



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Artículo Académico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

*Título: Nuevas tecnologías para una producción más limpia:
un estado del arte*

*Title: New Technologies for Cleaner Production: a State of
the art.*

Autor: Limber Marcelo Herrera Pazmiño

Director: Ing. Pablo Germán Parra Rosero Msc.

Guayaquil, Junio de 2017

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Yo, **Limber Marcelo Herrera Pazmiño**, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado “**Nuevas tecnologías para una producción más limpia: un estado del arte**”. Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Limber Marcelo Herrera Pazmiño

CI: 1206198853

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación titulado “**Nuevas tecnologías para una producción más limpia: un estado del arte**”, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

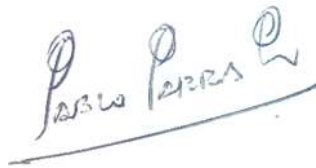
Limber Marcelo Herrera Pazmiño

CI: 1206198853

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación titulado “**Nuevas tecnologías para una producción más limpia: un estado del arte**”, desarrollado por el estudiante **Limber Marcelo Herrera Pazmiño** previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, a los 16 días del mes de Junio de 2017

A handwritten signature in blue ink, reading "Pablo German Parra Rosero", with a horizontal line underneath.

Ing. Pablo German Parra Rosero Msc.

Docente Director del Proyecto Técnico

NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA: UN ESTADO DEL ARTE

NEW TECHNOLOGIES FOR CLEANER PRODUCTION: A STATE OF THE ART

Pablo Parra-Rosero¹, Limber Herrera-Pazmiño²,

Resumen

Este trabajo trata sobre las diferentes investigaciones que se han realizado alrededor del mundo de las tecnologías, métodos y/o enfoques que se aplican para una producción más limpia, con la finalidad de buscar nuevas soluciones que permitan mitigar la contaminación ambiental generada por los diferentes tipos de procesos productivos. A la vez, se analiza y describe mediante la revisión bibliográfica como se ha originado el concepto de producción más limpia desde sus orígenes y como se va convirtiendo en el eje de un desarrollo sustentable en la actualidad desde el punto de vista ambiental y económico, se describe la problemática ambiental generada por los procesos industriales alrededor del mundo, y como en la actualidad se busca un desarrollo en conjunto entre los sistemas ecológicos naturales y las comunidades de plantas industriales. Se identifican tecnologías, métodos y/o enfoques que se utilizan en las industrias para generar una producción más limpia obteniendo a su vez también réditos económicos y sus campos de aplicación, se establecen cuáles son las fortalezas y debilidades al utilizar e implementar este tipo de tecnologías, métodos y/o enfoques en las diferentes industrias encaminadas a un desarrollo sostenible. Se concluye esta investigación con la descripción de los casos de aplicación de estas tecnologías tanto a nivel nacional como internacional.

Palabras Clave: Ecología, Medio ambiente, Producción más Limpia, Productividad.

Abstract

This research deals with the different investigations that have been carried out around the world of the technologies, methods and / or approaches that are applied for a cleaner production, in order to look for new solutions that allow mitigating the environmental pollution generated by the different types of productive processes. At the same time, it is analyzed and described through the bibliographic review as the origin of the concept of cleaner production since its origins and as it is becoming the axis of sustainable development at the present time from the environmental and economic point of view, Describes the environmental problems generated by industrial processes around the world, and as currently seeks a joint development between natural ecological systems and industrial plant communities. Technologies, methods and / or approaches that are used in the industries to generate cleaner production are identified, obtaining economic returns and their fields of application, establishing the strengths and weaknesses when using and implementing this type of technologies, Methods and / or approaches in the different industries aimed at sustainable development. We conclude this research with the description of the cases of application of these technologies both nationally and internationally

Keywords: Ecology, Environment, Cleaner Production, Productivity.

¹ Grupo De Investigación De Procesos Industriales (GIPI), Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador.
pparra@ups.edu.ec

² Carrera Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil - Ecuador.
lherrerap@est.ups.edu.ec.

1. Introducción

El presente trabajo desarrolla el estudio de las tecnologías para una producción más limpia con la finalidad de minimizar los efectos que la actividad industrial genera sobre el medio ambiente y la eficiente utilización de recursos naturales.

La filosofía de producción más limpia surge a partir de los años noventa como una alternativa para reducir las consecuencias del acelerado desarrollo industrial sobre el medio ambiente. Esta filosofía es una respuesta a las leyes que se establecieron en los años noventa en el imperioso desarrollo industrializado que se vivía en aquella época [1]. Esta legislación estableció los niveles tolerables para la generación de basura y las emisiones de gases tóxicos al medio ambiente durante los procesos industriales.

De esta forma, como consecuencia del surgimiento y evolución de diferentes conceptos y teorías desde los años 90 hasta la actualidad, surge la perspectiva de la Ecología Industrial. Esta perspectiva se establece como una alternativa bajo la cual, los procesos lineales de producción se transforman en cíclicos, de tal manera que los procesos productivos imitan el comportamiento de los ecosistemas de la naturaleza promoviendo el cierre del ciclo de materia [2], de tal manera que se garantiza el desarrollo sustentable [3] en cualquier nivel, relacionándose e impulsando las interacciones entre los diferentes sectores productivos relacionados con la economía, el medio ambiente y la sociedad [2]. Las diferentes opciones que se tienen para la programación y elección de procesos en donde se aplican nuevas tecnologías, permiten aumentar la eficiencia y reducen notablemente la falta de tecnologías que deben aplicarse al cierre o final de las líneas de producción o de los procesos productivos [4].

El gran deterioro ambiental que en la actualidad se presenta, es el resultado de las diferentes actividades industriales y del gran crecimiento de la población mundial en las últimas décadas, ante esta situación la actual sociedad se enfrenta a un escenario en donde se deben replantear o aplicar nuevas estrategias bajo una perspectiva del uso eficiente y eficaz de energía y los recursos naturales [2].

La gran trascendencia de la difícil problemática ambiental en los procedimientos de extracción de recursos y la transformación de las materias primas, sin objeción alguna, toma un gran valor dentro de nuevos sistemas o proyectos direccionados a preservar el desarrollo sustentable del medio ambiente y a su vez permitir el crecimiento de las economías [5].

En la actualidad la gran mayoría de las organizaciones y empresas alrededor de todo el mundo deben estar encaminadas a la introducción en sus procesos productivos existentes de nuevos sistemas integrados de gestión ambiental y planes de manejo que le permitan a la organización evaluar y mitigar de manera directa el nivel del impacto que se producen en los procesos productivos de sus organizaciones; de esta forma se da cumplimiento a las normativas constituidas en cada país [6].

El objetivo de esta investigación es identificar y valorar las tecnologías, métodos y/o enfoques más relevantes a nivel mundial aplicados a la industria, orientados a la obtención de una producción más limpia. Se plantea además, valorar las fortalezas y debilidades de la aplicación de estas tecnologías, métodos y/o enfoques y por último identificar futuras líneas de investigación hacia la obtención de producciones industriales más amigables con el medio ambiente.

Este trabajo investigativo, describe en su sección 2, los problemas ambientales que se han originado como consecuencia de los procesos de producción. En la sección 3 se definen los conceptos actuales de la ecología industrial, en la sección 4 se presentan las tecnologías, métodos y/o enfoques para una producción más limpia aplicadas en la actualidad. En el apartado número 5 se valoran las fortalezas y debilidades de la aplicación de estas nuevas estrategias, en la sección 6 se plantean algunos casos prácticos de la aplicación de estas metodologías en la industria ecuatoriana y en la última sección 7 se exponen las conclusiones de este trabajo.

2. Problemática ambiental

En la actualidad, el gran problema que están generando los seres humanos, son las consecuencias ambientales que se originan debido a la actividad de la industria a nivel mundial. Esta problemática puede ser prevenida o mitigada siempre y cuando las organizaciones hagan cambios en sus procesos productivos, orientados a cumplir con los requisitos esenciales para la preservación del medio ambiente. Además, en este sentido, deberían incorporarse un conjunto de lineamientos dentro de sus sistemas y procesos industriales [7]. Para lograr este propósito es primordial la implementación de un nuevo modelo, como lo es el proceso industrial sostenible, el cual fomentará el desarrollo de la responsabilidad y competitividad de las empresas [3].

De acuerdo a los análisis de la Organización de las Naciones Unidas [8] relacionados al daño ambiental generado alrededor del mundo, se estima que para el año 2050, si continúa el enfrentamiento producción-consumo versus el medio ambiente, la gran parte de la población mundial no podrá satisfacer sus necesidades [9]. 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 [10].

En la industria, la condición de sostenibilidad involucra la reconversión tecnológica para establecer los procesos de manera más eficiente en el uso de materiales, insumos y recursos naturales [9].

En la actualidad el incipiente desarrollo económico y el desarrollo demográfico, siguen constituyendo las matrices más importantes del desmesurado aumento de las emisiones de CO₂ [12], originadas por la incineración de los combustibles fósiles. Sin embargo el desarrollo industrial ha provocado la generación de un alto porcentaje de emisiones de estos gases como se muestra en la Figura 1.

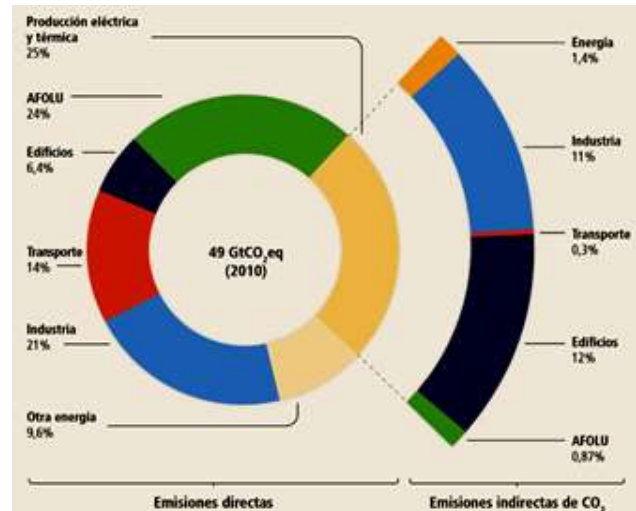


Figura 1. Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos [11]

Esta información indica que si no se plantean esfuerzos para reducir las emisiones de gases contaminantes en el mundo, se prevén diferentes escenarios perjudiciales para la sociedad y el mundo.

Se busca la aplicación de nuevas tecnologías que maximicen la eficiencia en la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y en el uso de las materias primas. Esta reducción debe permitir el reciclamiento y el reaprovechamiento de materias primas y productos. La disminución en la demanda tanto de productos como de servicios permitirá mitigar en un gran porcentaje el efecto que generan estos gases sobre el medio ambiente [11]. 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 [10].

3. Ecología industrial

Desde la década de los noventa hasta la actualidad, la definición de Ecología Industrial se ha afianzado tomando en cuenta a los sectores que permiten el desarrollo sustentable [2]. En la Figura 2, se muestra la evolución de los conceptos

surgidos anteriormente hasta la concepción de la Ecología Industrial como la perspectiva que en la actualidad se aborda y destaca el valor que tiene la sustentabilidad.

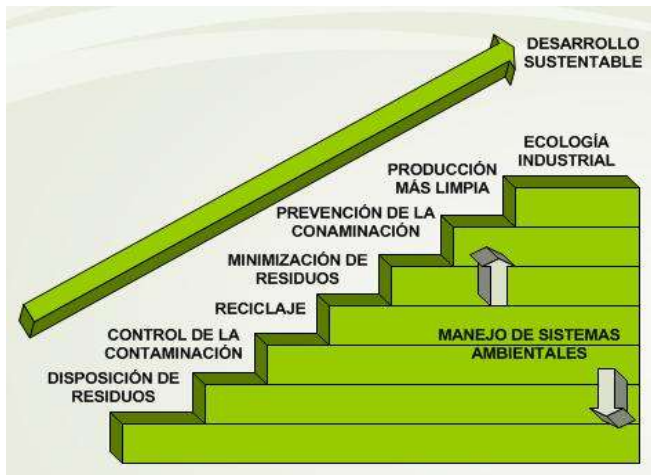


Figura 2. Evolución de los conceptos de la Ecología Industrial [2].

La ecología industrial establece una similitud entre los sistemas ecológicos naturales y la sociedad de plantas industriales, es decir a todas las infraestructuras o las instalaciones de equipos industriales. Como en un ecosistema biológico, en un ecosistema industrial cada sistema o proceso deber ser contemplado como una pieza dependiente e interconectada de un sistema o proceso mayor [13].

La ecología industrial busca la posibilidad de establecer nuevas interrelaciones entre las empresas, como el fruto de establecer modificaciones en las actividades industriales y respondiendo así al conocimiento y normativas sobre sus impactos ambientales [14]. El principal objetivo que se plantea al momento de establecer estas relaciones entre industrias es el de optimizar el flujo de los recursos utilizados, encaminados a cerrar el ciclo de materia y, por ende, llegar a obtener un nivel cero de residuos [15].

Esto se lo puede conseguir usando los residuos que genera una industria como materia prima para otras industrias, como sucede en los ecosistemas naturales [16].

4. Tecnologías, métodos y/o enfoques para una producción más limpia

Las tecnologías que se aplican en la actualidad en los procesos de producción son el resultado de gran cantidad de investigaciones y experimentos que se han desarrollado en la últimas décadas alrededor de todo el planeta que influyen en un marco holístico en el mundo [17].

4.1. Metabolismo industrial

Se describe el Metabolismo Industrial como el proceso en que los materiales o materias primas y la energía que se utilizan en los sistemas o procesos productivos fluyen a través de los sistemas industriales, desde la fuente, hasta su disposición final [15]. Esta filosofía surge de una comparación con el metabolismo de los sistemas naturales, donde los flujos de energía y materiales son cerrados, permaneciendo en un reciclaje constante [18]. Por lo tanto el mayor objetivo del metabolismo industrial es el de minimizar el flujo de la materia prima en forma de residuo, mientras se maximiza el flujo interno de los materiales dentro del sistema productivo [19].

La aplicación de esta filosofía no solo se basa en el flujo de materiales en los procesos, sino también en que se pueden utilizar para la energía y el agua [15].

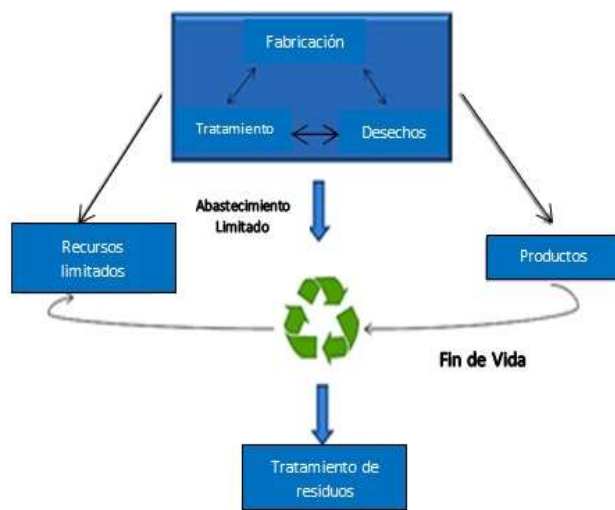


Figura 3. Modelo de un ciclo de metabolismo industrial [20].

4.2. Logística reversa

Es una estrategia que tiene como finalidad, plantear, implementar y controlar el flujo eficiente y el costo efectivo de las materias primas, productos en proceso, productos terminados, empaques, productos defectuosos, etc, hasta la disposición adecuada de los mismos. [21]. La logística reversa se incluye dentro de la perspectiva de la cadena de suministro de ciclo cerrado [22], cuya función principal es la del diseño, operación y control de un procedimiento o sistema para aumentar la productividad en la creación de valor, tomando en cuenta el ciclo de vida del producto, por medio de su reutilización o aprovechamiento de distintos tipos y volúmenes de materiales durante un periodo de tiempo. Esta estrategia se puntualiza esencialmente como un método-herramienta para la administración de los materiales y residuos al final de su ciclo de vida en numerosas industrias a nivel mundial [21]. En la Tabla 1 se muestran los sectores en donde se aplica la logística reversa a nivel global.

Tabla 1: Aplicación de la logística reversa por sector y región [21]

Residuos Sólidos	Autores	Región
Aluminio	Logozar, Radonjic y Bastic (2006)	Eslovenia
Envases y empaques de vidrio	González-Torre, Adenso-Díaz y Artiba (2004)	España
Aparatos electrónicos	Achillas <i>et al.</i> , (2010)	Grecia
Aparatos electrónicos	Andiç, Yurt y Baltacioğlu (2012)	Turquía
Azúcar	Zhu y Cote (2004)	China
Papel	Pati, Vrat y Kumar (2008)	India
Automóviles	Seitz y Wells (2006); Kumar y Putnam (2008)	India
Electrodomésticos y aparatos electrónicos	Kumar y Putnam (2008)	Estados Unidos
Automóviles	Cruz-Rivera y Ertel (2009)	México
Residuos municipales	Fehr y Santos (2009) Zhang, Huang y He (2011)	Brasil
Construcción	Nunes, Mahler y Valle (2009)	Brasil
Baterías	Hojas, de Castro, Gomes y Gobbo (2010)	Brasil

Dentro de la logística reversa también existen riesgos en su utilización, sin embargo la incertidumbre es un factor crítico, porque en contraste a la logística directa es incierto el suministro del material, así como la demanda, la calidad y la periodicidad de llegada a los centros o áreas de procesamiento de los materiales [23]. Como la incertidumbre es uno de los factores a considerar, la logística de reversa se sustenta en la Investigación de Operaciones, la misma que de acuerdo a su funcionalidad se encarga de la creación y desarrollo de diversos modelos de optimización que permitan cumplir los objetivos propuestos del negocio [22].

Otro de los aspectos muy importantes dentro de la logística de reversa viene dado por las fases de vida del producto, debido a que de acuerdo a la fase en la que se sitúe el producto dentro de su ciclo de vida, éste retorna al proceso, de esta manera se realizarán las actividades que estarán asociadas a la gestión de estos productos [21].

Aunque la logística reversa se basa en gran parte a la gestión de los Residuos Sólidos en cualquier etapa del ciclo del vida de los mismos, un gran número de investigaciones hacen referencia y promueven la utilización de los métodos de la Logística Reversa al final de las etapas de vida del producto para poder hacer frente a las existentes y nuevas regulaciones ambientales que se están aplicando alrededor del mundo, como parte del compromiso de los países en los acuerdos internacionales sobre el medio ambiente [24] y la ocasión de poder recuperar valor en los residuos luego de su consumo o utilización. Ejemplos de esto se puede observar con los objetos electrónicos, neumáticos y vehículos. Esto permite a la Logística Reversa administrar los diversos residuos que se originan en las diferentes fases del ciclo de vida del producto; se pueden reutilizar estos residuos, de tal manera que sirvan como un alternativa de suministro de materiales que son costosos y que originan que se utilice de manera constante recursos como la energía eléctrica y el agua, para su proceso de gestión o procesamiento. Un claro ejemplo de este sistema de reutilización de residuos es el aluminio, cuyos residuos se los

aprovecha para la fabricación y producción de láminas de aluminio [25].

En varios países alrededor del mundo esta filosofía de logística reversa está siendo utilizada en los procesos productivos de las empresas, como por ejemplo en Colombia, que no es solo una iniciativa por parte de las empresas sino que dentro de su legislación, se han establecido reglamentos y normas que se deben de cumplir para la utilización de insumos y materias primas más baratos y amigables con el medio ambiente. Mediante estas normativas se va adoptando de manera paulatina un perfil de conciencia ambiental por parte de las industrias, a medida que se establece el cumplimiento de las leyes [21].

4.3. Procesos bioquímicos

En la actualidad, esta metodología de producción más limpia ha cobrado mucha importancia, prueba de ello son las diferentes investigaciones y experimentos que se han realizado en diferentes procesos productivos como son en los procesos farmacéuticos [26], procesos alimenticios [27], procesos de construcción [28] y procesos agrícolas [29].

Estos procesos continuos permiten a las empresas, no solo obtener una ventaja económica sobre sus competidores debido a la reutilización de muchos de sus residuos generados en los procesos de producción, sino también obtener ventajas ecológicas muy notables [26]. Esta idea puede verse aplicada en los procesos alimenticios, por ejemplo, mediante la reutilización y el tratamiento de los residuos que se originan en los procesos productivos de una empresa láctea, en donde los residuos pasan por una etapa de separación. Este proceso debe impedir, tanto la abolición de los residuos con la inserción de líquidos, como su mezcla; esto provoca que el tratamiento de cada tipo de residuo no sea el adecuado [30].

En la construcción, la aplicación de estrategias amigables con el medio ambiente permitirá respaldar la minimización de los impactos que se generan tanto en los procesos de construcción como en la gestión de operación u ocupación de los edificios. Los términos de

reducir, conservar y mantener son considerados dentro de las perspectivas de una construcción sostenible. La construcción de este tipo de edificios, aplicando estas estrategias sostenibles, genera no solo beneficios medio ambientales sino que también réditos económicos [28].

La industria de los alimentos constituye uno de los sectores más productivos en términos económicos, sin embargo es la que genera un mayor impacto sobre el medio ambiente, tanto por sus sistemas de procesos productivos como también por la gran variedad de productos alimenticios que se ofertan en el mercado. En este sector, se emplean bacterias de fermentación en los procesos de tratamiento de residuos y también en los procesos de elaboración de los productos; mediante estas bacterias se minimiza la utilización de procedimientos químicos que ocasionan altos costos a la empresa y a su vez son muy contaminantes. Se pueden utilizar técnicas de fermentación en el manejo de los desechos antes de su disposición final [27].

En el sector de la agricultura se emplea la biorremediación, la cual consiste en un procedimiento de mineralización, también conocido como composteo. Este procedimiento se utiliza para estabilizar los lodos residuales y así poder obtener el humus como producto; dicho humus funciona como enriquecedor de las características físicas del suelo. Como resultado de todo este proceso bioquímico se logra obtener un suelo con buenas características físicas y sin contaminante alguno, por lo que dicho suelo está apto para utilizarse en cualquier actividad agrícola [28].

Todos estos procesos forman parte de diferentes estudios y experimentos que se han desarrollado con la finalidad de contribuir con el desarrollo sostenible sustentable.

5. Fortalezas y debilidades de las tecnologías, métodos y/o enfoques para una producción más limpia

La aplicación de las diferentes estrategias encaminadas a una producción más limpia presenta aspectos positivos y negativos a la vez,

estos aspectos van a depender del punto de vista considerado. La implementación de estas estrategias pueden mejorar o minimizar los diferentes inconvenientes al interior de las empresas y en los diferentes procesos productivos paralelamente, sin embargo esto se dará en forma progresiva [31]. Entre las ventajas importantes que se generan en la aplicación de estas estrategias se cita:

- Minimización en la utilización de materias primas.
- Minimización en el consumo de energía (electricidad, combustible, etc.).
- Reducción en la utilización del agua.
- Minimización en las pérdidas de materiales.
- Disminución de fallas en los equipos y maquinarias.
- Disminución de accidentes en maquinarias.
- Mejora en la planificación y gestión de los sistemas de procesos.
- Ingreso económico adicional, como resultado de la recuperación y venta de productos.
- Minimización en los costos de manejo y/o disposición final de los residuos generados en los procesos.
- Merma de costos en las operaciones de la planta de manejo de residuos.
- Ahorro en costos legales asociados al pago de multas por problemas ambientales y de seguridad.
- Se crea una sobresaliente imagen ambiental.
- Permite el acceso a mercados con sensibilidad ambiental o a su vez, tener una menor probabilidad de perder un mercado por problemas ambientales.
- Disminución de los índices de productos con defectos.

De igual manera la implementación de estas estrategias pueden ocasionar graves conflictos dentro de las empresas y de manera simultánea en los procesos productivos:

- Comprende significativos cambios en los productos o servicios y cambios en los procesos productivos.
- Implica cambios en la utilización de insumos y materias primas.
- Aumento de costos en la implementación de nuevas tecnologías para el control de los procesos.

- Engrandecimiento de las instalaciones de la empresa lo que genera costos.
- Capacitación del personal de la empresa o el ingreso de personal capacitado generando nuevos costos.
- Falta de conciencia ambiental por partes de los gerentes.
- Poca adaptación de tecnología a las necesidades y circunstancias actuales.

6. Casos de aplicación

A continuación se presenta la aplicación de estas tecnologías para una producción más limpia a nivel nacional e internacional analizando los beneficios obtenidos:

6.1. Panorama internacional

Las grandes empresas a nivel internacional son sin duda un ejemplo y referencia en la aplicación y usos de tecnologías, métodos y/o enfoques con respecto a muchas empresas del Ecuador. El sector vitivinícola en México es un claro ejemplo que aplicando estrategias encaminadas a una producción más limpia, se obtienen beneficios no solo ambientales sino también económicos, ya que esta industria genera anualmente alrededor de 4232,00 millones de pesos, es decir \$225'229.472 millones de dólares americanos [32]. En la Figura 4 se observa la comparación de los residuos que se generan el proceso de viticultura y en empresas convencionales donde no se aplican ninguna estrategia sostenible, la comparación se realizó en base a visitas a las empresas que aplican tecnologías, métodos y/o enfoques para una producción más limpia [33].

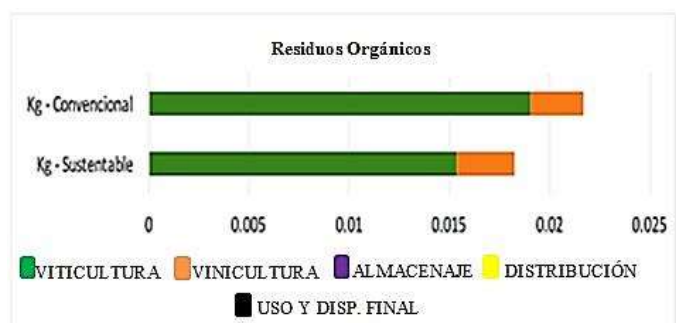


Figura 4. Residuos orgánicos generados por la industria de viticultura [33].

Los residuos orgánicos generados en el proceso de viticultura convencional, es decir sin ninguna estrategia encaminada a una producción más limpia son mayores, comparados a los procesos sustentables de fabricación del vino, por consiguiente es notoria la diferencia cuando se aplica estrategias que mejoran la productividad de los procesos y a su vez disminuyen la generación de residuos.

6.1. Panorama nacional

La logística reversa en la industria ecuatoriana es poco utilizada, sin embargo a nivel mundial grandes empresas han integrado a sus actividades empresariales este tipo de estrategia que les han permitido obtener grandes beneficios no solo en términos económicos sino también en términos organizativos y de gestión de calidad ambiental [21].

Una de las empresas que aplica la logística reversa es Omnilife Del Ecuador S.A. Esta es una empresa dedicada a la comercialización de suplementos nutricionales y productos cosméticos producidos por el Grupo Omnilife Chivas, con sede en México [34]. Mediante la recuperación y la reutilización de sus productos no conformes, le ha permitido aumentar su competitividad en términos de mejora de manejo de inventarios y reducción de costos dentro de sus operaciones productivas como se muestra en la Tabla 2, a su vez le ha permitido reducir la utilización de materias primas, lo cual beneficia al medio ambiente [35].

Tabla 2: Reducción de costos en productos no conformes [35]

SEMESTRE	PRODUCTO NO CONFORME	COSTO
Noviembre de 2014 – Abril de 2015	Nutricional y Cosmético	\$94 140.85
Mayo de 2015 – Noviembre de 2015	Nutricional y Cosmético	\$19.188.31

En la Tabla 2 se muestra la situación de la empresa antes de la utilización de la estrategia de logística reversa comprendida entre los meses de noviembre de 2014 y abril de 2015 y luego de la aplicación de esta estrategia durante los meses de

mayo y noviembre de 2015 los costos se reducen en un 79,62% denotando así la eficiencia en cuanto a costos de la implementación de la logística reversa.

Los procesos bioquímicos encaminados a una producción más limpia van a depender del tipo de industria o proceso que se utilice, este es el caso del proceso de tinturado implementado en la industria “Textiles María Belén”, ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, en donde, mediante la disminución de químicos logran la reducción de costos en sus procesos y mejoran la productividad. También se han implementado dispositivos de medición que permitan tener un mejor control sobre cada etapa de los procesos de tinturado que se realiza a lo largo de toda su cadena de producción. [36]

En la figura 5 se muestra la situación actual de la empresa, antes de la disminución de químicos en sus procesos de producción y la situación que se proyecta en base a la disminución de químicos en busca de una producción más limpia en sus procesos. Se puede constatar que existe una disminución en costos anuales en aproximadamente \$6443.02. Esto ratifica, una vez más, que con la utilización e implementación de estrategias encaminadas a una producción más limpia, no solo se obtienen beneficios para el medio ambiente sino también para la empresa.

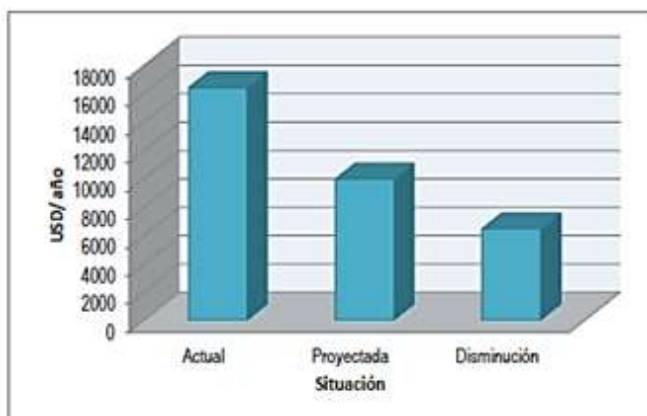


Figura 5. Comparación de costos de químicos [36].

ENVAGRIF C.A es una empresa que se encarga a la producción de productos alimenticios [37] que mediante proyectos de instalación de

nueva tecnologías y la utilización de otras materias primas logró tener un sistema productivo menos contaminante hacia el ambiente y, a su vez, obtuvo réditos económicos y productivos. Prueba de ello es que se logró pasar de 75 unidades por horas-hombres a 600 unidades por horas-hombre [38]. En la Tabla 3 muestra el antes y después de la aplicación de una producción más limpia en términos económicos.

Tabla 3: Evaluación económica [38]

*Costo del Cambio	
Adecuaciones de la máquina	\$ 2.500,00
*Costo operacional antes de la P+L	
Materia Prima (61 224 kg Guanábana y 41 190 kg Mora, 0,7 \$/ kg promedio)	\$ 71.690,00
Gastos de Fabricación (Se considera el consumo de diésel, electricidad y otros)	\$ 1.601,00
Mano de obra directa (22 personas por día, 48 días de producción por año a 8 \$/d)	\$ 8.448,00
Gastos Administrativos y de Ventas	\$ 43.200,00
Total	\$ 124.939,00
*Ingreso por la Venta de las Unidades Producidas	
Ventas (3 000 unid/día*1,07 \$)	\$ 154.080,00
*Costo operacional después de la P+L	
Materia Prima (195 918 kg Guanábana y 131808 kg Mora, 0,7 \$/ kg promedio)	\$ 229.690,00
Gastos de Fabricación (Se considera el consumo de diésel, electricidad y otros)	\$ 34.573,00
Mano de obra directa (67 personas por día, 48 días de producción por año a 8 \$/d)	\$ 25.728,00
Gastos Administrativos y de Ventas	\$ 138.240,00
Total	\$ 427.949,00
*Ingreso por la Venta de las Unidades Producidas	
Ventas (48 días*9 600 unid/día*1,07 \$/unid.)	\$ 493.056,00
Total	\$ 493.056,00
*Beneficio económico	
Total	\$/año 33.466

Como se muestra en la Tabla 3 el beneficio total que le queda a la empresa es de \$33.466

debido a la implementación de una producción más limpia.

7. Conclusiones

Con este trabajo investigativo se ha logrado identificar y valorar las tecnologías, métodos y/o enfoques más relevantes a nivel mundial, aplicados en la industria, orientados a la obtención de una producción más limpia.

Se ha logrado constatar que la adecuada gestión ambiental enfocada al cuidado del medio ambiente por parte de las empresas se ha establecido como un factor esencial de la competitividad y desarrollo de las empresas en las diferentes regiones y países alrededor de todo el mundo.

Se han podido determinar las diferentes estrategias y métodos que permiten ser más amigables con el medio ambiente como son el metabolismo industrial, la logística reversa y los procesos bioquímicos; en torno a ello se han descrito las fortalezas y debilidades de la aplicación de estas metodologías.

Se puede afirmar que estas tecnologías, métodos y/o enfoques en el marco del desarrollo sostenible y la mitigación de los impactos negativos al ambiente, han generado resultados en el cambio de la concepción, el desarrollo del pensamiento y la planeación de los nuevos procesos productivos en la generación de bienes y servicios a nivel de todo el mundo.

La eficiencia y la eficacia de la Logística Reversa denota que esta estrategia es la más óptima y que es aplicable en la industria ecuatoriana de acuerdo a la revisión que se realizó, sin embargo va a depender del nivel de compromiso de las empresas encaminadas al cuidado del medio ambiente, por lo que es necesario en el Ecuador y los demás países del mundo establezcan normativas que permita estimular la aplicación de estas estrategias. Se debe fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico al servicio de la conciencia ambiental.

Las diferentes investigaciones realizadas alrededor del todo el mundo manifiestan cómo la producción más limpia se implanta como una

estrategia preventiva y de mitigación orientada a la optimización de un subsistema, evolucionando hacia una estrategia integral de producción, consumo, comercio, y desarrollo.

Las tecnologías, métodos y/o enfoques de la gestión ambiental en general y específicamente de las estrategias de producción más limpia constituyen un gran impacto en la economía mundial.

8. Recomendaciones

En el Ecuador existe poca implementación de estrategias encaminadas a la producción más limpia, siendo el principal problema, no la falta de recursos sino la falta de una conciencia ambiental por parte de las empresas.

Todas estas tecnologías, métodos y/o enfoques están encaminados hacia un desarrollo productivo más ecológico, fomentando el cuidado, preservación del medio ambiente y a su vez, presenta un gran desafío hacia nuevas líneas de investigación encaminadas a la obtención de producciones industriales sostenibles.

Se recomienda para futuras investigaciones realizar encuestas y observaciones de campo para obtener datos primarios más específicos de las industrias del sector local. Además se pueden desarrollar proyectos de investigación e implementación basados en la logística reversa para determinar el nivel de aplicabilidad y fiabilidad que existe dentro de las industrias ecuatorianas y a su vez, determinar ventajas más específicas de esta metodología en términos ambientales.

9. Referencias

- [1] Hans Dieleman, “CLEANER PRODUCTION AND INNOVATION THEORY. SOCIAL EXPERIMENTS AS A NEW MODEL TO ENGAGE IN CLEANER PRODUCTION” Paper, 2007
- [2] Cervantes Torre-Marín G, Sosa Granados R, Rodríguez Herrera G, y Robles Martínez F “Ecología industrial y desarrollo sustentable” Paper, 2009.
- [3] Alcides Antúnez Sánchez, “La Auditoría Ambiental, la Empresa Amigable con el Ambiente y el Desarrollo Sostenible”, Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana, 2015.
- [4] BUSTOS FLORES CARLOS ENRIQUE, CHACÓN PARRA GALIA BEATRIZ, “La estrategia de producción del sector industrial”. Revista Sapienza Organizacional, 2015
- [5] Sebastián Gutiérrez Flórez, Juan Felipe Gil Calero, Carlos Federico Álvarez Hincapié “Implementación de un plan integral de residuos sólidos generados en el proceso de producción en una industria alimenticia de salsas y conservas de piña” Revista Producción + Limpia, 2009.
- [6] Basu A., Dirk J. “Industrial Ecology Framework for Achieving Cleaner Production in the Mining and Minerals Industry”, Journal of Cleaner Production, 2006
- [7] Jorge Loayza Pérez, Vicky Silva Meza, “Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales”, Redalyc 2013.
- [8] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [online] Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo. Disponible en: http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf. 2015
- [9] Carlos Eduardo Fúquene Retamoso, “Producción Limpia, Contaminación y gestión Ambiental” 1ra Edición, Editorial Javeriana, 2007 pp.17
- [10] Joan Amir Arroyave Rojas, Luís Fernando Garcés Giraldo, “Tecnologías ambientalmente sostenibles” Revista Producción + Limpia, 2007
- [11] PCC, 2014: Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático.

- Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- [12] El blog verde [online]. “Efecto invernadero y calentamiento global: Definición”. Disponible en: www.elblogverde.com/efecto-invernadero-y-calentamiento-global. 2015
- [13] Considine Timothy [online]. Ecología Industrial. Pennsylvania State University. Estados Unidos. Disponible en: www.mideplan.go.cr/sinades/PUBLICACIONES. 2009.
- [14] Spiro Thomas G., Stigliani William M. (2012). Química Medioambiental. 2.ª ed. Pearson Educación S.A. Madrid
- [15] María Isabel Agudelo Guinand, “Aplicaciones de ecología industrial en la gestión integral de residuos peligrosos” Tesis de Maestría, Máster Universitario en Sostenibilidad, Universidad Politécnica De Catalunya, UPC, España, 2013
- [16] Castells, Xavier Elías, “Tratamiento y valorización energética de residuos” Ediciones Díaz Santos, España. 2009
- [17] Bart Van Hoof, Carlos Manuel Herrera, “La evolución u el futuro de la producción más limpia en Colombia” Revista de ingeniería. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. 2007
- [18] IDEAM [online] Informe Nacional Generación y Manejo de residuos peligrosos en Colombia. Disponible en: [www.andi.com.co/archivos/file/Vicepresidencia%20Desarrollo%20Sostenible/2013/Informe Nacionalresiduos peligrosos2011.pdf](http://www.andi.com.co/archivos/file/Vicepresidencia%20Desarrollo%20Sostenible/2013/Informe%20Nacionalresiduos peligrosos2011.pdf). 2011
- [19] Lowe E., Moran S., y Warren J., “Discovering Industrial Ecology: An executive briefing and sourcebook. Columbus. USA. 2006
- [20] Banasqualidade [online] Projetando a gestao ambiental para a sustentabilidade. Revista BA. Disponible en: [www.banasqualidade.com.br/2012/portal/conteudo.asp?codigo=10436&secao=Revista %20BA](http://www.banasqualidade.com.br/2012/portal/conteudo.asp?codigo=10436&secao=Revista%20BA). 2012
- [21] Claudia Peña, Patricia Torres, Carlos Vidal, Luis Marmolejo. “La logística de reversa y su relación con la Gestión Integral y Sostenible de Residuos Sólidos en Sectores Productivos”. Revista Unilibre Cali. Ingeniería Ambiental. Colombia. 2013
- [22] GUIDE, V. D. R. y VAN WASENHOF, L. N. The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. En: Operations Research, Vol. 57, No. 1, (2009), p.10-18
- [23] BEULLENS, P. Reverse logistics in effective recovery of products from waste materials. En: Reviews in Environmental Science and Biotechnology, Vol. 3, No. 4, (2004), p.283-306
- [24] Consejo de La Unión Europea [online], Acuerdos internacionales sobre actuación en materia climática. Disponible en: www.consilium.europa.eu/es/politicas/climate-change/international-agreements-climate-action/. 2016
- [25] LOGOZAR, K., RADONJIC, G. y BASTIC, M. Incorporation of reverse logistics model into in-plant recycling process: A case of aluminium industry. En: Resources, Conservation and Recycling, p.49-67. 2006
- [26] Margarita Jiménez Díaz, Angélica Amórtegui, “Producción más limpia en la industria farmacéutica” Revista Producción más Limpia. 2007
- [27] Mauricio Restrepo Gallego, “Producción más limpia en la industria alimentaria,” Revista Producción más Limpia. 2006
- [28] Lina Varón Jiménez, Diana Sierra Tobón, Leidi Bedoya, “Indural: un aporte significativo a la producción más limpia y la construcción sostenible”, Revista Producción

- más Limpia, Universidad Lasallista, Colombia.2011
- [29] Adriana MARTÍNEZ PRADO, Ma. Elena PÉREZ LÓPEZ, Joaquín PINTO ESPINOZA, Blanca Amelia GURROLA NEVÁREZ y Ana Lilia OSORIO-RODRÍGUEZ, “Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes”, Revista internacional de contaminación ambiental, vol.27 no.3 México. 2011
- [30] Jannet Garzón Benavides, Johanna López Morán, ”Análisis de una alternativa de producción más limpia que permita aprovechar los residuos grasos que generan los procesos de pasteurización y enfriamiento de la leche en la empresa Friesland Lácteos Purace de san Juan De Pasto”, Universidad Tecnológica de Pereira, Proyecto de investigación presentado como requisito para optar el título de Especialista en Gestión Local,2008
- [31] María Gómez Gallo, Luz Florez López, Raúl Cardona Pareja, Carolina Cano, Daniel Villa Vélez y Mario Rendón González, “Producción más limpia en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia)”, Revista Producción + Limpia, Universidad de Antioquia, Colombia. 2006
- [32] John Deere [online], La Vitivinicultura en México. Disponible en: https://www.deere.com.mx/es_MX/our_company/news_and_media/press_releases/2016/a_pr/john-deere-la-vitivinicultura.page
- [33] Marvin Addiel Góngora Rosado, “Propuestas de prácticas sustentables en la Industria vitivinícola de Baja California, México”, Tesis para obtener el grado de Maestro en administración integral del ambiente. Colegio de la Frontera Norte, México. 2016
- [34] Omnilife [online], Somos Omnilife. Disponible en: <https://www.omnilife.com/somos-omnilife/>. 2017
- [35] Gisela Nataly Medina Vargas, “Incremento de la productividad del área de logística de la empresa Omnilife del ecuador s.a., mediante el desarrollo, implementación y validación de un modelo de gestión basado en logística reversa”, Tesis previa a la obtención de grado de máster (msc.) en ingeniería industrial y productividad, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.2016
- [36] Sofía Johanna Morillo Chandi, “Propuesta de producción más limpia (p+l) en el proceso de tinturado, en la industria “textiles maría belén” ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniera Ambiental Grado Académico de Tercer Nivel de formación, Universidad Central del Ecuador, Ecuador. 2012
- [37] Envagrif [online] Nosotros. Disponible en: http://www.envagrif.com/nosot_esp.htm.
- [38] Luis Antonio Luzuriaga Robalino, “Plan de implementación de producción más limpia en la empresa ENVAGRIF C.A.”, Proyecto previo a la obtención del título de Especialista en Producción más Limpia, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. 2011