



# Tecnologías ambientalmente sostenibles

Joan Amir Arroyave Rojas<sup>1</sup> / Luís Fernando Garcés Giraldo<sup>2</sup>

## *Environmentally sustainable technologies*

### RESUMEN

Las reflexiones modernas en torno a la problemática ambiental, en busca de la disminución de impactos negativos sobre el medio ambiente, han generado la aparición de iniciativas nacionales e internacionales. En ellas se enmarca el principio general de la Producción Más Limpia (P+L), la cual es una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental y elevando simultáneamente la competitividad. De esta forma surgen las tecnologías limpias para viabilizar y desarrollar la filosofía de la P+L.

**Palabras Clave:** Producción más limpia. Tecnologías limpias. Tecnologías ambientalmente sanas.

### ABSTRACT

Modern reflections concerning environmental problems, seeking for a reduction of negative impacts on environment, have boosted the appearance of national and international initiatives under the general initiative of cleaner production. This is a prevention managerial strategy applied to products, processes and work organization, aiming to minimize pollution and leaks in the source, reducing risks for human health and environment and increasing competitiveness. Thus, cleaner Technologies are created to develop the cleaner production philosophy, and make it feasible.

**Key words:** Cleaner production, clean technologies, environmentally healthy Technologies.

<sup>1</sup> Ingeniero Sanitario, Candidato a Magíster en Ingeniería Ambiental. Jefe del Programa de Ingeniería Ambiental, Corporación Universitaria Lasallista. Investigador del grupo GAMA / <sup>2</sup> Ingeniero Sanitario, Magíster en Ingeniería Ambiental, Especialista en Cuencas Hidrográficas y Especialista en Ingeniería Ambiental. Director del grupo de investigación GAMA Decano Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Lasallista

Correspondencia: Joan Amir Arroyave Rojas. e-mail: joarroyave@lasallista.edu.co

Fecha de recibo: 20/12/2006; fecha de aprobación: 19/02/2007

## INTRODUCCIÓN

El objetivo esencial de una industria es transformar la materia prima en un producto, bien o servicio comerciable. La generación de residuos y emisiones durante el proceso productivo puede ser considerada como una pérdida del proceso y un mal aprovechamiento de la materia prima empleada, por lo tanto representa un costo adicional del proceso productivo. A su vez, la generación de residuos origina impactos económicos importantes asociados a los costos de tratamiento y disposición final de éstos, además de los impactos sociales y ambientales asociados al deterioro de la calidad de vida de las comunidades.

El enfoque tradicional con que se ha abordado el control de la contaminación considera como primera opción reducir los contaminantes después de que se hayan generado por los procesos productivos o industriales, exigiendo la aplicación de tecnologías de etapa final o “fin de tubo” (end of pipe), que muchas veces alcanzan costos elevados obstaculizando la competitividad de las empresas, especialmente en el caso de las PyMES.<sup>1,3,4</sup>

Actualmente existen dos vías conceptuales como alternativas para disminuir la contaminación, tanto industrial como doméstica: la primera, como concepto tradicional, se basa en el uso de tecnologías “**end of Pipe**”<sup>4</sup>, como se expresó anteriormente, que corresponde al manejo de los residuos domésticos e industriales al final del proceso productivo, en los que los residuos sólidos son llevados a vertederos, las emisiones gaseosas son lavadas o filtradas y las emisiones líquidas son sometidas a diversos tratamientos.

El segundo concepto se basa en un **enfoque integral preventivo**, que pone énfasis en una mayor eficiencia de utilización de los recursos materiales o materias primas y los recursos energéticos, de modo que se incrementen simultáneamente la productividad y la competitividad.

Este último concepto, también llamado “**Producción Más Limpia**”, internaliza la variable ambiental como parte de una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organizaciones del trabajo.<sup>1</sup>

El concepto de P+L, que fue introducido por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en el año 1989, fue definido como “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada y aplicada a procesos, productos, y servicios para mejorar la ecoeficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente”.<sup>4</sup>

## LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La P+L es una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental y elevando simultáneamente la competitividad.<sup>1-3</sup>.

Ello resulta de cinco acciones, las cuales a su vez pueden tener una participación individual o colectiva:<sup>1-3,5,6:</sup>

1. La minimización y el consumo eficiente de insumos, agua y energía.
2. La minimización del uso de insumos tóxicos.
3. La minimización del volumen y toxicidad de todas las emisiones que genere el proceso productivo.
4. El reciclaje de la máxima proporción de residuos en la planta o proceso productivo y, si no, fuera de ella o él.
5. La reducción del impacto ambiental de los productos en su ciclo de vida, desde la planta hasta su disposición final.

El desarrollo histórico de las iniciativas participativas en todos los niveles sobre los temas ambientales ha dado instrumentos y directrices para la gestación de la producción más limpia, la cual es el resultado de un proceso evolutivo de conceptualización realizado por diversos organismos internacionales que lleva casi 20 años. Es un concepto amplio que engloba términos tales como ecoeficiencia, minimización de residuos o prevención de la contaminación, poniendo énfasis en cómo los bienes y servicios son producidos con el menor impacto ambiental teniendo en cuenta limitantes económicas y tecnológicas.<sup>5</sup>

El Objetivo de la P+L es minimizar emisiones y/o descargas hacia el medio ambiente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental, elevando simultáneamente la competitividad de las empresas.

En los procesos de producción busca conservar las materias primas y la energía, eliminando las materias primas tóxicas y reduciendo la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos. Desde el punto de vista del producto terminado desea reducir los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final, mediante un diseño adecuado de los productos; y desde el desarrollo y prestación de servicios, la incorporación de las preocupaciones ambientales en el diseño y suministro de los mismos.

La P+L requiere modificar actitudes, desarrollar una gestión ambiental responsable, crear las políticas nacionales convenientes y evaluar las opciones tecnológicas.<sup>1,5</sup> Para el cumplimiento de lo anterior la P+L invierte o reorienta la jerarquía de gestión de los contaminantes, considerando las oportunidades de prevención de la contaminación: reducción de los residuos en el origen, reutilización y reciclado, tratamiento o control de la contaminación y disposición final.

En principio, la P+L podría entenderse como aquella que no genera residuos ni emisiones. En la realidad esto no es así. Primero, porque en el estadio actual de desarrollo son escasas las tecnologías económicamente viables que logren cero emisión; segundo, porque si bien toda emisión puede generar una externalidad negativa - o pérdida de bienestar social sin compensación-, el nivel óptimo de contaminación no es igual a cero, sino aquel en que los beneficios sociales margi-

nales de minimizar residuos sean equivalentes a los costos sociales marginales de lograr tales reducciones.<sup>1-6</sup>

La implementación de medidas de producción más limpia al interior de una empresa, cualquiera sea su tamaño, significa básicamente establecer prácticas preventivas tendientes a reducir la generación de residuos y emisiones, utilizar en mejor forma los recursos disponibles y mejorar la calidad de la producción.<sup>5</sup>

En este sentido la dimensión ambiental no tiene que ser asumida sólo como un costo para las empresas. De hecho, a mayor cantidad de emisiones y descargas, es posible constatar una mayor ineficiencia en los procesos productivos que, al ser corregida, puede generar beneficios económicos para la empresa más allá de lo que implica cumplir con las normativas.

Entre los beneficios económicos asociados a los programas y proyectos de P+L se encuentran los siguientes:<sup>1-3,5</sup>

- Ahorro de materias primas.
- Ahorro de energía (electricidad, combustible, etc.).
- Ahorro en el consumo de agua.
- Reducción de pérdidas de materiales
- Reducción de fallas en equipos
- Reducción de accidentes
- Operación estable
- Mejor gestión de procesos
- Retorno adicional, debido a la recuperación y venta de subproductos.
- Disminución del costo de tratamiento y/o disposición final de los residuos.
- Disminución de los costos de operación de la planta de tratamiento.
- Disminución en costos legales asociados a problemas ambientales y de seguridad (multas, indemnizaciones).
- Disminución de costos por seguros y de contribuciones a las Mutuales de Seguridad
- Mejor imagen ambiental.
- Mayor accesibilidad a los mercados con sensibilidad ambiental (o menor probabilidad de perder un mercado por problemas ambientales).
- Reducción de riesgos.
- Minimización de la tasa de falla y rechazo de los productos

## Tecnologías Limpias

Las tecnologías limpias (TL)<sup>2,3,5</sup> están orientadas tanto a reducir como a evitar la contaminación, modificando el proceso y/o el producto. La incorporación de cambios en los procesos productivos puede generar una serie de beneficios económicos a las empresas tales como la utilización más eficiente de los recursos, reducción de los costos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos.

Una TL puede ser identificada de varias maneras: o permite la reducción de emisiones y/o descargas de un contaminante, o la reducción del consumo de energía

eléctrica y/o agua, sin provocar incremento de otros contaminantes; o logra un balance medioambiental más limpio, aún cuando la contaminación cambia de un elemento a otro. Esto último supone evaluar la nueva tecnología sobre la base de las normas y estándares de calidad ambiental establecidos por la legislación.<sup>5</sup>

Las TL o Tecnologías Ambientalmente Sanas TAS<sup>2,3,5,6</sup>, son un concepto relativo en el cual el término “Ambientalmente Sanas” no puede atribuirse a ninguna tecnología específica o a un grupo específico de tecnologías, debido a que esto implica que lo que puede percibirse como ambientalmente sano hoy puede necesariamente no ser sano mañana y que cualquier tecnología debe inspeccionarse en relación con las condiciones económicas, culturales y ambientales, creando una interacción cuyo resultado necesita ser constantemente evaluado.

Las tecnologías limpias son en general consideradas como ambientalmente sanas, una vez contribuyan de la mejor manera, bajo las circunstancias determinadas, a lograr o a restaurar el balance entre el desarrollo social, el crecimiento económico y el uso sustentable de los recursos naturales (incluyendo la protección del ambiente).

La implementación y adopción de las Tecnologías Limpias son consecuencia y se ajusta a la estructura de las descripciones dadas en la Agenda 21.<sup>7</sup>

El concepto de tecnologías limpias está descrito en la Agenda 21 definiendo las TAS<sup>2,3,5,6</sup> como procesos y productos que protegen el ambiente, son menos contaminantes, usan todos los recursos de forma más sustentable, reciclan más de sus residuos y productos y manejan los desechos residuales de una manera más aceptable”.

Las tecnologías de producción limpias (procesos) en el sector industrial reducen los contaminantes, la cantidad de energía y de recursos naturales necesarios para producir, comercializar y usar sus excedentes a través de la introducción de cambios a la tecnología del núcleo de producción.

Además, las tecnologías limpias contribuyen a optimizar el uso de recursos. Así, los beneficios ambientales pueden ser alcanzados en conjunto con los beneficios financieros y económicos y con los mejoramientos tecnológicos.

Las tecnologías de producción limpia incluyen bienes y servicios, equipo, “Know-How” técnico y habilidades y procedimientos organizacionales y gerenciales.<sup>6</sup>

En relación al manejo de residuos existen tres grandes alternativas de tecnologías limpias para la industria en general, habiéndose demostrado en la práctica que hay una clara jerarquización respecto del orden en que éstas deben aplicarse, de acuerdo a sus ventajas y desventajas. En orden de conveniencia es posible distinguir las siguientes alternativas:

- Reducción de Residuos en el Origen, que involucra cambios en los productos y cambios en los procesos productivos (sustitución de materias

primas e insumos, cambios tecnológicos y la aplicación de buenas prácticas en la gestión de operaciones).

- Reciclaje (re-uso de materiales o residuos).
- Tecnología de Control, que se aplica al final del proceso y que comprende el tratamiento de los residuos y su disposición final.

La solución de los problemas ambientales debe ser buscada a través de la aplicación secuencial de las alternativas señaladas, en el mismo orden descrito. Las dos primeras alternativas pueden generar importantes beneficios para la industria, que se traducen en una mayor productividad y competitividad. En cambio, el tratamiento y disposición final de los residuos sólo involucra costos.

Mediante la primera alternativa, generalmente la más simple de aplicar, es posible mejorar algunos sistemas y procedimientos que permiten reducir los volúmenes de desechos en la industria, con lo cual se disminuye en forma ostensible la necesidad de reutilizar o reciclar, y se reduce o elimina la necesidad de un sistema de tratamiento y disposición final. Adicionalmente a las ventajas directas o indirectas en términos ambientales de la reducción de residuos en el origen, éstas normalmente redundan en una reducción de costos de producción a través de un mejor manejo de materiales y una mayor eficiencia del proceso.

La aplicación de la segunda alternativa, el reciclaje o reutilización, todavía puede generar beneficios tangibles para la empresa, aunque en menor grado que aplicando la reducción en el origen. Finalmente, el tratamiento y disposición final sólo está asociado a costos, en términos de inversión y de operación.

## Reducción en el origen

La reducción en el origen elimina o disminuye la necesidad de tratamiento y disposición de los residuos.<sup>1-5</sup> Incluye el uso racional de los recursos, materias primas, insumos y energía, y el uso de materiales menos nocivos para el ambiente. De este modo la reducción en el origen es una de las alternativas menos costosas para la solución de problemas ambientales y, en muchos casos, genera rentabilidades atractivas y bajos niveles de inversión. Esta alternativa, por incluir el mejoramiento de los procedimientos de operación y las denominadas buenas prácticas productivas, genera productos de mejor calidad y con menos impactos negativos ambientales.

Algunas de las modalidades de esta práctica son las siguientes:

- a. Cambios en las materias primas o insumos:** corresponde al uso de materias primas e insumos que no generen o que generen un nivel inferior de residuos indeseables o peligrosos. El resultado de estos cambios es una minimización de los residuos y una menor exposición de los trabajadores a contaminantes producidos en el proceso manufacturero.
- b. Cambios de tecnología:** esto significa modificar sistemas obsoletos o costosos por tecnologías adecuadas donde la inversión es recuperada en el

corto plazo, por el ahorro de materias primas e insumos y/o mejoramiento de la productividad. Estos cambios generan beneficios ambientales debido a que el uso más eficiente de las materias primas e insumos tiene como consecuencia una disminución en la cantidad de residuos y vertimientos.

- c. Cambios en las prácticas de operación:** la aplicación de buenas prácticas de gestión de operaciones en la empresa se basa en la aplicación de una serie de procedimientos y/o políticas organizacionales y administrativas destinadas a mejorar y optimizar los procesos productivos y a promover la participación del personal en actividades destinadas a lograr la minimización de los residuos. Dentro de estas prácticas se incluyen las políticas de personal, como capacitación o uso de incentivos, las medidas de prevención de pérdidas y las mejoras en los procedimientos como la implantación de sistemas de documentación adecuados, la optimización del manejo y almacenamiento de materias primas, el control de inventarios y la programación de la producción, entre otros.

Es importante mencionar que en el desarrollo de este tipo de gestión se entrecruzan los principios desarrollados en las Normas ISO 9.000 (Aseguramiento de Calidad)<sup>8</sup> e ISO 14.000 (Gestión Ambiental).<sup>9,10</sup> Como ejemplos de buenas prácticas de operación se pueden mencionar las siguientes:

- Capacitación permanente del personal sobre condiciones del proceso, seguridad industrial, manejo de materiales y salud ocupacional.
- Uso de incentivos al personal, no sólo de tipo monetario. Los empleados se comprometen más con la aplicación de medidas de prevención si saben que obtendrán algún beneficio, directo o indirecto, o un reconocimiento por su desempeño.
- Desarrollo de manuales de operación y procedimientos, incluyendo desde listas de verificación o figuras de llamado de atención para los operarios, hasta manuales para el personal profesional, con el fin de clarificar y/o modificar operaciones del proceso para aumentar la eficiencia y controlar las pérdidas. En general este punto es uno de los más débiles dentro de las industrias.
- Optimización de operaciones de almacenamiento y manejo de materias primas, así como del control de inventarios. Mantenimiento de un stock mínimo de materiales, sobre todo si éstos son perecederos, para evitar pérdidas innecesarias. Uso de las materias primas e insumos en las cantidades exactas para cada trabajo. Evitar tránsito excesivo en las zonas de almacenamiento y producción.
- Optimización de los programas de producción y mantenimiento preventivo de los equipos, con el fin de evitar accidentes, escapes, derrames y/o falla de éstos. Ello incluye el chequeo y revisión de bombas, válvulas, empaques, estanques de retención, filtros, equipo de seguridad, entre otros.

- Control de calidad de materias primas en la recepción para verificar que cumplen las especificaciones requeridas. Esto incluye la calidad de los insumos y la exigencia de certificación de la calidad y devolución de los materiales si éstos no cumplen los requisitos establecidos.
- Desarrollar listas de programación para cada tipo de producto, con tiempos estimados de inicio y término de cada lote de producción, con el fin de controlar el inventario de las materias primas activas y mejorar la eficiencia de utilización de los equipos, para así lograr una adecuada cobertura de la demanda de los productos.

## Reutilización y reciclaje

Una vez agotadas todas las alternativas de reducción en el origen se debe poner atención a las posibilidades de reutilizar o reciclar materiales o insumos, dentro o fuera de la industria.<sup>4</sup> Esto permite reducir los volúmenes de residuos a ser dispuestos, transformándolos en un insumo más dentro del mismo proceso productivo, o en otro.

Aunque la reutilización y el reciclaje de residuos generalmente no son tan efectivos como la reducción en el origen, estas alternativas permiten reducir los volúmenes de residuos a ser dispuestos, transformándolos en un insumo más dentro del mismo proceso productivo o en otro, y pueden tener un retorno económico que puede exceder o no los costos involucrados. Aún cuando los retornos asociados directamente al reciclaje o reutilización sean inferiores a los costos, en el análisis económico se deben incluir los costos de manejo, tratamiento o disposición de residuos que estarían asociados a la alternativa de manejo tradicional de residuos. Cuando no es posible reutilizar o reciclar los residuos dentro de su lugar de origen, conviene agotar las posibilidades de que los residuos se conviertan en insumos para otra industria, para lo cual puede ser de gran ayuda la centralización de información en una bolsa de residuos.

## Tratamiento

Sólo al final del proceso, cuando ya no son posibles la reducción en el origen, ni el reciclaje o reutilización de materiales y se tienen problemas de descargas o emisiones que superan las normas aplicables, se debe considerar la opción de tratamiento y disposición de los residuos.<sup>4</sup>

Aparte de los usualmente altos costos asociados a los sistemas de tratamiento y la dificultad tecnológica por la inexistencia de procesos universales que sean capaces de remover cualquier tipo de residuo, estos sistemas son ambientalmente ineficientes, porque típicamente separan los contaminantes de un medio, por ejemplo el aire, agua o suelo, obligando a disponerlos en otro, pero sin que necesariamente se reduzca su presencia en términos netos. Por ejemplo la remoción de contaminantes gaseosos mediante un “scrubber” húmedo generará un residuo líquido que, si se somete a tratamiento, generará, a su vez un lodo o contaminante sólido, que eventualmente deberá ser dispuesto en el suelo, conteniendo los mismos contaminantes que fueron separados del medio gaseoso y que, potencialmente, pueden contaminar el agua.

## CONCLUSIÓN

La implementación de iniciativas en la aplicación de las tecnologías limpias en el marco del desarrollo sostenible y la disminución de los impactos negativos al ambiente, han generado cambios en la concepción, el desarrollo del pensamiento, el devenir y la planeación de los nuevos procesos productivos en la generación de bienes y servicios a nivel global. Dichas tecnologías buscan alcanzar el mejoramiento ambiental basado en principios básicos de la administración de los recursos económicos y productivos, con miras al incremento de la productividad y la competitividad en las diferentes áreas.

## REFERENCIAS

1. TAMAYO S., Carlos Mario. Evaluación de las necesidades, capacidades y perspectivas de producción mas limpia en Colombia. Ministerio del Medio Ambiente [online]. Bogotá : Ministerio del Medio Ambiente, s.f. 13 p. [Citado febrero de 2007]. Disponible en: [http://unfcc.int/files/documentation/workshops\\_documentation/application/pdf/colomcp.pdf](http://unfcc.int/files/documentation/workshops_documentation/application/pdf/colomcp.pdf)
2. CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Ahorro y uso eficiente del agua [online]. Medellín : CNPMLTA, 2004. 13p. [Citado febrero de 2007]. Disponible en: <http://www.cnpml.org/html/archivos/GuiasDocumentos/GuiasDocumentos-IDI.pdf>
3. MÁRQUEZ M., Ricardo León. Eficiencia térmica y energética [online]. s.l. : Centro Nacional de Producción Más Limpia, 2004. 22 p. [Citado febrero de 2007]. Disponible en: <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/catalogo/Catalogo%20ID33.pdf>
4. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, INDUSTRIA Y MEDIO AMBIENTE. Producción más Limpia: Un paquete de recursos de capacitación [online]. México : PNUMA, 1999. p.14. [Citado febrero de 2007]. Disponible en: <http://www.pnuma.org/industria/documentos/pmlcp01e.pdf>
5. CASTILLO G., Jorge. et al. Uso de Tecnologías Limpias: Experiencias Prácticas en Chile [online]. Chile : Ministerio de Economía. Proyecto Producción Limpia SEPL-GTZ, 2000. 41 p. [Citado febrero de 2007]. Disponible en: <http://www.pl.cl/patio/documentos/docus/u41/experiencias.pdf>
6. FIJAL, T. An environmental assessment method for cleaner production technologies. In: Journal of Clear Production. Vol. 15, No. 10 (2007); p. 914 – 919.
7. UNITED NATIONS. Agenda 21: Earth Summit - The United Nations Programme of Action from Rio. New york : United Nations, 1992. 294p.
8. FREIRE SANTOS, José Luis. La Nueva ISO 9000:2000.. Madrid : FC Editorial, 2001. 182 p.
9. ROBERTS, Hewitt. y ROBINSON, Gary. ISO 14001 EMS : manual de Sistema de Gestión Medioambiental. Madrid : Paraninfo, 1998. 425 p.
10. CLEMENTS, Richard B. Guía Completa de las Normas ISO 14000. Barcelona : Gestión 2000, 1995. 285 p.