

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Dirección de Proyectos  
Informe final de proyecto de investigación y Extensión

# “Hacia Una Producción más Limpia en Latinoamérica a través de la integración de Educación Ambiental, Ingeniería y Administración de Negocios”

Escuela de Química  
Escuela de Ingeniería en Producción Industrial  
Escuela de Administración de Empresas  
Escuela de Agronegocios

Floria Roa Gutierrez, Ph.D. Coordinadora  
M.Sc. Ana Lorena Arias Zúñiga  
M.Sc. Natalia Robles Obando  
M.Eng. Juan José Valerio Vindas  
M.Ed. Randall Cháves Abarca  
MBA. William Jaubert Solano  
5-4-2016

## Contenido

Información General del Proyecto.....	2
1. Resumen.....	2
2. Palabras clave.....	3
3. Introducción .....	3
4. Metodología .....	6
5. Resultados .....	8
6. Discusión y conclusiones .....	8
7. Recomendaciones.....	8
8. Agradecimientos (opcional) .....	8
9. Referencias.....	9

## **Información General del Proyecto**

### **Código del Proyecto**

FUNDATEC 01-177-01

### **Título del proyecto:**

“Hacia Una Producción más Limpia en Latinoamérica a través de la integración de Educación Ambiental, Ingeniería y Administración de Negocios”

### **Investigador coordinador**

- Floria Roa Gutiérrez, Ph.D. (2 h/sem VIE+2 h/sem Doc) [froa@itcr.ac.cr](mailto:froa@itcr.ac.cr)

### **Investigadores colaboradores**

- Ing. Ana Lorena Arias Zúñiga (Escuela de Química, 8 h/sem VIE)  
[ana.lorena@itcr.ac.cr](mailto:ana.lorena@itcr.ac.cr)
- Ing. Natalia Robles Obando (Escuela Ing. en Producción Industrial 8 h VIE)  
[nrobles@itcr.ac.cr](mailto:nrobles@itcr.ac.cr)
- Ing. Juan José Valerio Vindas (Escuela Ing. en Producción Industrial 8 h VIE)  
[juvalerio@itcr.ac.cr](mailto:juvalerio@itcr.ac.cr)
- Ing. Randall Cháves Abarca (Escuela en Agronegocios 4 h VIE)  
[rchaves@itcr.ac.cr](mailto:rchaves@itcr.ac.cr)
- MBA. William Jaubert Solano (Escuela de Administración de Empresas 4 h VIE)  
[wjaubert@itcr.ac.cr](mailto:wjaubert@itcr.ac.cr)

## **1. Resumen**

La industrialización en Latinoamérica ha incrementado los niveles de contaminación industrial y el agotamiento de los recursos así como la exposición humana a sustancias tóxicas. Con la proyección de crecimiento económica para los próximos años en el hemisferio, estos impactos negativos parecen empeorar, a menos que se desarrollen intervenciones efectivas. La Producción más Limpia (P+L) ha venido a promover alrededor del mundo una estrategia para ayudar a las industrias a disminuir el impacto ambiental y los costos, al mismo tiempo que mejora la eficiencia y la productividad. Aunque desde hace cerca de dos décadas se ha promocionado la P+L y el establecimiento de Centros de Producción más Limpia (CP+L), las pequeñas empresas en Latinoamérica todavía carecen de conocimientos, recurso humano y financiero para implementar completamente tales estrategias. Este proyecto de tres años tiene como objetivo un nuevo enfoque para promocionar y facilitar el desarrollo industrial sostenible en América Latina con la creación de centros regionales capacitados mediante la educación superior y no formal, para el desarrollo e implementación de las mejores prácticas de Producción Más Limpia (P+L), hacia la mejora continua en la eficiencia de los recursos y la reducción de desechos en los procesos operativo, como primer paso hacia un desarrollo industrial sostenible. La introducción de variadas temáticas de P+L en la curricula universitaria y la introducción de experiencias prácticas de estudiantes y académicos permitió permear sosteniblemente la estrategia en PYMES de la región. La continua interacción e intercambio de experiencias entre las universidades socias de este proyecto, logró aumentar las capacidades para mejorar

la eficiencia de los recursos y la productividad mejorando también los procesos de aprendizaje en las universidades. . Uno de los mayores logros a nivel institucional fue la constitución de un grupo multidisciplinario que ha experimentado la P+L desde cada una de las disciplinas y con el interés de continuar el desarrollo de la P+L en colaboración las PYMES.

### **Abstract**

Industrialization in Latin America has increased the levels of industrial pollution and resource depletion as well as human exposure to harmful substances. With steady projected economic growth in the coming years across the hemisphere, these negative impacts are likely to worsen, unless effective interventions are developed and implemented. Cleaner Production (CP) has been promoted around the world as a strategy to help industries decrease their environmental impacts and cost, while improving efficiency and productivity. Despite nearly two decades of CP promotion and the establishment of UN-sponsored National Cleaner Production Centers (NCPC) through the region, smaller enterprises in Latin America still lack the knowledge, human and financial resources to fully implement such strategies. In this three-year Project, we aim to promote and facilitate sustainable industrial development throughout the Americas by creating regional centers of excellence for education, development and implementation of best practices for Cleaner Production (CP) and sustainable development. By introducing CP related topics in higher education curricula, especially efforts for the introduction of practical experiences from students and academic staff, which allowed Small and Medium Enterprises (SMEs) to learn about CP strategy and improve their efficiencies in a sustainable way. Through a continuous interaction and experiences exchange from the partner institutions, a higher capacity on CP was achieved. Therefore, this project created a new way to build capacity to improve SMEs resources efficiencies and their productivity, while executing the learning processes in universities. One of the major achievements in this project was the consolidation of a multidisciplinary team willing to continue developing CP capacities through joint efforts with SMEs.

### **2. Palabras clave**

Producción más limpia, sistemas de gestión ambiental, desarrollo sostenible, educación superior

Cleaner Production, Environmental Management Systems, sustainable development, higher education.

### **3. Introducción**

La economía en América Latina ha pasado por períodos de prosperidad y recesión conforme ha pasado la mitad del último siglo y las economías se mantienen desequilibradas, con pequeños episodios de prosperidad, y algunos de los más altos niveles de inequidad en el mundo. Algunos economistas han identificado bajos niveles de productividad, especialmente en las pequeñas compañías como una de las principales restricciones en el crecimiento de los niveles estándares de la región. Mientras que se espera que la región crezca en un futuro cercano, es un verdadero reto que ese crecimiento sea sostenible, pues es normal que conforme la economía de un lugar crece, también lo hacen la contaminación industrial, el agotamiento de los recursos y la exposición de la población a las sustancias peligrosas.

El desarrollo sostenible se ha visualizado como la forma de mejorar los niveles de vida de las comunidades mientras se no se agoten los recursos naturales de los cuales dependerán las futuras generaciones. En este sentido, es muy importante enfocarse en el recurso humano: sus metas, aspiraciones, y sus ideales de cómo debe funcionar la sociedad en la que viven y se desempeñan. El desarrollo sostenible contribuye con las necesidades básicas: mejorar la salud, la educación y la vivienda, así como otras necesidades en donde sobresalen la libertad para elegir, la identificación cultural, el ocio, la paz y la seguridad. El desarrollo es indiscutiblemente un proceso material que consume recursos del mundo biofísico para satisfacer las necesidades humanas. Para que el desarrollo califique como sostenible, se requiere comprender y dar forma a la interacción dinámica entre los sistemas biofísicos y los sistemas sociales, y la relación entre ellos y la actividad industrial (en el sentido amplio de la definición a fin de incluir agricultura, manufactura y servicios).

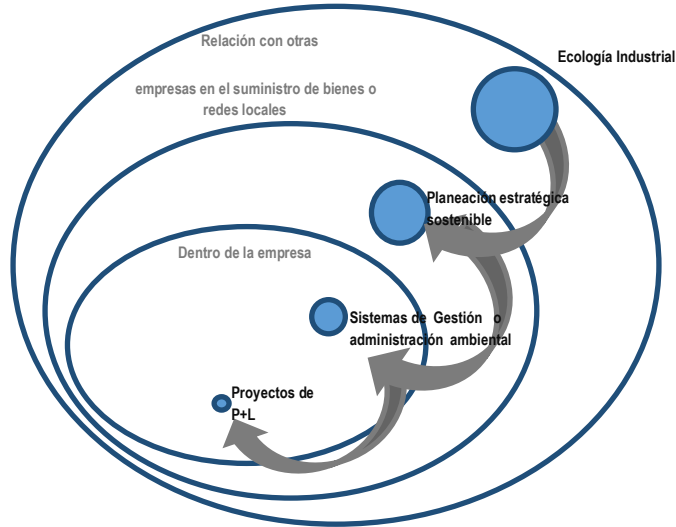
Producción Más Limpia (P+L) a menudo representa el primer paso hacia el Desarrollo Industrial Sostenible (DIS), que involucra una “estrategia integrada de prevención ambiental” para mejorar la eficiencia de los recursos, minimizar los riesgos y el impacto ambiental, y reducir además los desechos y los costos operativos de la empresa u organización. En los Estados Unidos, Canadá y Europa; P+L ha permitido que las empresas reduzcan sus costos y mejoren la eficiencia en sus operaciones, y ha abierto la puerta para una administración más funcional, incluyendo un incremento en la productividad, utilidades y porción del mercado. En contraposición, con América Latina que en los últimos veinte años ha intentado aplicar P+L y establecer Centros de P+L en muchos países, y sin embargo, son pocas las compañías que han adoptado la filosofía detrás del esquema de P+L. Micro, pequeñas y medianas empresas PyMES juegan un papel muy importante en la oferta de bienes, servicios y generación de empleo a través de canales formales e informales en América Latina, pero carecen del conocimiento, de los recursos humanos y financieros para implantar completamente las estrategias de P+L.

Tradicionalmente las empresas han iniciado proyectos de P+L en forma aislada antes incluso de aventurarse en iniciativas más sistemáticas de sostenibilidad. Con este proyecto se enfoca esa problemática de una manera más holística hacia el Desarrollo Industrial Sostenible (DIS) (ver Figura 1), pues se utiliza la información de las actividades en los niveles más altos para informar de la preferencia e implantación de programas individuales y sostenibles de P+L. Desde la perspectiva de este proyecto se integrará la ingeniería, el medio ambiente, la administración de empresas y la legislación y normativa conexas hasta pasarla a la práctica a través de la educación, con un conjunto de actividades bajo la sombrilla del DIS, que incluyen: a) Sistemas de administración ambiental (SAA) que se utiliza para ayudarle a las empresas a definir y planear actividades que les permitan mejorar el desempeño ambiental, b) Planeación estratégica ambiental (PEA) para integrar el componente ambiental en la misión de la organización y las funciones de la administración, y c) Ecología Industrial (EI) como el enfoque sistémico, bajo el que se abriga el diseño y manejo de la producción, y los sistemas de consumo que operan de manera sostenible.

La meta principal del proyecto es promover y facilitar el desarrollo industrial sostenible en América Latina con la creación de centros regionales de excelencia para la educación, desarrollo e implementación de las mejores prácticas de P+L en el DIS.

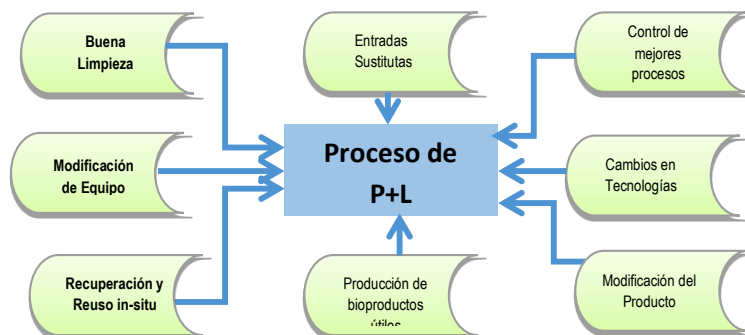
Alrededor del mundo, muchas empresas líderes han decidido considerar la problemática ambiental de su negocio con el fin de evitar multas del gobierno, y han visto las líneas ambientales como un

medio para reducir costos, incrementar la eficiencia y obtener mejores negocios. Aunque la mayoría de empresas varían en el tamaño y en el enfoque de las actividades, hay una serie de buenas prácticas ambientales y normativa general que permite que el enfoque de P+L aplique para cualquier empresa (Ver Figura 2).



**Figura 1:** Estrategias para el Desarrollo Industrial Sostenible (DIS): Tradicionalmente las empresas han iniciado proyectos de P+L en forma aislada antes incluso de aventurarse en iniciativas más sistemáticas de sostenibilidad. Con este proyecto se enfoca esa problemática de una manera más holística hacia el Desarrollo Industrial Sostenible (DIS), pues se utiliza la información de las actividades en los niveles más altos para informar de la preferencia e implantación de programas individuales y sostenibles de P+L

Muchas de las mejores prácticas ambientales han sido adoptadas por la industria en América Latina, pero las compañías pequeñas han ido poco a poco debido a dificultades administrativas así como problemas específicos relacionados con el tema de producción más limpia. En general las PyME están limitadas por las habilidades profesionales administrativas, y del sistema, incluyendo: la toma de decisiones se centra en el dueño del negocio, limitado control y seguimiento, así como finanzas inestables y fuentes de fondos. Algunos de los retos de los proyectos de P+L son 1) Financieros: altos costos y beneficios inciertos, y poco presupuesto para los proyectos de P+L, 2) Técnicos: falta de experiencia en la industria, y acceso limitado a información técnica; y 3) Aversión al Riesgo: escepticismo sobre las iniciativas de ambientales que promueve el gobierno, miedo a presentar información sobre las operaciones (y posibles violaciones) y la P+L siempre tiene una baja prioridad en el desarrollo organizacional de la empresa debido a que es un proceso voluntario.



**Figura 2:** Enfoques estandarizados en la aplicación de P+L en las empresas (Fuente: Organización de Industrial de Naciones Unidas para el Desarrollo)

Esta investigación ha sido patrocinada por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA) y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) trabajando de manera integrada para que los Centros de Producción más limpia mejoren en todos los países y lleven servicios a las empresas, gobierno, y demás interesados; de manera que puedan ser asistidos con la implementación de métodos de P+L, prácticas y políticas tecnológicas.

Los países participantes en este proyecto son: Costa Rica, a través del Instituto Tecnológico de Costa Rica, República Dominicana, en donde aún no existe la figura de Centros de Producción más Limpia, El Salvador, en donde los Centros de Producción más Limpia fueron auspiciados por el gobierno suizo y ONUDI, y Perú donde inicialmente los centros de producción más limpia fueron auspiciados por el USAID y el gobierno de Suiza, dichos centros operan desde el año 2002.

En los últimos años PANU y ONUDI se han dedicado a combinar la optimización de recursos, con P+L con el fin de fortalecer la sinergia entre productividad, ambiente y además han dado instrucciones precisas para revisar e implantar programas de reducción de energía, agua y recursos materiales, de forma tal que se mejore el desempeño de las PyMEs. Hoy hay doce centros de P+L en América Latina que conforman la Red Latina de P+L, lo que constituye el socio perfecto para compartir información relacionada con prácticas de P+L y se facilita la comunicación en línea.

#### **4. Metodología**

La Dra. Ashton del Instituto Tecnológico de Illinois lideró el proyecto como directora y responsable del entrenamiento de los demás investigadores, la investigación y el seguimiento de las actividades. El Dr. Panero del Instituto Tecnológico de New York fue el socio coordinador con la responsabilidad de facilitar la comunicación y la coordinación de actividades. Ashton y Panero constituyeron como las personas clave para la interrelación de todos los socios de las diferentes universidades en América Latina. Los doctores Anid (ITNY) y Kahalili (ITI) serán los responsables por el desarrollo de las actividades que mejoró el curricula de cada universidad, es decir la responsabilidad por la coordinación de las actividades principales que se realizarán en las universidades de América Latina. Este equipo estableció la estructura formal de colaboración, incluyendo reuniones en línea y reuniones personales, talleres, e intercambios durante los tres años del programa.

Las reuniones interpersonales entre todos los participantes fueron críticas para ayudar a las partes a trabajar de manera coordinada y mejorará la apertura para compartir información. Tres reuniones con al menos dos representantes por país han sido planeadas: 1) una reunión de apertura en Costa Rica (el objetivo es establecer responsabilidades de cada uno de los participantes, implementación y funciones de cada uno en los informes escritos, además se identificarán las necesidades y fortalezas de cada uno de los participantes, 2) una reunión de mitad

del periodo en Chicago (para revisar los resultados del monitoreo y evaluación del esquema y reajustar las estrategias) y 3) una reunión final en Perú (para revisar la información obtenida y enfocarse en obtener los datos finales y la preparación del reporte final, así como definir la estrategia para continuar apoyando la implementación de P+L en las PyMES de América Latina una vez que el proyecto ha finalizado).

Reuniones mensuales a través de video conferencias se planean para la coordinación general del entrenamiento y la interacción con las PyMES y el reporte de actividades a través de una cuenta Skype Premium para todos los socios de las demás universidades. Se prevé que puede darse cuatro reuniones adicionales con Centros de P+L. Durante los entrenamientos del proyecto, se darán video conferencias que facilitarán la interrelación con las PyMES, se discutirán retos y se compartirán experiencias.

*Estrategia de comunicación en línea:* La interrelación entre las universidades será estructurada con una red plana con canales abiertos de comunicación en línea entre todos los participantes. Se dará comunicación formal e informal entre el equipo administrativo y los socios individuales de manera regular, según se requiera. Esto será facilitado por un número de comunicaciones en línea y herramientas compartidas, algunas de las cuales pueden ser desarrolladas en conjunto con la red de Centros de P+L latina para fortalecer las redes y recursos existentes.

Compartir documentos, grupos de discusión y la mensajería entre los profesores, estudiantes y otros se facilitará a través de Google APPS (grupos, libros, chat, plus, etc.). Se fomentará el uso del You Tube para crear videos de interés para los participantes del proyecto y el público en general, tales como lecturas cortas en temas específicos, visitas a sitios y discusiones en clase. El compartir videos estará restringido al grupo a través de Google APPS o incluidos en el sitio Web público.

*Actividades planificadas e implementación:* Todas las actividades se listaron en el cuadro anterior, con una secuencia lógica.

*Mejora en las capacidades de profesores:* las instituciones asociadas autoevaluarán su propia experiencia, capacitación previa, y el programa de necesidades durante la definición de la línea base de trabajo. En la primera reunión se trazarán los planes para el entrenamiento y el programa de necesidades de cada una de las instituciones asociadas, se definirá el papel de las sesiones de entrenamiento en línea (por ejemplo, a través de una fuente compartida punto a punto, grupos de discusión vía Google Apps y Skype Premium). Dos sesiones de interrelación entre profesores socios serán coordinadas. Los profesores de cada una de las instituciones norteamericanas visitarán a dos universidades asociadas en la primavera del año 2013, los profesores del ITI visitarán USIL e Intec, mientras que los profesores del ITNY visitarán el TEC y la UCA con el propósito de conducir talleres relacionados con las necesidades de entrenamiento identificadas. Los profesores latinoamericanos visitarán las universidades estadounidenses durante el otoño del año 2013.



*Desarrollo del Currículo:* la clave del proyecto que permear en el currículo de algunos de los cursos de las carreras de las diferentes universidades, de forma tal que el tema de P+L sea implantado en los cursos. Este programa lleva como nombre “Diseño e Implementación de técnicas de Producción más Limpia”. Los cursos incluyen desde los programas de grado, así como los de postgrado.

*Desarrollo de P+L en PyMES:* Este trabajo fue realizado con la ayuda de estudiantes que realizaron su trabajo de grado en al menos 5 PyMES. En algunas ocasiones se trabajó con la colaboración del Centro nacional de Producción más Limpia.

## **5. Resultados**

Los resultados y las siguientes secciones se presentan en el informe final del proyecto al organismo financiador Higher Education Development (HED)-USA State Department. (Documento adjunto como anexo1.1)

## **6. Discusión y conclusiones**

La promoción de estrategias más sostenibles en toda actividad productiva requiere de la intervención de muchas disciplinas que logren no solo un diagnóstico integral sino la mejora continua de todos los procesos.

El TEC como institución creada para el desarrollo de programas en ingeniería podría proporcionar asesoría a empresas en la temática de P+L y estrategias sostenibles a PYMES, de forma integral y mejorando al mismo tiempo los perfiles de sus graduados al incorporar P+L, y capacidades blandas como trabajo en equipo multidisciplinario.

## **7. Recomendaciones**

Evaluar a nivel institucional la implementación de un curso electivo para todas las carreras del TEC en la temática de Producción más Limpia.

Evaluar la promoción de la Producción más Limpia mediante la conformación de un Programa de acompañamiento a las empresas nacionales, conformando equipos multidisciplinarios.

## **8. Agradecimientos**

Agradecemos a la FUNDATEC por habernos apoyado con la gestión administrativa de este proyecto y la exoneración de los costos administrativos. Así mismo, a las PYMES que permitieron a los estudiantes desarrollar su experiencia en diagnóstico e identificación de oportunidades de mejora. Y a los estudiantes de los cursos de Procesos Industriales y Producción más Limpia (Ingeniería Ambiental), Producción más Limpia (curso electivo del programa de Ingeniería en Producción Industrial, Economía de la Producción (Agronegocios) y Responsabilidad Empresarial (Administración de Empresas) por su apertura y entusiasmo hacia las estrategias de Producción más Limpia.

## 9. Referencias

1. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo informa que el índice de desarrollo humano para las naciones de Centro América se encuentran entre las más bajas de América Latina. IDH disponible en: <https://data.undp.org/dataset/HDI-Indicators-By-Country-2014/5tuc-d2a9?>. De manera similar, el World Bank informa que el PIB per cápita de los países de América Central en 2014 eran de los más bajos del hemisferio. PIB per capita disponible en: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD/countries/1W-GT-HN-CR-NI-SV-PE?display=default>
2. Guasch, J. L., L. Rojas-Suarez and V. Gonzales. 2012. Competitiveness in Central America. The Road to Sustained Growth and Poverty Reduction. Center for Global Development, available at: [http://www.cgdev.org/sites/default/files/1426258\\_file\\_Competitiveness\\_Central\\_America\\_FINAL\\_0.pdf](http://www.cgdev.org/sites/default/files/1426258_file_Competitiveness_Central_America_FINAL_0.pdf)
3. CAFTA-DR (Dominican Republic-Central America FTA). Available at: <https://ustr.gov/trade-agreements/free-trade-agreements/cafta-dr-dominican-republic-central-america-fta>
4. Caminos hacia la Prosperidad en las Américas, disponible en <http://pathways-caminos.org/es/home.html>.
5. Ernesto Samayoa de WEC y Ana Arias de ITCR (Costa Rica) fueron mencionados en el video de Caminos hacia la Prosperidad en las Américas, explicando cómo el proyecto encaja entre las metas de la iniciativa, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=u6IQBHM43co>
6. Los socios de EE.UU. trabajaron conjuntamente con un consultor externo, Chris Camillo, quien asistió en la evaluación inicial base para evaluar las fortalezas y necesidades de cada socio de manera individual. Ella también realizó una evaluación externa a mitad del proyecto que permitió percibir qué actividades y cómo se estaban desarrollando para conseguir alcanzar los objetivos del proyecto, y sugirió estrategias para mejorar la eficacia del proyecto.
7. N. Khalili., S. Duecker, W. Ashton and F. Chavez. 2014. “From Cleaner Production to Sustainable Development: The Role of Academia.” Journal of Cleaner Production 96(1): 30-43. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614001322>
8. Se realizaron siete presentaciones por parte de los socios en el Quinto Taller Internacional en Avances en Producción más Limpia en Sao Paulo, Brasil, en Mayo de 2015. Tres artículos (subrayados abajo) recibieron una mención especial por los organizadores de la conferencia por sus espectaculares contribuciones: <http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/espanol/site/mention.html>
  - **Ashton, W., M. Hurtado et al. – Pathways to Cleaner Production in the Americas: Educational initiatives towards a Sustainable Transition**
  - McPherson, S., N. Anid - Experiential Learning: lessons learned from global higher education programs for cleaner production in Latin America
  - Khalili, N., F. Roa et al. – Design of Cleaner Production Frameworks: an Operational Tool for Sustainable Transition.
  - **Ashton, W., C. Izquierdo et al. – Stimulating the market: incentives for cleaner production and energy efficiency in Latin America.**
  - Roa, F. A. Arias et al. – A Multidisciplinary Approach towards the Introduction of Cleaner Production in Higher Education Curricula: A Case Study from TEC de Costa Rica
  - Alonso, M, and G. de la Cruz et al. – Diagnostic of Cleaner Production in the Industrial Sector.

- **Robles, N. – Sustainable Supply Chains and Carbon Footprint: The case of Costa Rica.**

Los artículos están disponibles en:

<http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/espanol/site/downloads.html>

9. Weslyne Ashton fue reconocida por su participación en la sesión plenaria como expositora en el Taller de Avances en PmL:

[http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/espanol/site/down\\_misc.html](http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/espanol/site/down_misc.html)

10. **Página Web de Caminos hacia la Producción más Limpia en las Américas, disponible en: <http://cleanerproduction-la.org/inicio/> Apéndices (opcional)**

Se puede utilizar en aquellos casos en que la información puede distraer la atención del lector. Se pueden incluir herramientas utilizadas para la recopilación de la información, la descripción detallada del equipo utilizado o productos intermedios obtenidos durante la ejecución del proyecto. Debe tomarse en cuenta que el informe es independiente de esta sección, esto es que ante la ausencia del apéndice, la información contenida en el informe de proyecto no pierde claridad.