Producción Más Limpia: una revisión de aspectos generales

Cleaner Production: A review of general

ANDREA ANGÉLICA BERNAL FIGUEROA

Bióloga
Magíster en Ingeniería Ambiental
Grupo de Investigación Gestión Ambiental
Universidad de Boyacá, Colombia
Correo electrónico: aabernal@uniboyaca.edu.co

CLAUDIA JOHANA BELTRÁN PARADA

Ingeniera Ambiental
Universidad de Boyacá, Colombia
Correo electrónico: clabeltran@uniboyaca.edu.co

ANDRÉS FELIPE MÁRQUEZ MÁRQUEZ

Ingeniero Ambiental
Universidad de Boyacá, Colombia
Correo electrónico: afmarquez@uniboyaca.edu.co

Recibido: 02/12/2015 Aceptado: 19/01/2016

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión de aspectos básicos de la Producción Más Limpia (PML) como estrategia ambiental preventiva, la cual se integra a los procesos productivos con el fin de hacerlos más eficientes ambientalmente en cuanto a la utilización de recursos y materias primas, entre otros. Se mencionan aspectos generales en cuanto al impacto ambiental en Colombia enfocado en los sistemas productivos, origen y evolución general del concepto, así como definición, aspectos generales, beneficios y dificultades para su implementación. De manera general, se concluye que la PML es una estrategia que puede contribuir en la disminución del impacto ambiental generado por los diferentes sistemas productivos; sin embargo, es necesario realizar actividades que permitan impulsar su difusión y conocimiento por parte de los diferentes actores involucrados, así como resaltar los beneficios sociales, ambientales y económicos que su aplicación podría generar.

Palabras clave: impacto ambiental, producción más limpia, sistemas productivos, sistemas de gestión ambiental.

ABSTRACT

This article presents a review of the basic aspects of a cleaner production (CP) as a preventive environmental strategy, which it is integrated with the production processes in order to make them more environmentally efficient in terms of the use of resources and raw materials, among others. General aspects are mentioned regarding the negative environmental impact in Colombia with a focusing on production systems, its origin, and the general evolution of the concept, as well as its definition, general aspects, benefits, and difficulties of its implementation. In general, it is concluded that the CP is a strategy that can contribute to the reduction of the environmental impact generated by different productive systems. However, it is necessary to carry out activities that promote their diffusion and awareness to the different participants involved, as well as promoting the social, environmental, and economic benefits that a cleaner production could generate.

Key words: environmental impact, cleaner production, production systems, environmental management systems.

Citar este artículo así: Bernal A., Beltrán C. & Márquez A. (2016). Producción Más Limpia: Una revisión de aspectos generales. Revista I3+, 3(2), 66 - 84 p.

INTRODUCCIÓN

La fabricación de un producto implica que la materia prima esté sujeta a una transformación continua, lo cual genera residuos y emisiones a lo largo del proceso productivo; esto se traduce en un inadecuado aprovechamiento de los insumos empleados y en una ineficiencia del proceso, por tanto, los costos de producción son más elevados. Por otra parte, la generación de residuos trae consigo impactos socioeconómicos asociados a los altos costos de tratamiento y disposición final que requieran, además de los impactos ambientales generados que deterioran la calidad de vida y el entorno de las diferentes comunidades que habitan sobre la tierra (Sandoval, 2006).

Tradicionalmente, el control de la contaminación se efectúa una vez se han generado los contaminantes en los diferentes procesos productivos por medio de tecnologías conocidas como "*end of pipe*" o final del tubo, que generalmente requieren de una inversión considerable y en muchos casos no recuperable (Tamayo y Vicente, 2007). Actualmente, para el manejo de la contaminación industrial se dispone de varias alternativas de tratamiento denominadas estrategias de "Producción Más Limpia (PML)", las cuales tienen un enfoque integral preventivo que busca conservar los recursos naturales, e incrementar la productividad y la competitividad empresarial. Cabe mencionar que la aplicación de dichas estrategias tiene como principal objetivo optimizar los procesos productivos, haciendo énfasis en una mayor eficiencia de utilización de materias primas y recursos energéticos (Monroy, et al., 2004; Van Hoof, et al., 2008).

La PML es una estrategia de gestión ambiental aplicada a los procesos, productos y servicios que implica la optimización, modificación o cambio de los mismos; sin embargo, su implementación no debe ser vista como un gasto, sino por el contrario, como una actividad que genera eficiencia, productividad y ahorros económicos. Si el proceso es formulado de manera adecuada, la implementación de la PML viene de la mano de la optimización de procesos y ahorro de costos, mejoramiento de la eficiencia operativa, mejor calidad y consistencia de los productos, reducción de residuos y, por ende, reducción de costos asociados a su correcta disposición, y/o el mejoramiento de la imagen de la empresa ante clientes, proveedores, socios, comunidad, entidades financieras, entre otras (Tamayo y Vicente, 2007; Flórez, 2002).

Aspectos Generales Sobre El Impacto Ambiental Negativo En Colombia

De acuerdo con Andrade (2011), Colombia está dentro de los países con mayor índice de biodiversidad en la tierra compartiendo esta categoría con Argentina, Bolivia, Brasil, China y Costa Rica, entre

otros países, la cual se está viendo afectada por varias causas que en algunos casos hacen que la pérdida de biodiversidad sea irreversible. Este deterioro del medio ambiente y la explotación irracional de los recursos naturales son grandes problemas que afectan al mundo actual, así como los modelos inadecuados de desarrollo que repercuten en la calidad de vida de las generaciones actuales, y amenazan la de las futuras (Álvarez y Arias, 2009). En ese sentido, Sánchez (2002) menciona que, aunque Colombia posee un patrimonio natural envidiable, su aprovechamiento no ha sido el más adecuado y nos encontramos cerca de generar una crisis en la disponibilidad de recursos naturales.

Según el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA (2004), en los inicios del proceso de industrialización de nuestro país la contaminación generada por la industria y la actividad humana no se consideraba un problema serio; se pensaba que los niveles de contaminación producidos eran bajos, y no existía ni la experiencia, ni las herramientas para determinar su repercusión sobre la salud y la calidad de vida de los ciudadanos. Con la generación y transferencia al país de nuevas tecnologías industriales y con la importación de nuevos bienes de capital se dio un importante crecimiento industrial que generó impacto sobre la vida económica y social, así como su efecto sobre la calidad del medio ambiente urbano, el cual comenzó a hacerse cada vez más evidente (DAMA, 2004; Monroy, *et al*., 2004).

Existe en Colombia un número grande de industrias contaminantes, particularmente las dedicadas a producir para el consumo nacional, que utilizan aún tecnologías obsoletas desde el punto de vista energético, reutilización de subproductos, manejo eficiente de materias primas, tratamiento de efluentes y minimización de emisiones y residuos sólidos (DAMA, 2004; Monroy, *et al*., 2004; Van Hoof, *et al*., 2008). Estas actividades industriales representan en Colombia el principal aporte en el desarrollo y crecimiento económico y, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, los productos alimenticios aportan alrededor del 27 % del valor agregado industrial, ocupando el primer lugar de importancia en los principales indicadores económicos (DAMA, 2004).

Las tendencias en el desarrollo del sector productivo del país difieren en intensidad de crecimiento, avance tecnológico, uso de recursos naturales y afectación al medio ambiente por parte de las empresas que componen el sector; como algunos de importancia relativa se destacan el de construcción, e industria y comercio. Adicionalmente, un indicador del dinamismo empresarial es su potencial de exportación, el cual contribuye a identificar los sectores productivos focales (Colombia. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible - PyCS, 2010).

De acuerdo con la Subgerencia Cultural del Banco de la República (2015), cuando se habla de los productos más representativos para la economía colombiana es importante considerar si se está hablando desde el punto de vista histórico, donde el café y los productos agrícolas han ocupado un lugar muy importante no sólo por haber desarrollado una producción reconocida a nivel mundial, sino por haber sido claves en la formación de la estructura social del mismo; sin embargo, en la actualidad se

debe considerar el producto interno bruto como base para identificar cuáles productos aportan más al desarrollo productivo del país.

Entre los sectores productivos se destacan el *sector agropecuario*, el cual, a pesar de la disminución registrada en los últimos años, sigue teniendo una alta participación con productos como algodón, café, caña de azúcar, maíz, arroz, cacao, banano, papa, oleaginosas y flores, entre otros; la *industria manufacturera*, en el cual hacen fuerte presencia las bebidas, alimentos, textiles y productos químicos; y en el *sector del comercio*, los restaurantes y hoteles (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015). Estos sectores pueden ser considerados como algunos de los más representativos de la economía nacional actual, ya que son responsables de aportar cerca del 60 % del PIB, mientras que el porcentaje restante proviene de otros sectores como la explotación de minas y canteras; electricidad, gas y agua; construcción; sector de transporte y almacenamiento; servicios personales y servicios del Gobierno, etc. (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

Impacto ambiental generado por los sistemas productivos

Este progresivo crecimiento industrial en Colombia ha generado la alteración de los recursos naturales (Gil, 2012; Sánchez, 2002). Sánchez (2002) menciona que ciudades como Barranquilla, Bogotá, Cali, Medellín y Sogamoso, presentan los más altos índices de contaminación atmosférica por las emisiones de material particulado, óxidos de azufre y nitrógeno (generados por la industria manufacturera), quemas a cielo abierto, explotaciones extractivas y de combustión incompleta de combustibles fósiles en los procesos de generación de energía, así como las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos producidos por el parque automotor, entre otros. Asimismo, menciona que dentro de las principales fuentes de contaminación de los recursos hídricos se encuentran los residuos domésticos, industriales, de actividades agropecuarias, de explotaciones mineras y lixiviados, los cuales, unidos al desarrollo urbano y a la falta de programas eficientes de control y prevención de la contaminación, han llevado a que se presente déficit de agua en el territorio nacional.

Sánchez (2002) menciona que en el país se descargan al entorno natural cerca de 4.5 millones de m^3 de aguas contaminadas diariamente, ya que menos del 5 % de los municipios del país tratan sus vertimientos, y la carga de residuos líquidos peligrosos proviene básicamente de la inadecuada disposición de los mismos en centros de salud, escorrentía de contaminantes atmosféricos depositados por la precipitación, y residuos de la industria manufacturera (procesamiento de petróleo, química de curtiembres). A lo anterior, se puede sumar el crecimiento de la contaminación visual y auditiva, principalmente en las grandes ciudades por el incremento en las cantidades de vehículos de transporte, comercio, construcción o industria manufacturera, los cuales en muchos casos sobrepasan los límites permitidos para zonas industriales, así como el inicio de una cadena contaminante generada por agroquímicos que se propagan no solo en la extensión de tierra donde se incorporan sino al producto resultante de las plantaciones, además de factores de excesivo consumo, por mencionar algunos (Sánchez, 2002; Gil, 2012).

Por su parte, Rodríguez *et al*. (2001) mencionan que el impacto ambiental generado por los procesos productivos está relacionado con el grado de ineficiencia de las tecnologías que se utilizan en cada caso. Indica que los recursos ambientales se ven afectados por agotamiento de recurso hídrico, reflejado en la disminución de caudales en los cuerpos de agua superficiales y en el almacenamiento de las aguas subterráneas; por cambios en el uso del suelo, pérdida de humedales y ecosistemas debido al uso en actividades productivas; por el agotamiento de recursos naturales no renovables, causado por el uso excesivo de combustibles fósiles para la generación de energía y la extracción de minerales; por cambios en la cobertura vegetal y animal de suelo generados por la extracción de un recurso natural virgen o en estado natural, o bien, por el uso de terrenos naturales alterados por el hombre para actividades agrícolas y pecuarias.

En este sentido, Arroyave y Garcés (2006) mencionan que la generación de residuos y emisiones durante el proceso productivo puede ser considerada como una pérdida en el proceso y un inadecuado aprovechamiento de la materia prima empleada. Por lo tanto, esto representa un costo adicional durante el proceso productivo, lo cual viene ligado a la generación de residuos, origina impactos económicos importantes asociados a los costos de tratamiento y disposición final, además de los impactos sociales y ambientales relacionados con el deterioro de la calidad de vida.

Al respecto, Andrade (2011) manifiesta que en Colombia hay un deterioro ambiental sin precedentes que está generando cambios globales, destrucción de ecosistemas, extinción de especies, agotamiento de los recursos naturales, contaminación de agua, suelo, aire y enfermedades emergentes que afectan todas las formas de vida, por lo cual es necesario fomentar el ahorro de energía, favorecer la producción y uso de energías renovables, alternativas y amigables con el ambiente, así como la implementación de buenas prácticas para reducir el consumo de materias primas, reducir la generación de residuos, entre otras, a fin de contribuir en la preservación y el uso sostenible de los recursos del territorio nacional.

Origen del Concepto "Producción Más Limpia"

Contexto internacional

A principios de los noventa, las agencias ambientales en los Estados Unidos y Europa reconocieron que existía un problema de contaminación asociado al manejo y control de los residuos industriales, y que este podría ser abordado a través de la aplicación de políticas preventivas. Estudios demostraron que era posible ayudar a casi cualquier compañía a reducir los costos productivos con un análisis sistemático de las fuentes; en este punto surge una tecnología de tratamiento conocida como "encima del tubo" (*Over of pipe*), que se opone a las tecnologías aplicadas al "final del tubo" (*End of pipe*) (Varela, 2003a), es decir, los tratamientos *Over of pipe* se aplicarían antes de que se produzca la descarga de

un contaminante al ambiente (Scafati, 2009). No obstante, Frondel *et al.* (2006) manifiestan que existe una creencia generalizada en que las tecnologías de final del tubo todavía dominan las decisiones de inversión de las empresas, debido a que se presenta escasez de datos disponibles en cuanto a los procesos preventivos.

En Estados Unidos estas nuevas ideas y métodos fueron formalizados a través de la incorporación de un programa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) llamado "Prevención de la polución" (*Pollution Prevention*) o P2, el cual fue aprobado por el Senado mediante un acta en el año de 1990. Esta establecía que el P2 debía ser considerado como una prioridad para proteger el ambiente de la contaminación, y hacía énfasis en dirigir los esfuerzos a la minimización en la generación de residuos al final del proceso para evitar que tuvieran que ser tratados (United States. Pollution Prevention Act, 1990).

En Europa, el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente - PNUMA a través de la División de Tecnología Industria y Medioambiente de París, reconoció problemas similares y se enfatizó principalmente en la necesidad de prevenir la contaminación. Posteriormente, en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable de Johannesburgo (2002), en uno de los objetivos del plan de acción se plasmó la necesidad de modificar las prácticas de producción y consumo no sustentables, mediante la inversión en programas de PML y ecoeficiencia por parte de las industrias.

En este contexto surge la necesidad de incorporar conceptos de PML en las industrias, crear centros nacionales de producción limpia y trabajar en pro de un consumo sustentable, que facilite el desarrollo sostenible no solo de las industrias, sino también de los países como tal; de esta manera se establece el marco a nivel internacional para definir políticas nacionales y desarrollar planes de acción en producción limpia (ONU, 2002). En países en vía de desarrollo, a pesar de tener unas políticas ambientales establecidas, los mecanismos de regulación para el tratamiento de la contaminación son escasos y algunas veces inexistentes. Por esta razón, se planteó que la contaminación generada por las industrias debía ser abordada a través de la mejora continua de las diferentes etapas del proceso productivo; con lo cual, no solo se reduciría la contaminación, sino que también aumentaría la eficiencia del proceso (Varela, 2003b). El PNUMA lo llamó Producción Más Limpia (PML) o *Cleaner Production* (CP), y se convirtió en la autoridad ambiental líder en el mundo, encargada de promover su aplicación (Scafati, 2009).

La declaración internacional sobre PML reconoce que la consecución del desarrollo sostenible es una responsabilidad colectiva y que las actividades encaminadas a proteger el medio ambiente han de contemplar la adopción de prácticas de producción y consumo sostenibles. Considera, además, que la PML y otras estrategias preventivas como la *Ecoeficiencia,* la *Productividad Ecológica* y la *Prevención de la Contaminación*, son las opciones adecuadas para estos fines (Álvarez y Arias, 2009). De acuerdo con la declaración, estas estrategias se fundamentan en la misma idea de incorporar la reducción de

la contaminación al proceso de producción, e inclusive a las etapas concernientes a la planeación y diseño del producto, recurriendo a la revisión y modificación de los procesos (Varsavsky, s.f.).

Así mismo, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo, que constituye la adecuación de la Agenda 21, dedica el capítulo 18 a la PML y define como sus objetivos los siguientes:

> Elevar la eficiencia en el uso de los recursos, considerando entre ellos el aumento de la reutilización y el reciclado de los desechos, reduciendo al mismo tiempo la cantidad de desechos por unidad de producción, y fortalecer el concepto de la administración responsable en la gestión ambiental y uso de los recursos por la empresa. (Álvarez y Arias, 2009)

Evolución de la producción más limpia en Colombia

La PML como práctica es antigua y surge a partir de las diferentes decisiones empresariales en busca de mejorar la productividad a partir del uso eficiente de insumos. Su impulso y desarrollo como estrategia nacional está relacionada con tendencias internacionales. Dentro del desarrollo de la PML en Colombia se destaca la aprobación de la Carta Política en 1991, donde se incluyen nuevos derechos y mecanismos judiciales para la protección ambiental. Gracias a la nueva Constitución, en 1992 se formaliza el Comité Ambiental de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia en Gerencia Nacional, anticipándose al nuevo marco ambiental (Van Hoof y Herrera, 2007; Tamayo y Vicente, 2007).

Simultáneamente, el Gobierno Nacional crea el Ministerio de Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental (SINA) mediante Ley 99 de 1993. Todas estas tendencias nacionales se desarrollan en la misma época, cuando a nivel mundial surge un mayor interés sobre los temas concernientes a la problemática ambiental, preocupación a partir de la cual emerge la Cumbre de Río (1992) y la expedición de la Agenda 21 (Van Hoof y Herrera, 2007; Tamayo y Vicente, 2007).

Con la implementación del Plan Nacional de Desarrollo 1994-1998, es incluido por primera vez en Colombia el tema de la PML como un programa central del capítulo ambiental (Colombia. Política Nacional de Producción Más Limpia, 1997, p. 30). En esta época eran diferentes los actores que tenían interés de impulsar estos nuevos mecanismos de gestión ambiental. Por un lado estaba el sector de las industrias en el cual había cierta incertidumbre sobre los costos que implicaría el cumplir los nuevos lineamientos ambientales, y por otra parte la autoridad ambiental, la cual quería complementar los instrumentos tradicionales de comando y control, mediante proyectos que propendieran por la autorregulación de las empresas, y les confiriera cierta libertad en la búsqueda e implementación de alternativas tecnológicas para la mejora continua del desempeño en sus procesos (Van Hoof y Herrera, 2007).

Para el año 1996 fueron firmados los primeros convenios de PML mediante acuerdos entre las industrias y la autoridad ambiental de la época, para generar un trabajo conjunto que permitiera recolectar

inquietudes y propósitos de los sectores productivos y la autoridad ambiental. Sin embargo, existía la limitante de tener un vacío o ausencia de una línea base de información previamente establecida, que permitiera incluir diferentes metas de desempeño (Castaño, *et al*., 2011).

De igual forma, como una estrategia para 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 (PyCS, 2010), el –en su momento llamado– Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) de Colombia, adoptó en 1997 la Política Nacional de Producción Más Limpia como una estrategia complementaria a la normatividad ambiental, con el fin de impulsar la nueva institucionalidad ambiental en el país (Van Hoof y Herrera, 2007). Esta tiene como objetivo global

> prevenir y minimizar eficientemente los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial, a partir de introducir la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío de largo plazo. (Colombia. Política Nacional de Producción Más Limpia, 1997)

Casi 20 años después de su expedición, la Producción Más Limpia (PML) sigue siendo una estrategia emergente para afrontar los retos en materia ambiental en la industria, tanto del orden nacional, como regional y local (Van Hoof y Herrera, 2007). La implementación de esta política ha mostrado resultados importantes en el país, y si bien los mayores esfuerzos se han dado esencialmente hacia el lado de la producción, es evidente que aún existe un mercado de bienes y servicios que no cumple con criterios de sostenibilidad, que en su elaboración demanda un excesivo uso de recursos (agua, energía), mayores cantidades de materia prima, y genera igualmente residuos (PyCS, 2010).

Para el periodo entre 1997 y 2009, se destaca la creación del Centro Nacional de Producción más Limpia, 5 nodos regionales y ventanillas ambientales, así como la suscripción de 67 convenios de PML con una inversión ambiental de 393 millones de dólares. Luego de más de diez años de aplicación de la política de PML se logran avances importantes como la generación de proyectos demostrativos por más de 4.2 millones de dólares (Cardona *et al*., 2010). Dentro de los hechos importantes que cabe resaltar durante este periodo, se tiene que en el 2005 se inicia un trabajo en cuanto al tema de productos y, en especial, el asunto de residuos peligrosos derivado del Decreto 4741 (2005), donde se fijan las obligaciones pos-consumo a los fabricantes, importadores y consumidores.

Es significativo mencionar también que, para el 2005, es desarrollada la primera norma posconsumo para envases de plaguicidas, baterías de móviles y fármacos vencidos, así como programas voluntarios de recolección de celulares, cartuchos de impresión y otros más que son lanzados en 2007 (Colombia. Plan Nacional de Negocios Verdes (2014). En este mismo sentido, con el fin de apoyar y complementar esta iniciativa, en el 2010 se creó la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (PyCS) con

el fin de "orientar el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana hacia la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la competitividad de las empresas y al bienestar de la población" (PyCS, 2010, p. 30).

Por otra parte, es importante mencionar también que en Colombia la motivación principal para realizar inversiones en PML, independientemente del tamaño o el sector en el cual se desarrollan las empresas, ha sido generalmente la de cumplir con la normatividad, en especial por parte de las grandes multinacionales que no quieren arriesgar su capital por incumplir la ley, caso que no se repite en la pequeña y mediana empresa, pues en estas, las inversiones en procesos de PML son realizadas por requerimiento de las autoridades ambientales, o simplemente por la presión que ejerce alguna comunidad específica (Arango *et al*., 2000).

Con base en las consideraciones presentadas, se puede notar que el concepto de PML o ecoeficiencia liga la excelencia económica con la ambiental en la gestión de una empresa y una nación como tal; así mismo, se evidencia que las primeras aplicaciones de PML en el país se hicieron simplemente por obligación y que, a través del tiempo, esta visión se ha modificado al darse cuenta de la gran utilidad monetaria que estas prácticas generan de una u otra manera; en este sentido, de acuerdo con Oestreich *et al*. (2006), en Colombia la cultura de PML se expande con fuerza y en masa.

Definición y Aspectos Generales de la Producción Más Limpia (PML)

Ashton *et al*. (2016) mencionan que el desarrollo es inevitablemente un proceso que consume recursos del mundo biofísico para satisfacer las necesidades humanas; sin embargo, debido a los efectos ambientales negativos generados, se han planteado diferentes iniciativas desarrolladas por empresas y autoridades ambientales, entre otros sectores involucrados, con el fin de enfocar la investigación hacia la optimización y mejoramiento de procesos empresariales existentes, así como el desarrollo de nuevas estrategias que promuevan la innovación tecnológica y la sostenibilidad empresarial, para incentivar actuaciones preventivas, más que remediales (Fresner, 1998; Van Hoof y Herrera, 2007).

El desafío para empresarios, investigadores, docentes y ciudadanos es encontrar mecanismos que permitan evaluar el efecto que tienen las acciones del ser humano sobre el medioambiente, diseñar procesos que permitan minimizar los efectos adversos, e implementar acciones que contribuyan a mejorar la seguridad de los ciudadanos (Gil, 2010), enfocados hacia la optimización y el mejoramiento de procesos empresariales existentes, desarrollo de estrategias que promuevan la innovación tecnológica, y la sostenibilidad (Van Hoof y Herrera, 2007).

En este sentido, la aplicación del concepto de Producción Más Limpia se ha identificado como una opción que permite incrementar la eficiencia, la competitividad y minimizar la contaminación. Fue utilizado por primera vez en 1989 por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del PNUMA; en los

últimos años se ha incorporado progresivamente a la agenda del mundo empresarial de naciones industrializadas, y en menor medida en los países en vías de desarrollo (Álvarez y Arias, 2009; Villalón, 2010). El PNUMA define Producción Más Limpia como "la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios, con el fin de aumentar la eficiencia total, y reducir riesgos a los seres humanos y al ambiente" (UNESCO, 1992; UNEP, 1993; Van Hoof y Herrera, 2007; Tamayo y Vicente, 2007; Villalón, 2010; Shah, 2011).

Esta estrategia se basa y soporta en las diferentes herramientas que apoyan los sistemas ambientales de las organizaciones, suministrando técnicas concretas para integrar información que permita definir el estado ambiental de un proceso productivo, y con base en ello tomar las respectivas decisiones (CNPMLYTA, 2002). Varela (2003b) menciona que otros conceptos similares a Producción Más Limpia son la minimización de desechos, la prevención de la contaminación en la fuente, la ecoeficiencia y la producción verde, e indica que la clave de estos conceptos es hacer empresas más eficientes y menos contaminantes. Tamayo y Vicente (2007) mencionan que la producción limpia toma como principio básico "la contaminación que no existe, no necesita eliminarse"; en tal sentido, se basa en la práctica de una gestión preventiva, considerada a menudo rentable y como una opción viable que permite la compatibilidad entre la economía y la ecología a largo plazo (Geiser, 1991, en Tamayo y Vicente, 2007).

El término "producción limpia" o "producción más limpia" puede entenderse como sinónimo del término "tecnologías preventivas de la contaminación" utilizado en EEUU, o "tecnologías de minimización de residuos" (Shah, 2011) utilizado por la Comisión de la ONU (Tamayo y Vicente, 2007). Cuando se habla de tecnologías limpias se hace referencia a cualquier producto, servicio o proceso que aporta valor utilizando poco o ningún recurso no renovable, o que produzcan mucho menos residuos que las soluciones convencionales (Pernick y Wilder en Ortiz, *et al*., 2011). Su aplicación no está restringida a ningún sector de la actividad económica, y puede ser aplicada a procesos de cualquier organización de productos o servicios (Shah, 2011; Van Hoof y Herrera, 2007).

En un concepto amplio, la PML comprende la prevención de la contaminación, la minimización de residuos o eco-eficiencia, poniendo énfasis en cómo pueden producirse los bienes y servicios con el menor impacto ambiental, teniendo en cuenta las limitaciones económicas y tecnológicas. En este sentido, la PML es considerada como la aplicación sistemática de una estrategia ambiental para la reducción de los impactos negativos que generan las empresas en el medio ambiente (Tamayo y Vicente, 2007; Shah, 2011). En los procesos de fabricación, incluye la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materiales tóxicos y la reducción en cantidad y toxicidad de las emisiones y desperdicios antes de la terminación del proceso; en los productos, se orienta a la reducción de los impactos durante el ciclo de vida del producto; y en cuanto a los servicios, reduce el impacto ambiental del servicio durante todo su ciclo de vida (Fresner, 1998; Varela, 2003b; Ortiz, *et al*., 2011; Van Hoof y Herrera, 2007). Con esta estrategia se pretende reducir los riesgos en los trabajadores, la comunidad, los consumidores de productos; minimizar costos de producción, tratamiento al final del

tubo y recomposición del ambiente, así como la mejora en la eficiencia de los procesos, la calidad del producto, entre otros aspectos (Frondel, *et al*. 2006).

En una visión general, la PML requiere un cambio de actitud tanto de los productores como de los consumidores, una gestión ambiental responsable y la continua evaluación de las diferentes opciones tecnológicas, para así propender un futuro hacia la sostenibilidad (CNPMLYTA, 2002). Gran parte de lo que actualmente se estudia sobre los impactos ambientales negativos gira alrededor de encontrar alternativas para manejar residuos, vertimientos y emisiones luego de que se han generado; por el contrario, el propósito de la PML es evitar la generación de los mismos, así como la disminución del uso de materias primas y energía (PNUMA/IMA, 1999).

La PML presenta un enfoque preventivo más no correctivo para el control y reducción del impacto ambiental generado en la producción de bienes y servicios, buscando con ello alcanzar un desarrollo industrial sostenible articulado a una eficiencia económica, y generando un impacto mínimo, para lo cual se contemplan varias estrategias que van desde la implementación de buenas prácticas con bajas inversiones, hasta la reconversión a tecnologías más limpias que requieren grandes inversiones de capital (Monroy *et al*., 2004; Van Hoof *et al*., 2008; Shah, 2011). La estrategia PML orientada a la prevención, involucra la modificación de los procesos de producción, la tecnología, las prácticas operacionales o de mantenimiento, y los resultados de acuerdo con las necesidades de los consumidores en cuanto a productos y servicios más compatibles ambientalmente (Ibáñez, 2006).

Es importante resaltar que la PML no en todos los casos requiere la aplicación de nuevas tecnologías y equipos; generalmente, su punto de apoyo comienza simplemente con buenas prácticas de operación (Ibáñez, 2006). Según Arango *et al*. (2000), las técnicas más comúnmente utilizadas dentro del marco de la PML son buenos procedimientos de operación, sustitución de materiales, cambios tecnológicos, reciclaje interno y rediseño de productos, entre otras. De igual forma, se resalta que la PML no solo significa modificar o cambiar desde la parte operacional, también requiere de un cambio en el pensamiento y concepción de la gestión ambiental actual, además del desafío que lleva el cambio del comportamiento de los diferentes actores, como autoridades ambientales, funcionarios, empresarios, organizaciones no gubernamentales, entre otros, para que estos avancen hacia una producción y consumo más sostenible (PyCS, 2010).

Ashton *et al*. (2016) manifiestan que es necesario ampliar la perspectiva de los sistemas integrados de ingeniería, medio ambiente, negocios y política en la educación y la práctica, así como ampliar la gama de temas tratados en las actividades de capacitación y formación, donde se incluyan los *Sistemas de Gestión Ambiental* (SGA) para ayudar a las empresas a definir y planificar las actividades para un mejor desempeño ambiental; la *Planificación Estratégica de Sostenibilidad* (SSP, por sus siglas en inglés) para integrar las cuestiones de sostenibilidad en las funciones de la misión y negocio de una organización; la *Ecología Industrial* como un enfoque de sistemas más allá de una sola empresa, para el diseño y gestión

de sistemas de producción y consumo industriales que operan de forma sostenible (por ejemplo, a nivel de la cadena de suministro o dentro de un grupo regional); y el *Desarrollo Sostenible* para examinar vías de desarrollo industrial que equilibren las necesidades sociales, económicas y ambientales, con el fin de crear sociedades sostenibles (Ashton *et al*., 2016; Bhupendra y Sangle, 2016).

Producción Más Limpia y Sistemas de Gestión Ambiental

Para la implementación de estrategias de PML se requiere de estructuras que definan las responsabilidades y actividades a desarrollar dentro de la empresa y su relación con el entorno, las cuales se basan en las actividades de un sistema de manejo en general que se conoce como Sistema de Gestión Ambiental (SGA). Walton (2004) manifiesta que se acostumbra a ver los proyectos laborales de una manera lineal, con un comienzo y un fin: se cumple el trabajo, y se pasa al siguiente. Por el contrario, la mejora continua exige una modalidad circular.

Hace años Edward Deming les presentó a los japoneses el ciclo Planifique, Haga, Verifique, Actúe (PHVA), que denominó Ciclo Shewhart por el individuo pionero del control estadístico de calidad Walter Shewhart (Walton, 2004); en este ciclo se basa la metodología para el establecimiento de un SGA el cual divide la acción empresarial en cuatro fases. Walton (2004) describe estas cuatro etapas brevemente: "la empresa planifica un cambio, lo realiza, verifica los resultados y, según los resultados, actúa para normalizar el cambio o para comenzar el ciclo de mejoramiento nuevamente con nueva información" (p.18); así mismo, menciona que el ciclo PHVA representa trabajo en procesos, más que tareas o problemas específicos. La definición de los SGA establecida conjuntamente por el PNUMA, la Cámara de Comercio Internacional (CCI) y la Federación Internacional de Ingenieros Consultores (FIDIC) dice que es un

> conjunto planeado y coordinado de acciones administrativas, procedimientos operativos, documentación y registros, implementados por una estructura organizacional específica con competencias, responsabilidad y recursos definidos, con el fin de prevenir efectos ambientales adversos, así como promover acciones y actividades que preservan y/o mejoran la calidad ambiental. (UNEP, como se citó en Monroy, *et al*., 2004)

Los SGA son un mecanismo fundamental para la implementación de estrategias ambientales, entre ellas la PML; son útiles tanto para el mejoramiento interno de los procesos y los productos, como para generar un reconocimiento al exterior de la empresa con base en sus estándares ambientales. Según su aplicación específica, estos SGA pueden ser Sistemas de Autogestión Ambiental como ISO 14000, Responsabilidad Integral, Acuerdos Ambientales y Acuerdos Multilaterales, entre otros (Monroy *et al*., 2004; Frondel *et al*., 2006; Van Hoof *et al*., 2008). De acuerdo con Monroy *et al*. (2004) y Van Hoof *et al.* (2008), las principales herramientas PML a utilizar en el contexto de la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), teniendo en cuenta el ciclo Deming o PHVA, se muestran en la figura 1.

Es importante mencionar que la aplicación de estos sistemas por parte de las empresas siempre es de carácter voluntario y depende de su reconocimiento al interior de la estrategia estructural de las mismas.

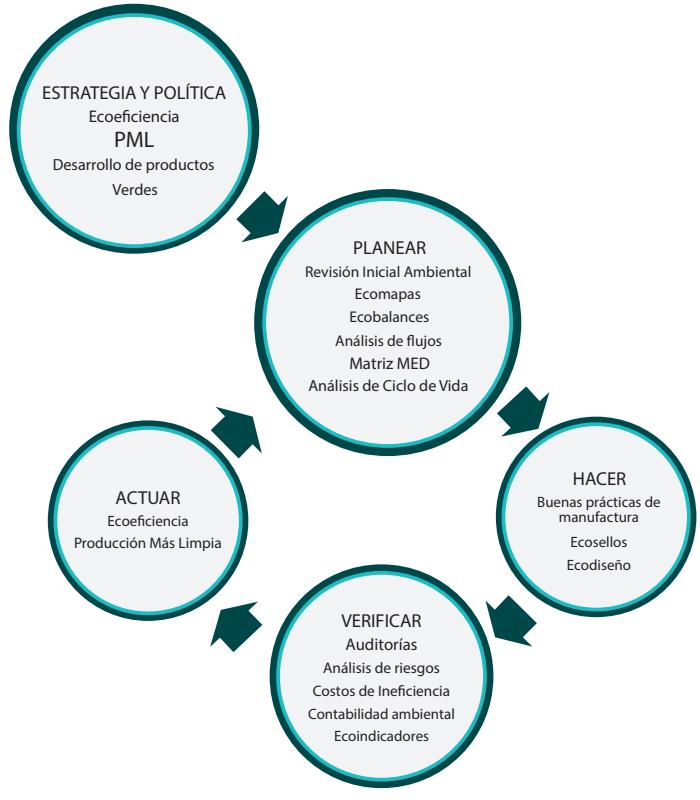


Figura 1. Herramientas de Producción Más Limpia dentro del contexto del Sistema de Gestión Ambiental. Fuente: Monroy et al. (2004); Van Hoof et al. (2008).

Beneficios de la Implementación de Sistemas de PML

De acuerdo con Leal (2005), son diversos los beneficios que trae consigo la implementación de sistemas o herramientas de PML, los cuales definió basándose en estudios al interior de las empresas que han introducido el enfoque de ecoeficiencia (Bhupendra y Sangle, 2016), donde se han encontrado importantes beneficios financieros, mejor competitividad (Bhupendra y Sangle, 2016) y otras ventajas como mejora de la productividad, ahorro de energía y materias primas, reducción de residuos y materiales tóxicos, disminución de riesgos, ahorro en procesos de manejo de la contaminación (Frondel, *et al*. 2006), mano de obra más motivada, enfoque para una mejora continua (Varela, 2003b), mejores

medidas de sanidad y seguridad, reducción de los riesgos civiles ambientales, aumento de la eficiencia de los procesos, mejor imagen pública de la empresa y, por ende, una mayor confianza por parte del consumidor.

Algunos autores mencionan que la PML es una estrategia de «ganar-ganar» (Villalón 2010; Ashton *et al*. 2016), ya que protege tanto el ambiente como al consumidor y al trabajador, mientras mejora la eficiencia industrial, genera crecimiento económico e incrementa la competitividad de las empresas. De igual forma, señalan que su implementación promueve la gestión y organización efectiva, así como la necesidad de la "mejora continua" del desempeño ambiental de una empresa como su principal premisa. Dentro de los beneficios asociados a la implementación de la PML, cabe mencionar que, en las organizaciones donde se acoge esta filosofía, disminuye la necesidad de equipos de tratamiento de la contaminación al final del tubo, ya que al generarse menor cantidad de residuos se disminuyen los costos para prevenir, mitigar o eliminar la contaminación en la fuente, por ende, dicha organización tendrá un margen de utilidad mayor y potenciará de una u otra manera su economía (Álvarez y Arias, 2009).

Villalón (2010) presenta los resultados de varios estudios que generaron efectos positivos derivados de la aplicación de estrategias de PML en diferentes países y sectores, donde resalta que las empresas estudiadas presentaron beneficios económicos y ambientales adicionales, al tiempo que se obtuvieron mejoras por la aplicación de las buenas prácticas operativas y de seguridad industrial, y por el cumplimiento de las normas vigentes aplicables a cada entidad (para ampliar información respecto a cifras, indicadores, etc. se recomienda consultar la referencia). De igual forma, Tamayo y Vicente (2007) indican que las prácticas ambientales sostenibles pueden aportar a la empresa ventajas de tipo técnico, organizativo, legislativo, e incluso económico; en este sentido, destaca la reducción de riesgo ambiental, de sanciones administrativas, del riesgo para la salud y accidentes; ahorros en materias primas, agua y energía (Varela 2003c); aumento de la productividad; mejora de los procesos de trabajo (seguridad, higiene, eficiencia); ahorros en la gestión y tratamiento de residuos y emisiones; mejora la imagen de la empresa; innovación tecnológica (equipos y procesos productivos); y mejora e innovación de productos (calidad, seguridad y salubridad).

Dificultades para Implementación de Sistemas PML

Aunque la conciencia de la problemática ambiental ha incrementado en los últimos años, estudios de las Naciones Unidas indican que menos de un 20 % de las empresas norteamericanas y europeas están a la vanguardia de los avances en eco-eficiencia y producción limpia (Arango *et al*., 2000). De acuerdo con Arango *et al*. (2000) la literatura económica justifica la lentitud de la reconversión empresarial hacia una mejor gestión ambiental en los países en desarrollo, principalmente por la resistencia al cambio como un problema cultural (Shah, 2011) y por la dificultad de acceso a información y financiación. Por su parte, Bhupendra y Sangle (2016) indican que las revisiones de varios estudios señalan como

barrera la capacidad tecnológica de una empresa y el riesgo económico percibido (Frondel *et al*. 2006). Por su parte, Varela (2003a) indica que dentro de las barreras para su implementación está la falta de conocimiento acerca del concepto de PML, la escasa capacitación en temas ambientales, la falta de asesoramiento en cuanto a las mejores tecnologías disponibles, la limitación en los recursos para la investigación e innovación, la falta o ausencia de créditos "verdes" para proyectos ambientales y el enfoque reactivo de "final del tubo", entre otros.

Arango *et al*. (2000) manifiestan que la motivación más importante para realizar inversiones en PML ha sido generalmente el lograr el cumplimiento de la normatividad; sin embargo, resaltan que, en términos generales, la capacidad de las autoridades ambientales en Colombia para exigir su cumplimiento aún es insuficiente y, además, en muchos casos se cruza con conflictos económicos y sociales que limitan la actuación de las autoridades hacia la toma de medidas drásticas represivas, encaminadas a penalizaciones y cierres de empresas, que conducen a mayor desempleo y menor desarrollo económico.

También señalan que, en la búsqueda del aumento de la productividad, las acciones en la mayoría de los casos no evalúan, ni consideran los impactos ambientales, sino solamente los beneficios económicos. En este sentido, un gran problema en Colombia es que la base tecnológica de muchas de las empresas tradicionalmente más contaminantes, como curtiembres, fundición, alimentos, galvanoplastia, entre otras, es tecnología antigua, donde la reconversión parcial o la implementación de sistemas de control pueden permitir alguna disminución de costos, pero difícilmente generan aumentos sustanciales de producción (Arango *et al*., 2000).

La necesidad de cumplir con políticas corporativas es una motivación particularmente evidente para las empresas multinacionales, aunque está presente también en algún grado en las empresas colombianas, cuya misión incorpora un compromiso con el desarrollo sostenible o con el mejoramiento del entorno ambiental (Arango *et al*., 2000). En menor grado, las inversiones en tecnologías más limpias se justifican como parte del proceso de preparación para obtener certificaciones de calidad, en razón de exigencias de entidades financieras internacionales o por compromisos éticos, pero aún son aspectos débiles en Colombia (Arango *et al*., 2000).

CONCLUSIONES

La Producción Más Limpia es una estrategia que puede contribuir en la disminución del impacto ambiental negativo generado por los diferentes sistemas productivos; sin embargo, es necesario realizar actividades que permitan impulsar su difusión y conocimiento por parte de los diferentes actores involucrados, así como resaltar los beneficios sociales, ambientales y económicos que su aplicación podría generar.

La implementación de la producción más limpia requiere de la participación activa y la colaboración por parte del sector empresarial debido a que, en la mayoría de los procesos industriales actuales, el factor ambiental no es considerado de forma prioritaria si no ha estado relacionado principalmente con los requerimientos normativos o hacia la búsqueda de certificaciones de calidad.

Aunque la sustitución total de las tecnologías de tratamiento al "final del tubo" no es ciertamente posible, es fundamental que desde la academia se promueva la identificación de estrategias de Producción Más Limpia ante los desafíos actuales en cuanto a la búsqueda de la sostenibilidad ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, D. y Arias, M. (2009). La producción más limpia: una herramienta indispensable. *Revista Electrónica Granma Ciencia*, *13*(3).

Andrade-C., M. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ambiente-política. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*., *35*(137), 491-507.

Arango, C., Guzmán, E. y Correa, M. (2000). *Producción Más Limpia en Colombia. Conceptos sobre motivaciones y obstáculos para su implementación en Colombia*. Medellín: Centro nacional de Producción Más Limpia.

Arroyave, J. y Garcés, L. (2006). Tecnologías ambientalmente sostenibles. *Producción + Limpia*, 1(2), 78-81.

Ashton, W., Hurtado-Martin, M., Anid, N. Khalili, N., Panero, M. y McPherson, S. (2016). Pathways to cleaner production in the Americas: bridging industry-academia gaps in the transition to sustainability. *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.03.116.

Bhupendra, K.V. y Sangle, S. (2016). Strategy to derive benefits of radical cleaner production, products and technologies: a study of Indian firms. *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.03.115.

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.

Castaño, A., García, E. y Granada, C. (2011). *Evaluación de la implementación de la política Nacional Ambiental de Producción Más Limpia en el departamento del Quindío entre los a*ños 1997 y 2009. (Tesis de Maestría). Manizales, Colombia: Universidad de Manizales.

DAMA - Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. (2004). *Guía de buenas prácticas para el sector alimentos, subsector frutas y verduras*. Bogotá, D.C., Colombia: Cámara de Comercio de Bogotá. Recuperado de http://goo.gl/dUMXwL

Flórez, M (Ed.) (2002). *Casos de aplicación de producción más limpia en Colombia*. Medellín: Editorial clave. CNPMLYTA - Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales.

Fresner, J. (1998). Cleaner production as a means for effective environmental management. *Journal of Cleaner Production*, 6(3-4), 171-179.

Frondel, M., Horbach, J. y Rennings, K. (2006). End-of-Pipe or Cleaner Production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries. *Business Strategy and the Environment*, 16(8), 571-584. doi: 10.1002/bse.496.

Gil, M. (2010). La tierra nos habla. *Producción + Limpia*, *5*(2). Recuperado de http://goo.gl/l5xUwD

_____. (2012). El desarrollo industrial, una necesidad que requiere de diversos retos ambientales. *Producción + Limpia*, *7*(2). Recuperado de http://goo.gl/wVH2f0

Ibáñez, H. (2006). *Producción limpia en la construcción* (Trabajo de pregrado, Ingeniero Constructor). Chile: Universidad Austral de Chile.

Leal, J. (2005). *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias*. Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas. Recuperado de http://goo.gl/TnQBLl

Monroy, N., Ramos., J., Saer, A. y Van Hoof, B. (2004). *Introducción a la Producción Más Limpia (PML)*. Bogotá: Universidad de los Andes.

Oestreich, A., Dos Santos, M., Rocco, V. (2006). Producción Más Limpia y competitividad: un camino hacia la excelencia empresarial sustentable. *Revista de Antiguos Alumnos del IEEM*. 9(11), 52-64.

ONU - Organización de las Naciones Unidas. (2002). *Informe de la Cumbre Mundial Sobre el Desarrollo Sostenible*. Johannesburgo, Sudáfrica: ONU. Recuperado de http://goo.gl/rrX93u

Ortiz, M., Venegas, A. y Caicedo, G. (2011). Prácticas de producción más limpia en la industria de las confecciones y conductas ambientalmente responsables. *Perfiles Libertadores*, (7): 24-33.

Pollution Prevention Act Of 1990 (As Amended Through P.L. 107–377, December 31, 2002) (1990). Recuperado el 01 de marzo de 2015 de http://goo.gl/HXs564

Rodríguez, M., Gamba, N., Lozano, O., Estévez, A., Castillo, E., Pedraza, E. y Herrera I. (2001). Desempeño ambiental de la tecnología en la Industria Colombiana. En: Leyva P. (2001) *El medio ambiente en Colombia.* IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente

Sandoval, L. (2006). *Manual de Tecnologías Limpias en PyMEs del Sector Residuos Sólidos.* Organización de Estados Americanos (OEA). Recuperado de http://goo.gl/rN1QKx

Sánchez, G. 2002. Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia. *Economía y Desarrollo*, 1(1): 79-98.

Scafati, A. (Ed.) (2009). *Guía práctica y estudio de casos: Producción + Limpia, programa Buenos Aires produce más limpio*. Argentina: Agencia de Protección Ambiental y Ministerio de Ambiente y Espacio Público. Recuperado de http://goo.gl/zGxqMA

Shah, J. (2011). *Cleaner production. Guidance notes on tools for pollution management*. Recuperado de http://goo.gl/AD2UNp

Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). *Productos más representativos de la economía colombiana*. Recuperado de http://goo.gl/4H0Lkj

Tamayo, U. y Vicente, A. (2007). Generación de valor mediante prácticas de producción limpia, ecodiseño y logística inversa. En *Mediterráneo Económico. Nuevos enfoques del marketing y la creación de valor.* (11), 147-164.

UNEP - United Nations Environment Program (1993). *Our Planet. Cleaner Production Makes Money. 5*(3).

UNESCO (1992) Towards cleaner production methods. *Nature and Resources*, 28.

Van Hoof, B. y Herrera, C. (2007). La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. *Revista de Ingeniería,* Universidad de los Andes, 26, 101-120.

Van Hoof, B., Monroy, N. y Saer, A. (2008). *Producción más limpia. Paradigma de gestión ambiental*. Colombia: Alfaomega Colombiana S.A.

Varela, I. (2003a). Definición de producción más limpia. *Tecnología en Marcha*, 16(2): 3-12.

_____. (2003b). Barreras e impulsores en la adopción de P+L. *Tecnología en Marcha*, 16(2): 30-39.

_____. (2003c). Estudios de caso P+L. *Tecnología en Marcha*, 16(2): 13-27.

Varsavsky, A. (s.f). *Química Verde y Prevención de la Contaminación*. Recuperado de http://www.nexus.org.ar/trabajos/medioambiente/quimica_verde.htm

Villalón, A. (2010). Principales aspectos de la producción más limpia y algunos resultados de su aplicación en diversos sectores económicos. *Cuba tabaco*, 11 (2), 71-80.

Walton, M. (2004). *El método Deming en la práctica*. (Margarita Cárdenas, trad.). Bogotá: Grupo Editorial Norma.