material particulado en el valle de Sogamoso (2010-2014)



Fuente: Corpoboyacá (2014)

Fig. 7. Muestra del antes y el después de la implementación de la resolución 618 de 2013

Fuente: Corpoboyacá (2014)

Dado que algunos artesanos no se acogieron a la reconversión tecnológica, existe la alternativa de comprarles sus emisiones contaminantes mediante el proyecto llamado *Erradicación de las fuentes*

de emisiones contaminantes para los sectores artesanales de producción de ladrillo y cal en el valle de Sugamuxi del departamento de Boyacá, que incluye actividades llevadas a cabo por una iniciativa de cooperación entre la Gobernación de Boyacá y Corpoboyacá. Su objetivo es reducir las emisiones de los contaminantes precursores de gases de efecto invernadero mediante la demolición de hornos artesanales de ladrillo y cal. Con su implementación se pretende ofrecer un cambio de actividad a sus propietarios para que dejen de generar polución.

Conclusiones

En este documento se puede advertir que una estrategia de reconversión tecnológica amparada en una normatividad clara y definida por parte de los entes de control (en este caso Corpoboyacá) redundó en el trabajo y el compromiso de una parte considerable de los productores de ladrillo y cal en el valle de Sogamoso, quienes tuvieron la oportunidad de mejorar sus sistemas productivos. A partir de 2013 disminuyó de manera sustancial la concentración de material particulado, pasando de 56,2 $\mu g/m^3$ a 38,31 $\mu g/m^3$, valor ubicado por debajo de los límites permitidos. De esta manera, el cumplimiento de la normatividad ayudó al cuidado y la preservación del medio ambiente.

Es de anotar que los artesanos que se acogieron a la reconversión tecnológica se volvieron empresarios. Ellos mismos reconocen que, de no haber sido por la aplicación de la resolución 618 de 2013, la situación de la contaminación no hubiese cambiado y seguirían siendo sus mayores aportantes.

Referencias

Buitrago, J.E. y Salazar, M. (2013). *Estudio de las unidades productoras de materiales cerámicos para la construcción en la Asociación Industrial y Tecnológica de Arcillas Sugamuxi ONG*. Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Corporación Ambiental Empresarial (2011). *Estudio tecnológico para definir el tipo de tecnología de horno apropiada para la reconversión de las ladrilleras artesanales, ingeniería básica y supervisión del montaje*. Bogotá, Colombia: autor.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá y Universidad de La Salle (2013). *Diagnóstico y actualización de las emisiones generadas por las distintas fuentes de contaminación del aire del valle de Sugamuxi*. Tunja, Colombia: autores.

Maldonado, A. (2006). *Evaluación de la exposición a la contaminación en hornos de producción de ladrillo en Boyacá*. Bogotá, Colombia: Centro de investigaciones de Ingeniería Ambiental (CIIA).

Quijano B., L., Díez-Silva, H.M., Montes-Guerra, M.I. y Castro Silva, H.F. (2014). Implementación de procesos sostenibles vinculando industrias regionales: Reciclaje de residuos siderúrgicos como proyecto de cambio de la mampostería en Boyacá-Colombia. *Revista EAN*, (77), 82-103. Consultado el 25 de agosto de 2015 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602014000200004&lng=en&tlng=es

Resolución 618 de 2013 [Corporación Autónoma Regional de Boyacá]. Por medio del cual se adoptan medidas de control ambiental para el sector de producción de cal, ladrillo y teja en hornos artesanales en la jurisdicción de Corpoboyacá. 30 de abril de 2013.

Rodríguez, H. (2015, 6 de agosto). Hoy certifican descontaminación. *Boyacá Siete Días*, p. 3.

Rodríguez Becerra, M. y Espinoza, G. (2002). *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

Ruiz González, M. y Mandado Pérez, E. (1989). *La innovación tecnológica y su gestión*. Barcelona, España: Marcombo.

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.

Sena y Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (1996). *Glosario de términos sobre productividad*. Bogotá. Colombia: autores.

Secretaría de Salud de Sogamoso (2012). *Plan territorial de salud 2012-2015*. Sogamoso, Colombia: autor.

Uribe, L.J. y Suárez, N. (2009). *Evaluación de la calidad del aire del Valle de Sogamoso, respecto a material particulado menor a 10 micras (MP10) aplicando el modelo de dispersión Aermod como herramienta de planificación* (tesis de pregrado). Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.