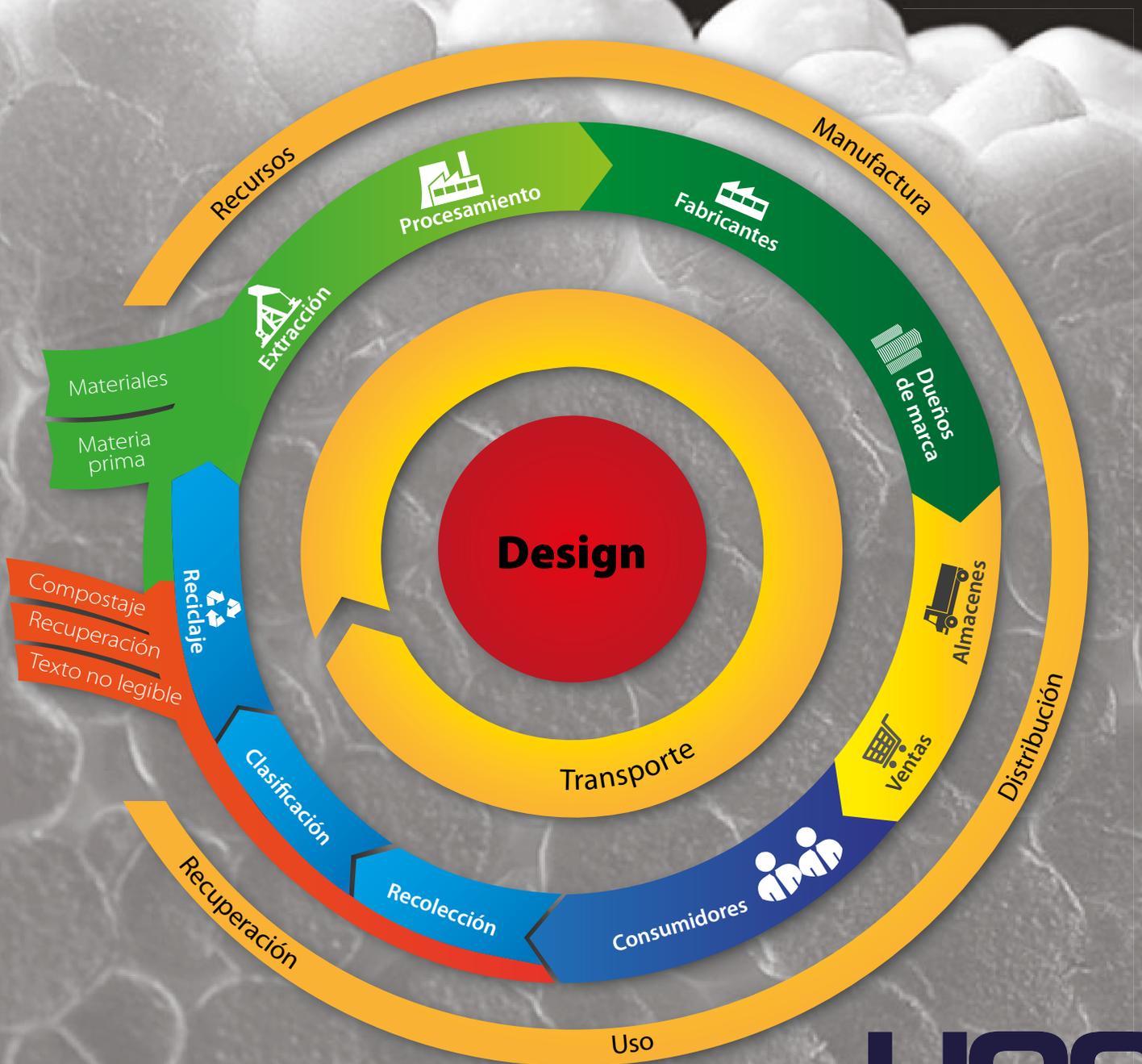
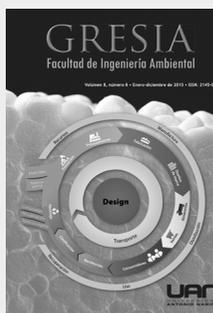


# GRESIA

## Facultad de Ingeniería Ambiental

Volúmen 8, número 8 • Enero-diciembre de 2015 • ISSN: 2145-0846





Enero–diciembre de 2015  
Calle 20 Sur No. 13-61. Tel: 239 8763  
Correo electrónico: gresia@uan.edu.co  
Bogotá, Colombia

**Rectora**

Marta Losada

**Vicerrector Académico**

Víctor Hugo Prieto

**Vicerrector de Ciencia Tecnología e Innovación**

Carlos Arroyave Posada

**Secretaria General**

Martha Carvalho

**Directora Fondo Editorial**

Lorena Ruiz

**Asistente Fondo Editorial**

Angie Castro

**Decana Facultad Ingeniería Ambiental**

Diana Quintero

**Director Unidad para el Desarrollo  
de la Ciencia y la Investigación**

Iván Ávila

**Editor**

Iván Ávila

**Consejo editorial**

Diana Quintero

Edison Osorio

Juan Valderrama

Edwin González

Iván Ávila

**Corrector de estilo**

Carlos Rincón

**Diseñador gráfico**

Kelly Johana Narváz

**Impresión**

Imagen Editorial S.A.S

**Fotografías**

Proporcionadas por los autores

**Diseño de portada**

Iván Ávila

# Contenido

**Editorial**

Diana Isabel Quintero

3

**Investigación**

**Estudio de diseños ecológicos  
para el ciclo de vida del  
poliestireno expandido,  
como forma de mejorar su  
comportamiento medio  
ambiental.**

Liseth Casas Mateus

Natalia Zapata Restrepo

4

**Tema central**

**La evolución de la consolidación  
de Bogotá como ciudad y su  
problemática en torno a la  
gestión de las basuras**

Diana Isabel Quintero Torres

11

**Nota de actualidad**

**Tecnologías sostenibles:  
dispositivos microfluídicos**

Juan Valderrama

20

**Avances en el laboratorio  
de hidráulica**

Fredy Ariza

24

**Acreditación**

**¿Cómo vamos en la acreditación  
de ingeniería civil?**

Edwin Humberto González Rojas

27

**¿Qué es la reacreditación?  
Programa de ingeniería  
ambiental**

Edwin Humberto González Rojas

32

**Enlaces de interés**

34

# Editorial

Diana Isabel Quintero<sup>1</sup>

---

El actual número del boletín *Gresia* presenta un interesante contenido en torno a una de las principales disyuntivas de la gestión pública, el manejo de los residuos sólidos. En este sentido, el lector se dará cuenta de que desde la creación de ciudades como Bogotá el tema de las basuras no se previó: su cantidad masiva se ha trasladado a las áreas rurales periféricas de la capital colombiana junto con sus efectos nocivos, los cuales podrían ser reducidos si se realizaran prácticas generalizadas de prevención, reúso y reciclaje. En términos de prevención, este boletín presenta los resultados de investigación de una estudiante del programa de Ingeniería Ambiental en torno al **Ecodiseño**, el cual es un instrumento de análisis que permite determinar el impacto ambiental de un producto durante su ciclo de vida. Estos resultados no solo conducirán a la prevención de dichos impactos, sino a disminuir la generación de residuos que han impactado tanto a la ciudad de Bogotá.

Por lo tanto, con la técnica del *Ecodiseño*, se presenta el análisis en torno al poliestireno expandido, conocido en nuestro país como “icopor”, al cual se le efectuó la estimación tanto cualitativa como cuantitativa de los impactos en sus diferentes etapas de vida. Se concluye que desde la misma extracción de la materia prima se generan alteraciones en la salud y en la calidad ambiental. El trabajo de la estudiante culmina con la formulación de alternativas para disminuir el impacto ambiental de dicho material, las cuales se consolidan en aportes importantes para las industrias del sector, para que tengan dentro de sus políticas el respeto al medio ambiente.

También, se presenta un tema innovador, como es el uso de dispositivos microfluídicos, con el propósito de medir concentraciones de diversos solutos en disolventes de interés ambiental, lo que hace que se convierta en una alternativa innovadora ante las clásicas pruebas estandarizadas, que pueden ser en algunos casos costosas y difíciles de efectuar.

Tal como se puede entrever de lo dicho, la investigación se consolida no solo como una herramienta de aprendizaje para los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Antonio Nariño, sino como un elemento transversal a toda la comunidad, lo cual ha contribuido para que este programa de pregrado se encuentre actualmente acreditado como uno de alta calidad. En ese sentido, este número presenta las acciones que el Programa se encuentra realizando en pro de la reacreditación. Asimismo, se presentan avances del proceso de acreditación del programa de Ingeniería Civil, que dentro de las medidas tomadas se encuentra fortalecer el laboratorio de hidráulica, el cual presta servicios tanto al programa de Ingeniería Civil como al de Ingeniería Ambiental. Lo anterior se presenta como resultado del compromiso de la planta docente, pero en especial de los estudiantes, cuyos resultados son presentados al interior de este número.

---

<sup>1</sup> Magíster, ingeniera y decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil.

## Investigación

# Estudio de diseños ecológicos para el ciclo de vida del poliestireno expandido, como forma de mejorar su comportamiento medio ambiental

Liseth Casas Mateus<sup>1</sup>, Natalia Zapata Restrepo<sup>2</sup>

### Resumen

El *ecodiseño* es una técnica que evalúa el impacto ambiental durante el ciclo de vida de un producto, para ello se hace necesario estudiar las diferentes etapas de un producto como extracción, fabricación, distribución, uso y disposición final.

Este método permitió cuantificar impactos ambientales de cada fase del ciclo de vida del poliestireno expandido, y en relación a los resultados se concluye que este es un producto altamente contaminante; por tanto, se establecen estrategias de producción y de fin de vida con el objeto de mitigar impactos ambientales negativos. Además, se estudia el desarrollo de un nuevo concepto del producto con la herramienta *The Lids Wheel, Van Hemel*, teniendo como idea principal reemplazar el poliestireno expandido por bio-plásticos.

Los análisis y recomendaciones convergen en transformar el poliestireno expandido (EPS) en un producto sostenible ambientalmente.

### Abstract

Ecodesign is a technique where the environmental impact is assessed during the life cycle of a product; it is necessary to study stages as extraction, manufacturing, distribution, use and disposal.

This method allowed to quantify the environmental impacts of each phase of the life cycle of expanded polystyrene and, in relation to the results, it concluded that this is a highly polluting product, so production strategies and end of life are established in order to mitigate negative environmental impacts. Besides, developing a new product concept with *The Lids Wheel, Van Hemel* tool was studied, with the main idea of replacing expanded polystyrene with bio-plastics.

The analysis and recommendations converge to transform the expanded polystyrene (EPS) in an environmentally sustainable product.

**Palabras clave:** ciclo de vida, impacto ambiental, ecodiseño, poliestireno expandido.

<sup>1</sup> Estudiante Ingeniería Ambiental.

<sup>2</sup> Ingeniero Ambiental, magíster y docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental.

## Introducción

La sobreexplotación de recursos naturales es uno de los factores relevantes en la economía de numerosos países. Estas actividades, aunque entreguen aparentemente mejoras a las naciones, originan efectos negativos en las interacciones presentes en los ecosistemas. Países como Colombia postulan al petróleo como el principal producto de exportación y explotación y, aunque parezca paradójico, este sector ha sido de una u otra forma responsable de problemas de pobreza de este país (Arenas, 1994).

Mediante el estudio del ciclo de vida del poliestireno expandido, conocido en Colombia por la empresa fabricante con el nombre de “icopor”, que es un derivado de hidrocarburos de petróleo, resultante de la síntesis entre el etileno y el benceno, se pretende precisar efectos nocivos al medio ambiente.

El análisis del ciclo de vida del poliestireno permite tener una idea clara de los impactos reales

dados por solo una mínima fracción del sector de la industria petrolera. En el seguimiento de este estudio se realizan investigaciones y evaluaciones funcionales desde la perspectiva del desarrollo sostenible, que permitan encontrar una posible disminución de impacto en los procesos de producción, además de buscar integrar criterios ambientales para el diseño del producto con el fin de mejorar su comportamiento medioambiental.

## Metodología

En la primera fase del estudio se ponen en práctica los procedimientos estándares de la norma ISO 14040; por tanto, se realiza un análisis detallado del ciclo de vida del poliestireno expandido, el cual comprende las etapas de adquisición de materias primas, producción, uso y su disposición final (Würdinge, Wegener, 2000). La Tabla 1 establece el inventario de las entradas y salidas destacadas del producto.

Tabla 1  
Inventario de entradas y salidas del poliestireno expandido.

PROCESOS		
<b>Etapla 1. Exploración de pozos petroleros</b>		
Inventario	Descripción	Materiales
Simsigel	Generador de ondas sonoras superficiales	Explosivos
Geófonos	Receptor de ondas sonoras	
Equipos de computo	Energía eléctrica	
<b>Etapla 2. Excavación y extracción</b>		
Inventario	Descripción	
Bomba reguladora de presión	Inyección de agua, aire	Gases y químicos del <i>fracking</i>
<b>Etapla 3. recolección y refinería</b>		
Horno	Tempertura 400°C	Gasto energético
<b>Etapla 4. Obtención del etileno, benceno, etilbenceno y estireno.</b>		
Inventario	Descripción	
Horno de pirolisis	Requerimiento de elevadas temperaturas	
Catalizadores	Selenio y paladio	
Obtención del estireno		
Alquilación Friedel-Crafts	Benceno	
Oxidación (ETIL BENCENO) y separación del estireno	Óxidos de hierro	

PROCESOS		
<b>Etapa 5. Polimerización del poliestireno</b>		
Monómero de estireno	Exposición en el áreas industriales	
Iniciadores	Peróxidos	
Agente expansor	Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)	
Agente expansor B	Pentano	
<b>Etapa 6. Disposición</b>		
<b>Inventario</b>	<b>Descripción</b>	
Costales de polipropileno	Empacado	
Combustible	Transporte	
<b>Etapa 7. Poliestireno expandido EPS</b>		
<b>Inventario</b>	<b>Descripción</b>	
Caldera	Combustibles gaseosos	Energía
Agua	Vapor de agua	
Maquina compresora	Energía eléctrica	
Agua	Vapor de agua	
Cortadora	Obtención de bloques (energía)	

Fuente: los autores

Con el análisis del inventario se entregan observaciones cualitativas, comparando los aspectos ambientales con impactos como la disminución de recursos, afectación de la salud humana y cambios en los ecosistemas. Así mismo, se realiza la evaluación cuantitativa basada en la metodología del eco indicador '99; en esta etapa se realizó la clasificación de los impactos, con las mismas categorías estandarizadas por el método (Tabla 2).

Tabla 2  
Modelización.

Categoría	Abreviaturas
Daño en la salud humana (SH)	Dissability Life Years (DALY)
Calidad del ecosistema (CE)	Potentially Affected Fraction (PAF)
Recursos (R)	Potentially Affected Frction (PAF)

Fuente: CEDIC (s.f.).

Para la obtención de factores de caracterización (peso, energía y transporte), se llevó a cabo un estudio significativo de la literatura, con el fin de deducir los factores de multiplicación para el valor final de los milipuntos (unidad de medición cuantitativa de impacto ambiental), por cada una de las etapas. Esta metodología contiene criterios de carácter científico y por tanto los procedimientos son de confiabilidad. Por medio de los resultados y valores entregados

en los análisis de eco indicadores, se entregan distintas alternativas que permitan la disminución y optimización ambiental del producto en cada una de sus etapas. Las alternativas tienen como objeto la optimización de técnicas de producción y reducción del impacto ambiental como forma de verificación de factibilidad. Para la aplicación de las técnicas descritas, se realiza un estudio de mercado, mediante una matriz cualitativa que permite comparar aspectos económicos, tecnológicos, distribución y oferta, los cuales están apoyados por un estado de arte, para concluir con la técnicas y/o aplicaciones de mayor viabilidad (Navarro, 2008).

## Matriz de re-uso y rueda de LiDS

En la matriz de re-uso se evalúan los procesos indicados para el fin de vida de poliestireno expandido, con el fin de encontrar una reducción de este tipo de productos en los rellenos sanitarios. Solo se evaluó el “material”, por lo que no se tienen en consideración los empaques de distintas presentaciones existentes en el mercado.

La rueda estratégica del eco diseño (*The Lids Wheel, Van Hemel*), es una herramienta que permite comparar las evoluciones del producto al aplicar las alternativas de mejora durante el ciclo de vida (Orrego, 2012).

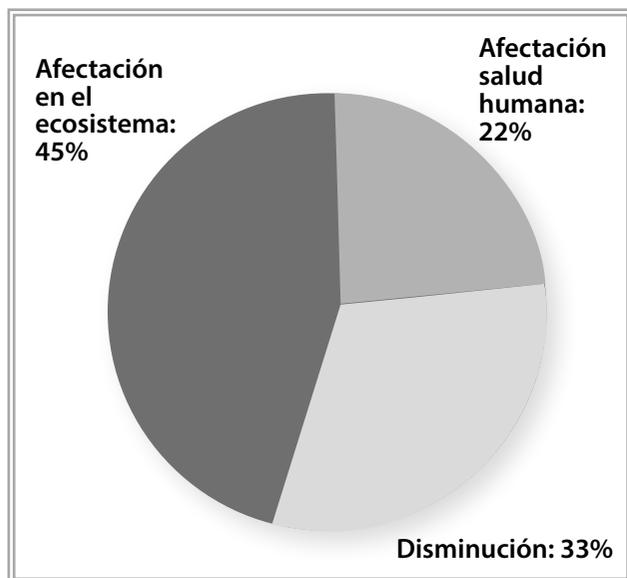
Las opciones de mejora a revisar, en su mayoría, pueden efectuarse a corto plazo, pero también se considera una a largo plazo determinada con el símbolo “@”, en donde se busca el desarrollo de un nuevo concepto del producto, con la finalidad de que las funciones de este se optimicen.

En relación con indicadores que permiten verificar resultados positivos, en cuanto a la disminución del impacto ambiental, se obtuvieron resultados mediante la reevaluación de las materias primas en cada una de las etapas en las que se recomendaron los cambios.

## Resultados y discusión

Dentro del análisis cualitativo se entrega la clasificación de los impactos por cada una de las materias entrantes y de algunas salidas en la totalidad de los procesos, lo que permite entregar porcentajes y resultados para las categorías de impacto negativo.

Gráfica 1. Cuantificación del impacto de mayor significancia numérica.



Fuente: elaborada por el autor.

La mayor afectación se evidencia en los cambios del ecosistema. Los aspectos correspondientes son uso de materias primas de polimerización de poliestireno y los aspectos relacionados a la etapa de transformación, uso y fin de vida (Tabla 1).

## Evaluación cuantitativa

La Tabla 3 muestra los resultados cuantitativos por cada una de las etapas. Según la metodología de eco indicador '99, el mayor impacto es dado por la sumatoria del agua entrante y saliente del sistema de producción. Adicionalmente, por uso de benceno y de agentes de expansión se obtienen también resultados significativos. En el uso y fin de vida del poliestireno expandido se tiene una alta afectación en PDF y PAF, pero no cuantifica dentro de la categoría de DALY.

Tabla 3  
Método Eco indicador '99.

MATERIAS	Partes por peso del producto	Kg de materias	Ecotoxicidad	Oncogénicas	Mutagénicas	Respirables	Acidificación	Eutrofización	Impacto en suelo	Lluvia ácida	GEI	DQO y DBO	Metales pesados	Milipuntos
Selenio	15	150	0.1	1			1	1						465
Paladio	15	150	0.1	1			1	1						465
Benceno	40	400		1		1					1			1200
Agua	20	200	1	1			1	1	1	1	1			1400
Óxidos de hierro	10	100				1	1	1	1	1				500
Monómeros de estireno	40	400	0.1	1	1									840
Agua	37.5	375	0.1	1	1			1	1			1		1913
Peróxidos	2.5	25	0.1				1	1		1				77.5
Hidroclo-rofluoro-carbonos (HCFC)	10	100	0.1	1	1	1				1	1			510
Pentano	10	100	0.1				1	1	1					310
Iniciadores	10	100	0.1				1	1		1				310
Agua	70	700	1	1			1	1	1	1	1			4900
Perlas de poliestireno expandido	30	300							1		1		1	900
EPS (Kg)	1000	1000							1					1000

Fuente: elaborada por el autor.

La Tabla 4 muestra las alternativas que se proponen para las mejoras en las etapas resultados de significancia en impactos ambientales. Las alternativas fueron evaluadas según lo descrito en el método. Se muestra que hay alta factibilidad económica, tecnológica y de mercado en las alternativas 1 y 4, por lo que son las que finalmente se recomiendan y se aplican para las evaluaciones de la primera etapa del estudio.

**Tabla 4**  
*Posibles alternativas de aplicación.*

Alternativa 1	Calderas, tubos de humo o piro tubulares. (Recirculación de vapor de agua sin tratamiento).
Alternativa 2	Calderas de tubos de agua o acuotubulares. (Recirculación de vapor de agua con tratamiento).
Alternativa 3	Fabricación de EPS, con un compuesto diferente del benceno.
Alternativa 4	Reciclaje mecánico.
Alternativa 5	Reciclaje químico.

Fuente: los autores

Se debe destacar que las opciones 2, 3 y 4 requieren de tecnologías adicionales y por tanto los costos de implementación son elevados, pero pueden ser alternativas potenciales en cuanto los estudios de carácter científico avancen y se pueda disponer del conjunto de técnicas para implementarlos.

## Matriz de re-uso y rueda de LiDS

Dentro de las recomendaciones para el uso y fin de vida del producto, se entrega la descripción de las formas óptimas en el manejo en la Tabla 5.

**Tabla 5**  
*Matriz de re-uso.*

Matriz de re-uso							
Material	Minimización de residuo	Reciclaje	Re-uso	Incineración	Compost	Producción de biogás	Relleno sanitario
Poliéstero expandido	D	A	C	E	E	E	D

Fuente: los autores

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Siendo "5" el mecanismo más indicado, se tiene que el reciclaje es la forma de manejo en el fin de vida para la minimización de impactos ambientales (MADVT, 2004).

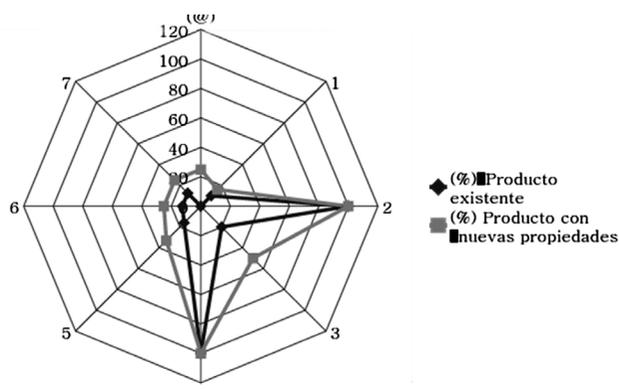
Para el análisis de estrategias y de las mejoras del producto, se entregan los porcentajes de mejora por cada uno de los ejes que componen la rueda, estos se presentan en la Tabla 6 y en la Gráfica 2.

**Tabla 6**  
*Comparación numérica. Rueda de Lids.*

Componentes del producto		Porcentajes de aplicación		
Niveles	Aplica	(%) Producto existente	(%) Producto con nuevas propiedades	
(@) Desarrollo de un nuevo concepto	Sí	0	25	
1 Selección de materiales de bajo impacto	Sí	10	16	
2 Reducción de uso de los materiales	No	100	100	
3 Técnicas de optimización de producción	Sí	20	50	
4 Optimización del sistema de distribución	No	100	100	
5 Reducción del impacto durante el uso	Sí	16	33	
6 Optimización de vida útil	No	12.5	25	
7 Optimización del sistema de fin de vida	Sí	12.5	25	

Fuente: los autores

**Gráfica 2. Rueda de LiDS.**



Fuente: los autores

Para la optimización de técnicas de producción se consideró la recirculación de agua en el momento de la extrusión. Además, con la implementación de reciclaje, se requiere de una menor cantidad de materia prima (perlas de poliestireno), de modo que se llegue a la optimización del proceso en un 50%.

La responsabilidad ambiental por parte de las industrias y de los grupos responsables se hacen de gran valor; es así que por medio del análisis del nivel 6 (Tabla 6) se entrega el porcentaje de mejora por la implementación del concepto de desarrollo sostenible para este tipo de empresas, en donde los factores y diseños logran la disminución de impacto ambiental (Rocha, 2011).

En la optimización de fin de vida, al implementar el reciclaje químico, se podrían entregar diferentes aplicaciones para el uso de poliestireno expandido reciclado, incluso utilizarse en empaques de alimentos, pero los procedimientos son costosos y requiere de aplicación de compuestos químicos. Por otro lado, con el reciclaje mecánico deben limitarse las aplicaciones del material, pues es solo óptimo en el uso de embalajes y

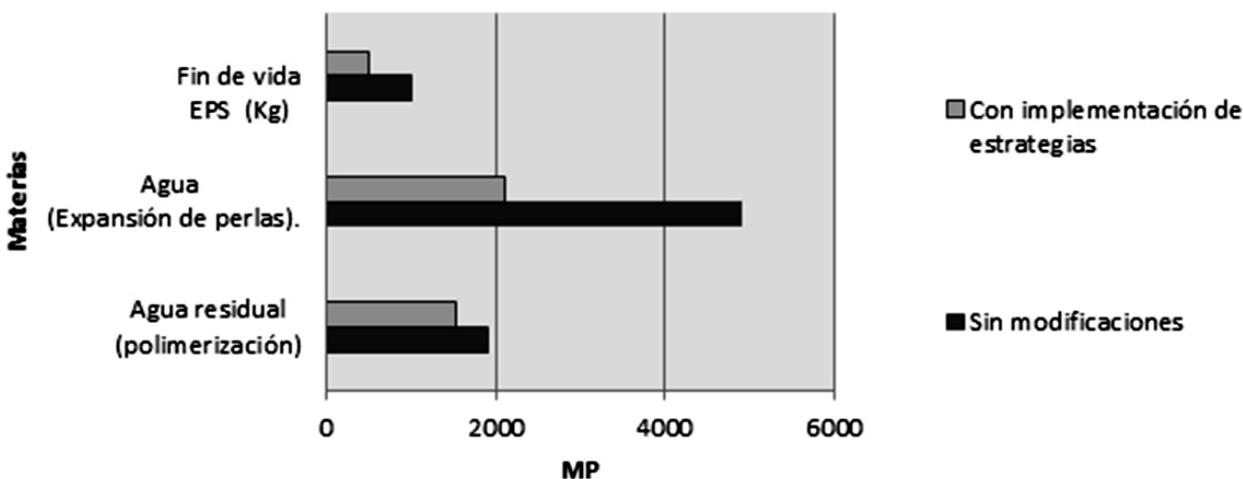
para aplicaciones en la construcción (AIMPLAS, 2008).

Para el desarrollo de un nuevo producto (@), se entregan alternativas tecnológicas con 'bioplásticos', que se obtienen de recursos renovables. La celulosa es el principal componente de las paredes celulares de las plantas, está formada por moléculas de glucosa, que establecen uniones entre los grupos OH, sus cadenas entregan rigidez y, por lo tanto, dan soporte estructural. Este material, por sus características, logra asemejar propiedades de algunos plásticos y entre ellos a las del poliestireno expandido (Pacheco, 2014). Las aplicaciones de los bioplásticos han sido exitosas en distintos materiales, como embalajes, pero la condición biodegradable impide que el uso sea por largo tiempo (Oshima, 2007).

### Reevaluación de milipuntos (ecoindicador '99)

Con base en las estrategias entregadas por la matriz de viabilidad, se realizan nuevas estimaciones de milipuntos. En la Gráfica 3 se presentan las comparaciones cuantitativas.

Gráfica 3. Reevaluación de milipuntos.



Fuente: los autores

## Conclusiones

Como primera medida, se establece la necesidad de cambiar los agentes expansores del poliestireno; por tanto, se requiere de un análisis de los compuestos como el pentano, capaces de expandir las perlas de poliestireno.

Dentro de las alternativas de viabilidad expuestas en el estudio se recomienda el reciclaje de EPS mediante métodos mecánicos, pues el reciclaje químico requiere de tecnologías muy costosas y, aunque permite reutilizar el EPS para alimentos, los costos son muy elevados. Por tanto, el uso de EPS reciclado se limita a la obtención de piezas requeridas en los trabajos de construcción.

Por otro lado, se determina que los mayores impactos se generan en las etapas de extracción, producción y fin de vida del poliestireno expandido.

Finalmente, se concluye que el producto no es amigable con el medio ambiente; por tanto, se recomienda que los usos de poliestireno en el mercado se limiten o se reemplacen por otros productos, como es el caso de empaques para frutas, en donde se puede implementar el uso de fibras.

## Referencias

- AIMPLAS. (2008). *Idoneidad del PET reciclado en contacto con alimentos*. Recuperado de: [https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos\\_estudios\\_idi/uso\\_de\\_pet\\_informe\\_fase\\_1.pdf](https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/uso_de_pet_informe_fase_1.pdf)
- Arenas, F. & Sabatini, F. (1994). Pobreza y medio ambiente [I]: comunidades territoriales pobres y explotación de recursos naturales. *Ambiente y Desarrollo*, 3, pp. 36-42.
- CEDIC. (s.f.). *Análisis del ciclo de vida de instalaciones de agua potable*. Obtenido de file: <http://www.copperalliance.es/docs/librariesprovider13/resources/analisis-ciclo-vida-tubos-cobre-pdf.pdf?sfvrsn=0>
- [Ejemplo del análisis del ciclo de vida (LCA) en películas sueltas de embalaje de almidón y poliestireno]. (s.f.). Recuperado de: [http://www.oc-praktikum.de/nop/es/articles/pdf/LCAExample2\\_es.pdf](http://www.oc-praktikum.de/nop/es/articles/pdf/LCAExample2_es.pdf)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). (2004). *Sector plástico. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo. Guías ambientales*. Recuperado de: [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Guias%20ambientales%20sector%20pl%C3%A1sticos.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Guias%20ambientales%20sector%20pl%C3%A1sticos.pdf)
- Navarro, A. H. (2008). *Alternativas de empaque para galletas*. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3622444>
- Oshima, T. (2007). Bio-plásticos los nuevos materiales. *El mundo natura*, 9. Recuperado de: <http://estaticos.elmundo.es/documentos/natura/julio07.pdf>
- Pacheco, G., Flores, N. & Rodríguez, R. (2014). Bioplásticos. *Biotecnología*, 18(2), pp.27-36. Recuperado de: [http://www.smbb.com.mx/revista/Revista\\_2014\\_2/bioplasticos.pdf](http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2014_2/bioplasticos.pdf)
- Resolución 1023/2005. Por la cual se adoptan guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación. Bogotá, Colombia. 28 de julio de 2005. Recuperado de: <https://www.arlsura.com/index.php/resoluciones/177-resolucion-numero-1023-de-2005>
- Rocha, E. (2011). *Construcciones sostenibles*. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3983370.pdf>
- Sanes, A. (2012). *El análisis de ciclo de vida (ACV) en el desarrollo sostenible: propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos*. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/8875/1/905079.2012.pdf>

## Tema central

# La evolución de la consolidación de Bogotá como ciudad y su problemática en torno a la gestión de las basuras

Diana Isabel Quintero<sup>1</sup>

## Resumen

La generación de basuras no solo es una condición inevitable de la vida misma, sino también genera un impacto negativo en torno a la inadecuada gestión de estos materiales, la cual ha aumentado a partir de los fenómenos de urbanización y consolidación de las ciudades, a Bogotá no le es ajena esta situación. El manejo de los materiales residuales va de la mano con técnicas y tecnologías que están disponibles en cada sitio y, en la actualidad, para el caso bogotano, existe un rezago tecnológico que atrasa esta gestión. Adicionalmente, en los últimos años el problema ha trascendido a la Bogotá rural, ya que desde la década de los ochenta se consolidó en la capital colombiana una nueva relación funcional con el campo: este se ha estado utilizando como albergue de la disposición final de la basura, los llamados “rellenos”, los cuales afectan a los territorios que aún mantienen connotaciones rurales y que prestan servicios de abastecimiento de alimentos a la ciudad de Bogotá.

**Palabras clave:** ciudad, urbanización, ruralidad, gestión de basuras, etapas de crecimiento.

## Introducción: la urbanización y las basuras

Según la ONU (2014), el 54 por ciento de la población mundial actual reside en áreas urbanas y se prevé que para 2050 llegará al 66 por ciento. Lo urbano se relaciona con beneficios, comodidad, rapidez, calidad de vida y oportunidad; sin embargo, la urbanización también tiene un lado negativo, en especial por el impacto directo sobre la calidad ambiental mediante la producción de residuos sólidos y líquidos, la contaminación atmosférica, la sobreexplotación de los recursos naturales, entre otros. Estos vertimientos y su

manejo se han consolidado como un problema para la humanidad desde épocas remotas, no solo por su incidencia en la salud pública, sino por el deseo de disponerlos en lugares lejanos, tal como lo establece la premisa griega: *mantén lejos de ti las basuras o enfermarás* (Collazos, 2013).

Los impactos negativos en torno a la inadecuada gestión de las basuras se han intensificado a través del rápido crecimiento de las poblaciones, de los fenómenos de urbanización, así como por el modelo económico capitalista, el cual no solo se caracterizó por la explotación al trabajador y

<sup>1</sup> Decana Facultad de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil

la lucha de las clases, sino por la acumulación de riqueza representada en objetos materiales y en el consumo desenfrenado, este último en parte por las políticas globales de la obsolescencia programada, que desde los años veinte identificó al fordismo y al actual postfordismo (Cosima & Michelson, 2010). En este sentido, Adam Smith afirma, “La naturaleza egoísta del ser humano lo motiva a un deseo creciente y continuo de consumo de bienes y servicios que el sistema capitalista se encarga de alentar” (Vargas, 2007).

**Imagen 1.** Disposición de residuos en el Relleno Sanitario Doña Juana.



Fuente: Pulzo<sup>2</sup>.

Bajo el actual modelo económico neocapitalista se domina la producción, el consumo y la información y se transmuta el papel de la clase trabajadora, considerada hasta mediados del siglo XX como productora, a ser una consumidora consumidora (Alvear, 2014). En este modelo se necesitan más consumidores que trabajadores (Carrasco, 2007), por lo que se genera una mayor cantidad de basura. Es tanto así la magnitud del problema que este ha llamado la atención a escalas globales y se ha convertido en un tema político; por ejemplo, durante la firma de la Agenda 21 (Primera Cumbre de la Tierra, 1991) los países latinoamericanos se comprometieron a tratar este tema como uno de sus elementos centrales de la gestión pública de las ciudades y dentro de los objetivos de la Agenda 2030: en el punto seis

se da cuenta del sanamiento básico para todos y en el doce se promueve el consumo responsable, que a su vez se relaciona con la prevención en la producción de basuras (ONU, 2015).

La gestión de las basuras no solo es compleja por la cantidad de las mismas, sino por la diversa tipología de los residuos, que en algunas ocasiones alcanza connotaciones peligrosas, lo cual ha dificultado cada uno de los eslabones de la gestión. Al interior de Bogotá se genera una gran diversidad de residuos, derivados de la industrialización de la ciudad y por el fácil acceso a productos importados gracias a la globalización (Vargas, 2007); así como por el deseo de los habitantes de diferenciarse<sup>3</sup>, lo que genera un consumo diversificado, conocido como prosumerismo. En este sentido, los modelos de producción se encargan de la planificación de la obsolescencia del producto (programada o percibida), ya sea porque estos dejan de ser funcionales o porque dejan de ser atractivos (Carrasco, 2007).

A su vez, según el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2012):

*Un bajo índice de desarrollo humano (IDH) suele ir aparejado con menos cantidades de residuos urbanos. El aumento de residuos sólidos está muy relacionado con el crecimiento demográfico, pero también obedece a cambios en las actividades económicas, nuevas prácticas de producción y comercialización, un creciente poder adquisitivo de las familias, variaciones en el estilo de vida y los patrones de consumo, con más productos empaquetados, así como la escasez de programas y campañas educativas para promover comportamientos más ecológicos (p. 96).*

Lo anterior es una característica que se refleja al interior de los países de América Latina y el Caribe, en los cuales, al 2012, la generación de residuos convencionales se cuantificó en 437.545 toneladas diarias, lo que representó una

<sup>2</sup> Recuperado de: [http://static.pulzo.com/styles/pulzo2\\_normal/public/rellenodonajuana.jpg?itok=-swwis36](http://static.pulzo.com/styles/pulzo2_normal/public/rellenodonajuana.jpg?itok=-swwis36)

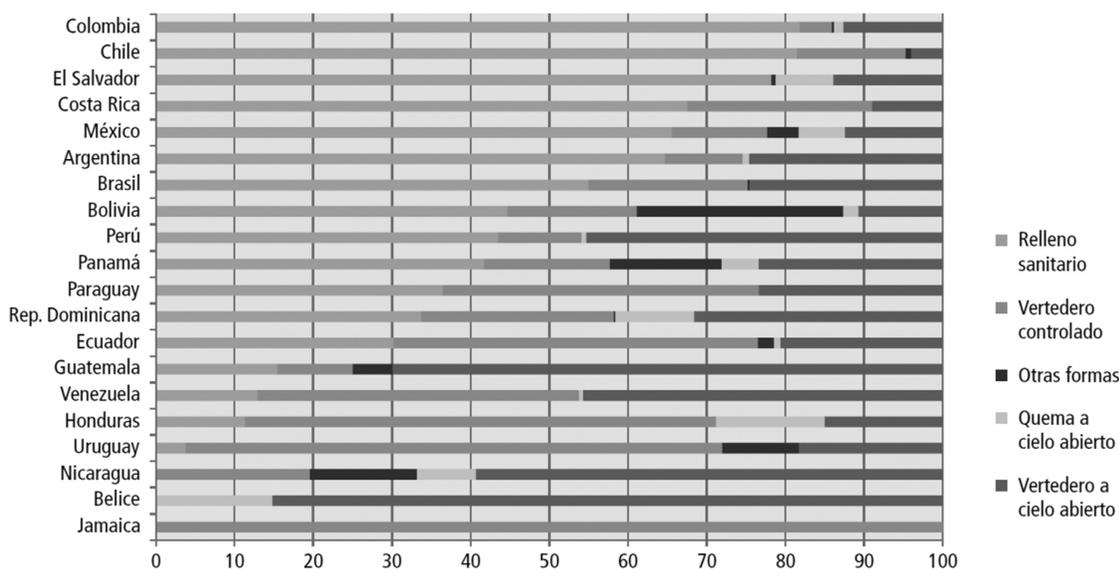
<sup>3</sup> En contraste con lo que ocurría en el fordismo, donde se daba un consumo en masa o consumismo.

producción per cápita (PPC) de 1.09 Kg/(hab-d), con un incremento cercano del 60% respecto al año 1995 donde la generación de 275.000 toneladas diarias representaba aproximadamente 0,75 kilogramos per cápita (Avendaño, 2015).

La gestión de las basuras debe ir más allá de la recolección, el transporte y la disposición; se deben incorporar elementos como la reducción, la reutilización, el reciclaje y la valorización energética, etapas ampliamente incorporadas en países del continente europeo o asiático, como

en Japón. Mientras tanto, en la región de América Latina y el Caribe, no se ha logrado superar la visión tradicional (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 2012, p. 98). Respecto a la disposición final, en la región se prefiere el uso de los rellenos sanitarios y los vertederos controlados, excepto en países como Belice y Guatemala, donde la disposición se realiza a cielo abierto. Colombia es el país que mayor uso de rellenos hace en la región, tal como se puede apreciar en la Gráfica 1.

Gráfica 1. Formas de disposición final en la región (medido en porcentaje).



Fuente: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 2012.

## La ciudad

La ciudad “es un producto del campo, por tanto lo rural y lo urbano deben contemplarse como un solo proceso en lugar de dos esferas separadas de un binomio” (Skerritt, 2007). En este sentido, la urbanización puede ser definida como el “proceso de transición desde una sociedad rural hacia una sociedad concentrada en ciudades” (Fondo de Población de las Naciones Unidas, 2010). Para Eric Wolf (como se citó en Skerritt, 2007), existe una diferenciación entre lo rural y lo urbano, dando cuenta de las culturas y los sistemas simbólicos, las formas de reconocerse-desconocerse

y de incluirse-excluirse. En este sentido, lo urbano adquiere una connotación de disoluto, de moderno, de avanzado, mientras que lo rural es virtuoso, tradicional, estático, atrasado y ahistórico. Sin embargo, lo urbano mantiene una fuerte interdependencia de lo rural, en especial en lo que se refiere a la producción de alimentos y materias primas provenientes de la agricultura, lo cual representa una dependencia directa de las prácticas campesinas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & Corporación Latinoamericana Misión Rural, 2013), conocidas como relaciones funcionales primarias. No obstante, tal como lo establece Sumpsi (como se

cita en Zuluaga, 2005), hoy en día lo rural tiene también funciones de amortiguación y regeneración, de reposo y de ocio y, al mismo tiempo, de albergue de residuos en beneficio de lo urbano.

Para el concepto de ciudad existen diversas acepciones. De acuerdo con Pulido & Amaya (2015), una de éstas puede ser:

un asentamiento relativamente extenso, denso y permanente de individuos socialmente heterogéneos... corresponde a una forma de vida claramente establecida, que desde el punto de vista sociológico consiste en una sustitución de contactos primarios, el debilitamiento de las relaciones familiares, el declive del significado social de la familia, la desaparición del vecindario y la socavación de la base tradicional de solidaridad social.

Por otro lado, otras definiciones dan cuenta de aspectos cualitativos que resaltan el aspecto del núcleo, existencia de determinados servicios, estatuto jurídico, función administrativa, etcétera; o las basadas en criterios cuantitativos, que destacan número de habitantes, densidad de población, porcentaje de trabajadores no agrícolas, entre otros (Pulido & Amaya, 2015).

El proceso de consolidación de las ciudades puede analizarse en tres etapas universales. La preindustrial, la industrial y la posindustrial, las cuales, según Munizaga (1997, como se cita en Pulido & Amaya, 2015), se relacionan con los periodos técnicos: paleo-técnico, neo-técnico e informacional (Pulido & Amaya, 2015).

La primera etapa se enmarca en el surgimiento de las primeras ciudades hasta la llegada de la Revolución Industrial, en esta época se encuentran las ciudades medievales y las ciudades coloniales hispanoamericanas, las cuales evocan un origen funcional. Dentro de sus rasgos se encuentran la presencia de problemas sanitarios,

la carencia de sistemas de eliminación de excretas y agua potable, la escasa especialización en el uso de la tierra, la gran dependencia a animales para producir energía y como transporte de carga (Pulido & Amaya, 2015).

Con el advenimiento de la revolución industrial (segunda etapa), las ciudades adquieren nuevas características, entre estas el crecimiento demográfico y expansión de sus fronteras, la horizontalización y verticalización de la ciudad, el incremento de los procesos migratorios (especialmente los provenientes desde ámbitos rurales) y una mayor especialización funcional y diversificación de su base económica, lo cual conllevó a una mayor diferenciación en el uso de la tierra y la aparición de barrios y zonas industriales. Por otro lado, emergieron nuevas formas de transporte, como el tren y el automóvil; por lo tanto, una gran dependencia a los motores. A nivel socio-ambiental se produjeron procesos de segregación, exclusión social y pobreza, así como problemas ambientales relacionados, especialmente con la contaminación atmosférica y las dificultades de disposición de desechos líquidos y sólidos y la contaminación sonora y baja movilidad, lo cual promovió los primeros estadios de planeamiento urbano como mecanismo regulador del crecimiento y organización de la ciudad (Pulido & Amaya, 2015).

En la etapa postindustrial o informacional (tercera etapa) ocurrió una gran diversificación de la economía, se fortaleció el sector terciario y cuaternario, así como se transformó la ciudad en un espacio de consumo globalizado y homogeneizado, una expansión física de la ciudad en forma no continua, fragmentada y difusa que se extiende hacia áreas periurbanas, y el incremento de los problemas ambientales asociados al consumo de energía, el transporte masivo, la expansión urbana y, aún, el problema con la disposición de desechos sólidos y líquidos (Pulido & Amaya, 2015).

## Las etapas de crecimiento de la ciudad de Bogotá y la gestión de las basuras

En el desarrollo histórico de la ciudad, se destacan etapas de crecimiento asociadas al desarrollo técnico, económico y social. Bogotá, durante su consolidación como ciudad, ha presentado las etapas paleo-técnica, neo-técnica e informacional, en las cuales no solo se ha establecido una organización ecológica y socioeconómica, sino que se consolidaron las bases sobre las cuales se construyó la gestión actual de las basuras capitalinas. Sin embargo, en Colombia estas fases advienen al país de forma desfasada respecto a lo acontecido a nivel internacional; fue así como la fase de crecimiento paleo-técnico emergió con la Bogotá colonial, la industrial o neotécnica, en la década de los treinta, y la informacional, en la década de los ochenta.

En la Bogotá colonial, es decir, en la fase paleo-técnica, la infraestructura de saneamiento presente en Bogotá era limitada: los particulares y el trabajo indígena fueron la principal fuente de construcción y operación, “El hecho de haber omitido en la fundación de la ciudad su carácter autárquico, los gastos necesarios para la construcción de obras fueron asumidos por sus habitantes” (León, 2006). A finales del siglo XIX, la capital colombiana carecía de servicio de aseo y los residuos eran depositados en la ronda del río San Francisco, a la altura de la carrera cuarta, conocido en ese entonces como el Llano de los Jubilados. A esta calle se le denominó posteriormente la calle del Aseo, dado que hasta este punto llegaban los recolectores particulares que transportaban las basuras en carretas (León, 2006).

A inicios del siglo XX, el elemento central de la gestión de las basuras era la recolección de las mismas y el traslado a una zona alejada del punto de generación. Este servicio era prestado en primera instancia por la Sociedad de Aseo y Ornato, conformada por jubilados y personas prestantes de la ciudad. En 1904 empezaron a visualizarse

los primeros problemas, por lo que este servicio, en 1910, fue tomado por la administración municipal, específicamente por la Dirección de Aseo de la Secretaría de Higiene, sin arrojar cambios significativos (García & Ortiz, 2014).

En 1922, como consecuencia de la emergencia sanitaria por la inundación de basuras al interior de la ciudad, se emplearon procesos de quema, utilizando como combustible el petróleo; actividad ejecutada en lo que hoy se conoce como el barrio Quiroga (Collazos, 2013). En 1926, el Concejo de Bogotá aprobó la compra de camiones recolectores, así como la adquisición de hornos incineradores y el emplazamiento de botaderos en espacios cercanos a los hornos, los cuales se emplearon como estaciones de transferencia provisionales. En 1938, la recolección de cerca 178.197 m<sup>3</sup> se realizaba en cuarenta equipos de tracción animal y veintinueve volquetas de tracción mecánica (León, 2006). Los hornos solo se adquirieron hasta 1940, pero ya en 1943 empezaron a presentar serios problemas, en especial por los costos de mantenimiento y operación, que condujeron a su posterior cierre, lo que hizo que se volviera a emplear la técnica de vertederos no controlados, como el hallado en lo que hoy se conoce como la Academia Colombiana de la Lengua (Collazos, 2013).

Por estos mismos años, el proceso de urbanización y planificación de la ciudad de Bogotá se enfrentaba a un desorden institucional, lo cual en parte se debió a la consolidación de orden semindustrial promovida por la política de la sustitución de las importaciones. Esto llevó al fortalecimiento de las industrias de consumo, debido a la migración campo-ciudad, en especial por la violencia acontecida en el país; y conllevó a la generación de un nuevo orden espacial de la ciudad y a la reconstrucción del equipamiento urbano, lo cual demandó la financiación de índole multilateral, así como la creación del Distrito Especial y la inclusión al mismo Distrito de Municipios Circunvecinos, lo que amplió la franja territorial, pero también el campo de acción de las entidades prestadoras de servicios (León, 2006).

En 1954 y ante la llegada de la segunda etapa de la consolidación de la ciudad, se formuló el Decreto Legislativo 3300, por el cual se permite crear empresas prestadoras de servicios públicos. En 1956, el Consejo del Distrito Especial de Bogotá aprobó la creación de la Empresa Distrital de Aseo como una “entidad autónoma, descentralizada, con patrimonio especial y personería jurídica” (León, 2006, p. 151), la cual debió cumplir con las funciones de barrido y limpieza, recolección, tratamiento y aprovechamiento de las basuras dentro del territorio del Distrito. Entró a operación el primero de agosto de 1959 (García & Ortiz, 2014). En 1960, la empresa debió recoger cerca de 607.111 m<sup>3</sup> de residuos provenientes de los 378 barrios distribuidos en once zonas que conforman la ciudad,

así como la de cuatro municipios anexados en 1954. En 1964 la ciudad estaba conformada por 653 barrios con una producción de 739.423 m<sup>3</sup> (Preciado & Almanza, 2005).

En 1969, bajo la administración de Virgilio Barco, se amplía el parque automotor destinado a la recolección de las basuras, incluyendo vehículos barredores y compactadores y, por otro lado, se modifica el servicio de recolección: se pasó de canecas metálicas a bolsas plásticas, con el propósito de dar abasto en la recolección de basuras generadas en la ciudad que eran cada vez mayores y las cuales habían pasado de 50.000 ton/d, en 1966, a 216.000 ton/d para el año 1969 (Preciado et al., 2005).

*Imagen 2. Vehículos para recolección de residuos del EDIS.*



*Fuente: El Espectador<sup>4</sup>*

En 1971 se construyeron los dos primeros rellenos sanitarios para Bogotá, en lo que hoy se denomina Gibraltar, al suroccidente de la ciudad, cerca al barrio Patio Bonito, localidad de Bosa, con un área de 70 hectáreas; y el Cortijo, ubicado al noroccidente de Bogotá, con un área de 79 hectáreas; sin embargo, el funcionamiento técnico solo fue por pocos años, en especial por la escases de material de cobertura. Estos dos rellenos albergaron 1.236 ton/d, lo que representaba casi 5.000 m<sup>3</sup> de basura, lo que a esa fecha correspondía a 0.734 Kg/hab-d. En 1984 se clausuró

el relleno del Cortijo y, por lo tanto, Gibraltar albergó el total de los residuos dispuestos (Preciado et al., 2005).

A finales de los setenta e inicios de los ochenta, la EDIS enfrentó problemas tanto políticos como operacionales, estos últimos como consecuencia del crecimiento demográfico de la ciudad, así como por el cambio en los patrones de consumo, tal como se refleja en el incremento en la PPC presentado por León Paimé (2006). Lo anterior se vio reflejado en la baja cobertura del servicio de recolección, lo cual obligó al depósito de los residuos en las rondas de los ríos y humedales (Preciado et al., 2005).

<sup>4</sup> Recuperado de: <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/cuando-petro-promovio-revocatoria-del-alcalde-el-tema-d-articulo-394912>

**Tabla 1**  
*Incremento en la producción per cápita de residuos en Bogotá.*

Año	Fuente	Población (hab.)	Producción (Kg/d)	PPC (kg/hab-d)
1971	EDIS	2.672.400	1.890	0,7072
1972		2.792.800	2.600	0,9309
1974	EDIS	3.135.900	2.400	0,7653
1979	EDIS	4.291.000	3.820	0,8902
1984	Planeación Distrital	4.885.102	5.520,166	1,1300
1985	Cámara de Comercio	4.885.102	5.520,166	1,1300
1988	Planeación Distrital	4.885.102	5.520,166	1,1300

*Fuente: León (2006).*

La clausura del botadero Gibraltar se da en 1988, para dar paso al Relleno Sanitario Doña Juana (RSDJ), operado inicialmente bajo la modalidad de concesión por la empresa PROSANTANA (Collazos, 2013). La operación del relleno se planteó desde un inicio para que fuera de índole privado, con el fin de evitar bloqueos por parte del sindicato de la EDIS (León, 2006).

Mediante el Decreto 888 de 1988, tras la declaratoria de la emergencia ambiental y social para Bogotá, el Alcalde Mayor de la ciudad de ese entonces, Andrés Pastrana, abrió campo para la inclusión de nuevas empresas de libre competencia<sup>5</sup>, como Limpieza Metropolitana (LIME) y Ciudad Limpia, con el fin de mejorar la calidad, cobertura, continuidad y eficiencia del servicio, lo que fue la base del sistema de contratación, la zona entregada y la forma de pago por las toneladas de residuos recogidos (Sylvestre, 2004). Lo anterior promovió a que en Bogotá no existiera (y aún no existan) programas de reutilización y reciclaje de basuras, ya que entre más basuras dispuestas, mayores pagos.

Durante el postfordismo (tercera etapa), el Estado, liderado por el hoy expresidente Cesar Gaviria, promovió la privatización mediante el Plan de Desarrollo: La Revolución Pacífica, a través del cual se volvió determinante el papel de la financiación multilateral. De esta manera,

<sup>5</sup> Esta inclusión de nuevas entidades se conoce, como la departamentalización de la entidad y no de privatización.

el Estado trasladó, tanto las actividades como las rentabilidades al sector privado, los servicios públicos dejaron de ser entendidos como consumos colectivos y empezaron a ser observados como mercancías. Aunque el Estado mantuvo la concepción de servicios como derechos sociales, modificó su papel de la prestación de estos servicios a garantizar el acceso, en términos de mercado, a los mismos. En este momento se marca el final de la EDIS (León, 2006).

Bajo el contrato Interadministrativo No. 017 del 11 de octubre de 2012, se inició el programa de 'Basura Cero' y se seleccionó a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, mediante su filial Aguas de Bogotá, como la empresa prestadora del servicio de aseo de carácter público; de acuerdo con García & Ortiz (2014), se debería encargar de:

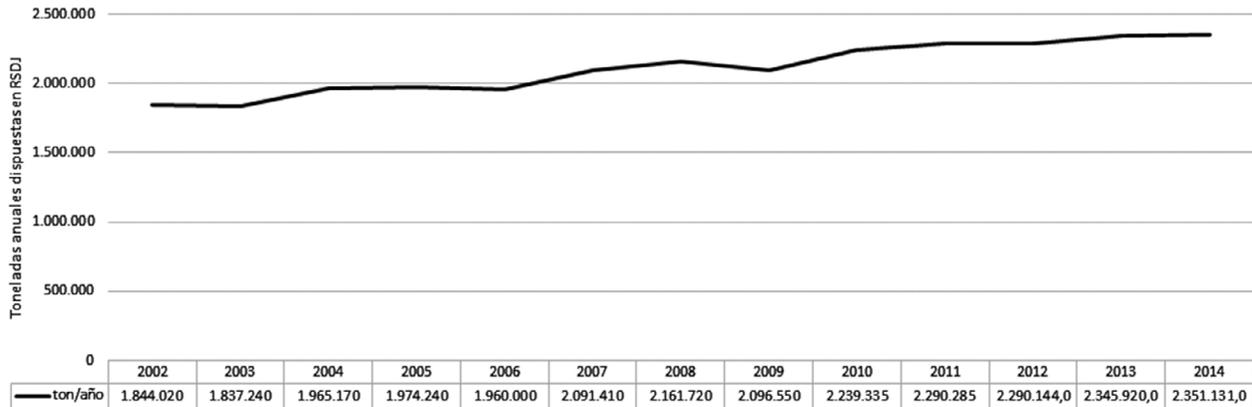
la gestión y operación del servicio público de aseo, con sus componentes de recolección, barrido, limpieza de vías y áreas públicas, corte de césped, poda de árboles en áreas públicas y transporte de residuos al sitio de disposición final, contando con otras actividades de orden financiero, comercial, técnico, operativo, educativo y administrativo que ello conlleva.

Sin embargo, dado los problemas operativos se debió consentir la permanencia de los operadores privados para garantizar una cobertura del 100% del servicio de recolección.

El programa ‘Bogotá, Basura Cero’ está conformado por seis programas: (i) Producción sostenible, (ii) La cultura de reducción y separación en la fuente, (iii) Modelo de reciclaje, (iv) Minimización de la disposición en el Relleno Sanitario Doña Juana (RSDJ), (v) Escombros cero y (vi) Gestión

integral de residuos peligrosos y especiales. No obstante, sus propósitos no se han cumplido y, por lo contrario, se ha registrado un incremento en la cantidad de desechos dispuestos en el relleno sanitario, tal como se puede apreciar en la Gráfica 2.

Gráfica 2. Toneladas de residuos dispuestas en el RSDJ



Fuente: elaborada por el autor a partir de los datos de Alcaldía Mayor de Bogotá (2015).

## Conclusiones

Los rasgos de Bogotá como ciudad, durante sus diferentes fases de crecimiento, son coherentes con los establecidos en la literatura, los cuales, a su vez, inciden en las diferentes alternativas de gestión de las basuras desarrolladas al interior de la capital colombiana. Sin embargo, el problema de recolección y transporte de los residuos ha permanecido desde la Bogotá colonial hasta la Bogotá postindustrial. Ambas permanecen hoy en día como elemento esencial en la gestión de las basuras.

La gestión de las basuras en la Bogotá colonial se caracterizó por la fuerte dependencia de la energía animal, así como su disposición en lugares cercanos a su sitio de generación como consecuencia de la carencia de vías de comunicación; por tanto, en torno a las basuras se presentan pocos flujos de materiales. Por otro lado, durante la Bogotá industrial, la expansión de la ciudad y su crecimiento demográfico magnificaron la problemática, lo cual va ligado al retraso

tecnológico, y que suscitó diversas emergencias ambientales por acumulación de las basuras. En esta misma época se denotó que la gestión de las basuras pasó de ser realizada por la elite de la ciudad a ser ejecutada por la clase menos favorecida de la capital colombiana, situación que aún permanece hoy en día. Cabe señalar que, durante la Bogotá postindustrial se consolida una nueva relación funcional con la ruralidad en torno a albergar los sitios de disposición, lo cual permite trasladar los costos ambientales del problema que emerge en la ciudad. En esta etapa no solo se da el incremento en la cantidad de residuos, sino el aumento en la diversidad de tipología de materiales, lo cual complejiza la gestión de las basuras.

La disposición de las basuras fue vista como un mecanismo de reproducción del capital por parte de las empresas privadas operadoras, lo cual consintió en que desde el final de los ochenta en Bogotá no implementaran programas de reutilización y reciclaje, dado que la forma de pago era por tonelada dispuesta.

## Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá, Observatorio Ambiental de Bogotá. (2015). *Disposición de Residuos en el Relleno Sanitario Doña Juana Per Cápita- DRSPC*. Recuperado de: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=184&v=1>
- Alvear, J. (2014). Las nocivas tendencias del neocapitalismo: ¿economía liberal o economía social. *Actualidad Jurídica*, 30, pp. 215-250. Recuperado de: <http://derecho-scl.udd.cl/investigacion/files/2014/08/Las-nocivas-tendencias-del-neocapitalismo-alvear.pdf>
- Avendaño, E. F. (2015). *Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis del caso Bogotá D.C. programa Basura Cero*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/3417/1/79911240.pdf>
- Carrasco, A. (2007). La sociedad de consumo: origen y características. *Contribuciones a La Economía*, Recuperado de: <http://www.eumed.net/ce/2007a/acr.htm>
- Centro de noticias ONU. (10 de julio de 2014). *Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo*. Recuperado de: <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=29935#.WOameW81-M9>
- Collazos, H. (2013). *Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios*. Bogotá, Colombia Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- RTVE [Productora] & Cosima, D. [Director]. (2011). *Obsolescencia programada, comprar, tirar, comprar*. Noruega.
- Fondo de Población de las Naciones Unidas. (2010). *Migraciones y Urbanización*. Recuperado de: [http://www.unfpa.org.mx/pyd\\_migraciones.php](http://www.unfpa.org.mx/pyd_migraciones.php)
- García, J. C. & Ortiz, M. A. (2014). *Evaluación técnico operativa de la prestación del servicio de aseo bajo el modelo "Bogotá Basura Cero" en la localidad Antonio Nariño, barrio Villa Mayor Oriental*. Bogotá, Colombia: Universidad Autónoma de Colombia.
- León, E. (2006). La historia de la Empresa Distrital de Servicios de Bogotá: Construcción social de un declive organizacional. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 14(1), pp. 135-172.
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de desarrollo sostenible. Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*. Recuperado de: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- Preciado, J., Leal, R.O. & Almanza, C. (2013). *Historia ambiental de Bogotá, siglo XX: elementos históricos para la formulación del medio ambiente urbano*. Recuperado de: [http://www.academia.edu/8817151/HISTORIA\\_AMBIENTAL\\_DE\\_BOGOT%C3%81\\_SIGLO\\_XX\\_ELEMENTOS\\_HIST%C3%93RICOS\\_PARA\\_LA\\_FORMULACI%C3%93N\\_DEL\\_MEDIO\\_AMBIENTE\\_URBANO](http://www.academia.edu/8817151/HISTORIA_AMBIENTAL_DE_BOGOT%C3%81_SIGLO_XX_ELEMENTOS_HIST%C3%93RICOS_PARA_LA_FORMULACI%C3%93N_DEL_MEDIO_AMBIENTE_URBANO)
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT). (2012). *Estado de las ciudades de América Latina y El Caribe. Rumbo a una nueva transición urbana. Brasil*. Recuperado de: [http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com\\_docman&task=catview&gid=362&Itemid=538](http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_docman&task=catview&gid=362&Itemid=538)
- Pulido, N. & Amaya, C. (2015). *Apuntes de geografía urbana: teorías, conceptos, modelos e ideas (Primera ed)*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.
- Skerritt, D. (1998). *Campesinos: ¿de qué hablamos?* Recuperado de: <https://www.uv.mx/ihs/files/2012/11/Cuaderno5.pdf>
- Subgerencia de Tierras Rurales. (2013). *Análisis de diferentes concepciones teóricas del campesino y sus formas de organización*. Recuperado de: <http://www.misionrural.net/articulos/3.%20Campesinado.pdf>
- Sylvestre, A. (2004). *Ojo al plan, Maestro: una mirada crítica del plan maestro para el manejo integral de residuos sólidos de Bogotá*. Bogotá, Colombia: ENDA-América Latina.
- Vargas, J. (2007). Liberalismo, neoliberalismo, postneoliberalismo. *Revista Mad*, (17), pp.66-89. Recuperado de: <http://www.revistamad.uchile.cl/index.php/RMAD/article/viewFile/13938/14230>
- Zuluaga, G.P. (2005). *Dinámicas territoriales en frontera rural-urbana en corregimiento de Santa Elena, Medellín*. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5019/1/43030944-2005.pdf>

## Nota de actualidad

# Tecnologías sostenibles: dispositivos microfluídicos

Juan Valderrama<sup>1</sup>

En parte, la ingeniería ambiental tiene que ver con el diseño de soluciones viables a problemas relacionados con el uso inadecuado de los recursos naturales. Este uso inadecuado se presenta en situaciones como la sobreexplotación o los daños generados por la descarga indiscriminada de sustancias nocivas para el medio ambiente. En cualquiera de los dos casos, nuestra capacidad para medir y cuantificar los daños determina en gran medida la efectividad de las posibles soluciones. Es así que los ingenieros ambientales necesitan apoyarse frecuentemente en herramientas químicas que les permitan analizar el entorno en busca de las causas primarias de este tipo de problemáticas.

Las técnicas de análisis químico son, generalmente, pruebas estandarizadas que nos permiten detectar y cuantificar una sustancia específica diluida en algún sustrato. Teniendo en cuenta que la mayor parte del entrenamiento de los ingenieros ambientales apunta al cuidado del recurso hídrico, el sustrato más importante para ellos es el agua. Sin embargo, el análisis químico del agua puede ser costoso y requiere espacios de laboratorio adecuados, material de vidrio, reactivos y equipos como espectrofotómetros y cromatógrafos. En general, es una tarea que demanda recursos económicos considerables y capital humano especializado.

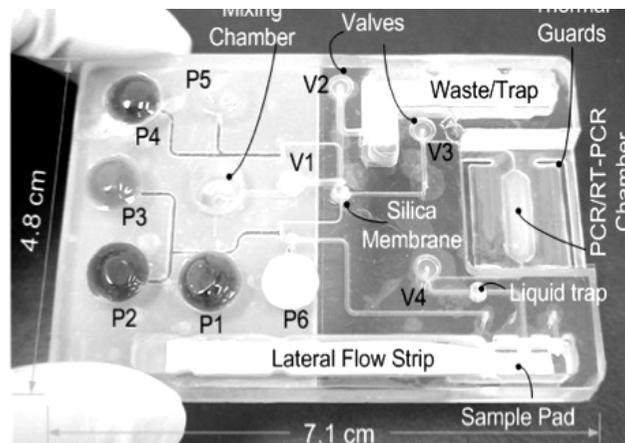
Teniendo en cuenta lo anterior, es natural que muchos esfuerzos se concentren no solo en

minimizar los costos de los análisis, sino también en hacerlos portátiles, de manera que las pruebas se puedan hacer *in situ* para no alterar las muestras que se quieren analizar. Dentro de este contexto, el desarrollo de montajes miniaturizados ha permitido avanzar en estos dos objetivos simultáneamente. En particular, los dispositivos microfluídicos son como pequeños laboratorios que se pueden guardar en un bolsillo. Aquí, los recipientes son reemplazados por compartimentos con volúmenes del orden de microlitros o nanolitros y la manipulación de las muestras y reactivos (líquidos por lo general) se logra mediante tuberías con diámetros inferiores a un milímetro.

Esta reducción dramática de tamaño necesariamente implica un bajo consumo de reactivos y una reducción de costos considerable. También, ha dado lugar a la tendencia *lab on a chip*, haciendo una analogía con los *chips* electrónicos, donde toda la infraestructura para llevar a cabo millones de operaciones lógicas se concentra en dispositivos de tamaño inferior a un centímetro cuadrado. Esto se hace evidente en la Figura 1, donde se presenta un dispositivo microfluídico para el análisis de ácidos nucleicos, desarrollado por investigadores de la Universidad de Pensilvania. Es importante notar cómo todo el esquema de tuberías, válvulas y reactores se acomoda sin problema en un dispositivo de apenas 35 centímetros cuadrados.

<sup>1</sup> PhD. Docente Investigador Facultad de Ingeniería Ambiental.

Figura 1. Ejemplo de dispositivo microfluídico para análisis de ácidos nucleicos.

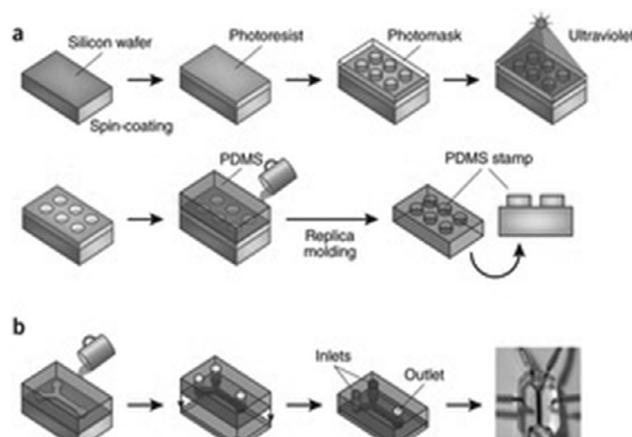


Fuente: *Micro and Nano Fluidics Lab*<sup>2</sup>

A pesar de todas las ventajas y avances logrados en microfluídica, su implementación todavía es limitada debido a las dificultades en la manufactura de estos dispositivos. Existen varios materiales comúnmente usados en microfluídica, como el vidrio y la sílica, pero el material más usado en la actualidad es probablemente el PDMS (Polydimetilsiloxano), el cual es un polímero que se prepara en el mismo momento de montar el dispositivo. La Figura 2 resume el proceso: en la parte a) se describe la fabricación del molde maestro o master, el cual debe ser de un material

rígido y durable. El proceso que se muestra es denominado fotolitografía y permite “estampar” esquemas tridimensionales sobre la “galleta de silicio”, *silicon wafer*, los cuales pueden ser de dimensiones microscópicas. Una vez estampado el master, se vierte la solución precursora del PDMS sobre este. Todo lo que tiene relieve en el master aparecerá como una hendidura en el PDMS solidificado, de manera similar a lo que sucede con un molde de gelatina. De esta manera, de un solo master, se pueden generar muchos dispositivos microfluídicos hechos de PDMS.

Figura 2. Proceso de fabricación de master y moldeo de dispositivos en PDMS.

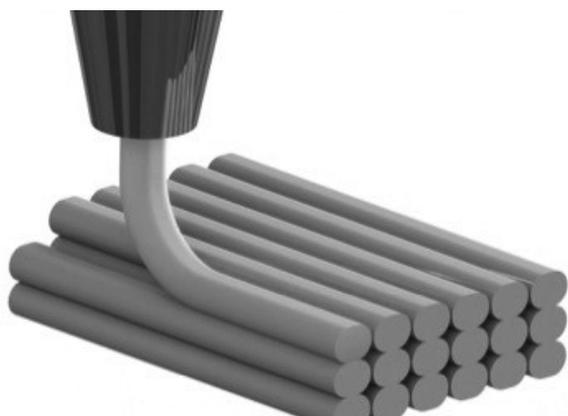


Fuente: *Bhatia & Ingber (2014)*.

<sup>2</sup> Recuperado de: <https://bau.seas.upenn.edu/research/point-of-care-diagnostics-lab-on-chip/>

Desafortunadamente, las técnicas de fabricación de estos master requieren tecnología e instalaciones similares a las usadas en la construcción de microprocesadores, razón por la cual el proceso resulta costoso. Es por esto que muchos estudios están explorando las técnicas de impresión en 3D como posible reemplazo de la tecnología basada en PDMS moldeado por master. La aparición de equipos de bajo costo para impresión en 3D ha promovido el incremento de publicaciones sobre dispositivos microfluídicos basados en esta tecnología. De hecho, los equipos de impresión basados en deposición de polímeros fundidos (los más económicos) son lo suficientemente versátiles para muchas de estas aplicaciones.

Figura 3. Esquema de moldeo por deposición de polímero fundido.



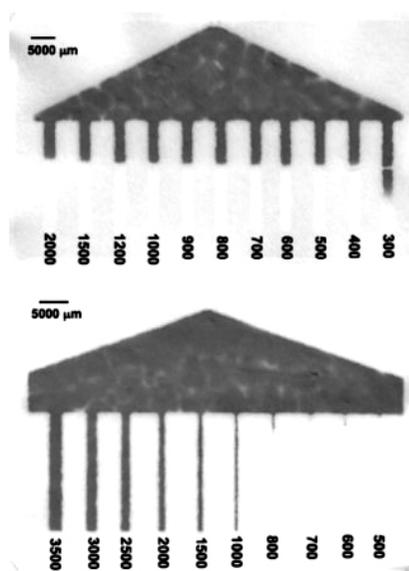
Fuente: adaptación de *A guide to FDM printable plastics and 3D printing filament*.

Como se presenta en la Figura 3, un inyector permite el paso de un polímero fundido, el cual se va depositando y solidificando sobre una superficie. En este orden de ideas, el dispositivo microfluídico fabricado estará compuesto por miles de fibras de polímero acomodadas unas sobre otras. En general, el proceso arranca con el diseño tridimensional usando *software* tipo CAD (*Computer Assisted Design*), para que luego un segundo *software* interprete el diseño inicial y lo convierta en una estructura basada totalmente en estos hilos de polímero. Gracias a esta técnica, se han desarrollado dispositivos con

electrodos para análisis de tejidos y detección de bacterias patógenas (Au *et al.*, 2016).

Continuando con la tendencia de reducción de costos, lo más reciente es la fabricación de dispositivos microfluídicos basados en papel. En este caso, lo que se aprovecha es la capacidad capilar del papel, la cual permite el flujo de líquidos sin la necesidad de un dispositivo de bombeo externo. El desafío aquí consiste en confinar el flujo de tal manera que el líquido se dirija únicamente a las zonas deseadas. Esto se consigue mediante el estampado de cera sobre el papel. La cera es una sustancia altamente hidrofóbica que permite impermeabilizar el papel, limitando el espacio donde se puede presentar capilaridad. El estampado con cera puede ser tan sencillo como dibujar con un crayón o tan sofisticado como la deposición de cera caliente usando tecnología de inyección por burbuja (como en las impresoras domésticas). Una técnica recientemente desarrollada usa el estampado tipo *screen* para “dibujar” con cera los canales de un dispositivo microfluídico (Samee *et al.*, 2014), como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Dispositivos con canales de cera estampados sobre papel (la cera impide que el líquido rosado circule por la capilaridad hacia toda la hoja y lo confina dentro de los canales).



Fuente: adaptado de Chung *et al.* (1989).

Gracias a estas tecnologías recientes, es posible que seamos partícipes de una popularización importante de los dispositivos microfluídicos. En el caso de la ingeniería ambiental, ya existen dispositivos que permiten medir pH (Smyth *et al.*, 2008), analizar la dureza del agua (concentración de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ ) (Karita & Kaneta, 2016), medir la alcalinidad (Karita & Kaneta, 2014) y detectar coliformes (Stokes *et al.*, 2001).

En conclusión, los últimos avances en tecnologías de bajo costo para la fabricación de dispositivos microfluídicos están abriendo posibilidades muy interesantes en el campo del monitoreo ambiental. De los investigadores locales dependerá en gran parte que esta revolución llegue pronto a nuestro país.

## Referencias

- 3Devo. (2015). *The FDM technology - One Step Closer To The Future*. Recuperado de: <http://3devo.eu/guide-fdm-printable-plastics-3d-printing-filament/>
- Au, A.K., Huynh, W., Horowitz, L.F. & Folch, A. (2016). 3D-printed microfluidics. *Angewandte Chemie*, 55(12), pp. 3862-3881.
- Bhatia, S.N. & Ingber, D.E. (2014). Microfluidic organs on chips. *Nature biotechnology*, 32(8), pp. 760-772.
- Chung, C.T., Niemela, S.L. & Miller, R.H. (1989). One-step preparation of competent *Escherichia coli*: transformation and storage of bacterial cells in the same solution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 86(7), pp. 2172-2175.
- Karita, S. & Kaneta, T. (2014). Acid-Base Titrations Using Microfluidic Paper-Based analytical devices. *Analytical Chemistry*, 86(24), pp. 12108-12114.
- Karita, S. & Kaneta, T. (2016). Chelate titrations of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  using microfluidic paper-based analytical devices. *Analytica Chimica Acta*, 924, pp. 60-67.
- Micro and Nano Fluidics Lab. (s.f.). *Point of care diagnostics (Lab on chip)*. Recuperado de: <https://bau.seas.upenn.edu/research/point-of-care-diagnostics-lab-on-chip/>
- Sameenoi, Y., Nongkai, S., Nouantavong, S., Henry C.S. & Nacapricha, D. (2014). One-step polymer screen-printing for microfluidic paper-based analytical device ( $\mu$ PAD) fabrication. *Analyst*, 139(24), pp. 6580-6588.
- Smyth, C., Lau, K.T., Shepherd, R.L., Diamond, D., Wu, Y., Spinks, G.M. & Wallace, G.G. (2008). Self-maintained colorimetric acid/base sensor using polypyrrole actuator. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 129(2), pp. 518-524.
- Stokes, D.L., Griffin, G.D. & Vo-Dinh, T. (2001). Detection of *E.coli* using a microfluidics-based antibody biochip detection system. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 369(3-4), pp. 295-301.

# Avances en el laboratorio de hidráulica

## Facultad de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil

Fredy Ariza<sup>1</sup>

### Introducción

Actualmente la Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil ha venido desarrollando avances en el mejoramiento de los laboratorios de la Universidad Antonio Nariño (UAN). En estos dos últimos años la Decanatura y la Coordinación Académica propusieron la restauración, innovación y puesta en marcha del Laboratorio de Hidráulica. Inicialmente se arrancó con el propósito de construir el canal de sección recta para realizar prácticas de laboratorio para la disciplina de hidráulica y posteriormente se innovó con el canal para prácticas de vertederos, luego con el banco de tuberías, el modelo de golpe de ariete hidráulico y finalmente se construyeron el modelo de permeabilidad para flujo unidimensional y el modelo a escala de tuberías y desagües.

**Palabras clave:** presa hidráulica, hidráulica de canales y tuberías, golpe de ariete.

### Equipos para prácticas de laboratorio de hidráulica

#### Canal sección recta - Prácticas de hidráulica

Para dar inicio a la construcción del canal para prácticas de hidráulica fue necesario plantear el diseño del canal de sección recta, para lo cual fue preciso realizar un modelo calculado, probado en

versión miniatura, para posteriormente materializar el modelo a escala grande y así realizar su construcción.

*Imagen 1.* Canal de sección recta para prácticas de hidráulica. Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil.



*Fuente:* fotografía tomada por el autor.

<sup>1</sup> Magíster y docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

El canal de sección recta está capacitado para realizar prácticas de laboratorio como curva, fuerza, energía, tipos y estados de flujo, análisis hidráulico en vertederos cresta plana y cresta ancha, rugosidad y salto Ski. Técnicamente, el canal está diseñado para trabajar con diferentes pendientes y consta de cuatro piezómetros, un medidor de volumen de flujo, un dissipador de flujo y la

bomba de impulsión. Este equipo de laboratorio fue desarrollado en beneficio de la enseñanza para los estudiantes de las carreras de Ingeniería Civil y Ambiental de la UAN, cuyo propósito es experimentar en vivo la aplicación de los modelos matemáticos de la teoría para el estudio de la hidráulica en canales de sección recta.

*Imagen 2. Práctica análisis hidráulico en vertedero cresta plana. Laboratorio de Hidráulica.*



*Fuente: fotografía tomada por el autor.*

*Imagen 3. Practica análisis hidráulico en vertederos salto Ski. Laboratorio de Hidráulica.*



*Fuente: fotografía tomada por el autor.*

## Canal de hidráulica - Vertederos planos en cascada

Para el desarrollo de prácticas de laboratorio de hidráulica con vertederos planos, se innovó con un sistema mecánico que permite la graduación de la pendiente en un canal de sección recta, con el fin de observar experimentalmente el comportamiento del flujo al paso de vertederos en cascada con grandes pendientes y masas de caudal considerables. Este equipo de hidráulica tiene la ventaja de manejar caudales de gran velocidad, pues consta de un gran tanque de almacenamiento inferior con interconexión hidráulica a dos tanques superiores, los cuales reciben el flujo que es impulsado por una potente bomba hidráulica,

permitiendo así a los estudiantes observar el comportamiento del flujo en vertederos en cascada y los fenómenos hidráulicos en presencia de diferentes secciones geométricas de vertederos planos. El equipo consta de cuatro vertederos intercambiables, tres compartimientos que a la vez hacen de secciones rectas y una bomba hidráulica de impulsión. En el futuro, los mencionados compartimientos tendrán aplicabilidad para el desarrollo de prácticas de laboratorio de la disciplina 'Plantas de tratamiento para agua potable'.

*Imagen 4. Canal hidráulica de tres compartimientos para prácticas de hidráulica con vertederos planos en cascada. Laboratorio de Hidráulica.*



*Fuente: fotografía tomada por el autor.*

## Banco de tuberías

En el pasado, la UAN ya había desarrollado un tanque volumétrico para aforar caudal en un modelo de tuberías en serie y paralelo; sin embargo, el proyecto carecía de un segundo módulo que le permitiera medir las diferentes alturas hidráulicas de las relaciones entre la presión y la densidad volumétrica de flujo. Con el programa de restauración y puesta en marcha de los Laboratorios de Hidráulica de la Universidad, se propuso construir un banco de piezómetros con el fin de integrarlo al módulo existente, para poder medir las diferentes cargas hidráulicas de los diferentes puntos y accesorios del modelo de tuberías correspondiente.

El banco de tuberías fue probado en la disciplina de 'Hidráulica' y permite a los estudiantes observar en vivo los conceptos de pérdidas

hidráulicas en tramos rectos y accesorios para tuberías. El banco de tuberías consta de seis tuberías con rugosidades distintas, 17 piezómetros, un tanque volumétrico para cuantificar la relación de volumen en la unidad de tiempo y una bomba hidráulica de impulsión. Actualmente, presta sus servicios académicos para la materia de Hidráulica.

*Imagen 5. Banco de tuberías y piezómetros. Laboratorio de Hidráulica.*

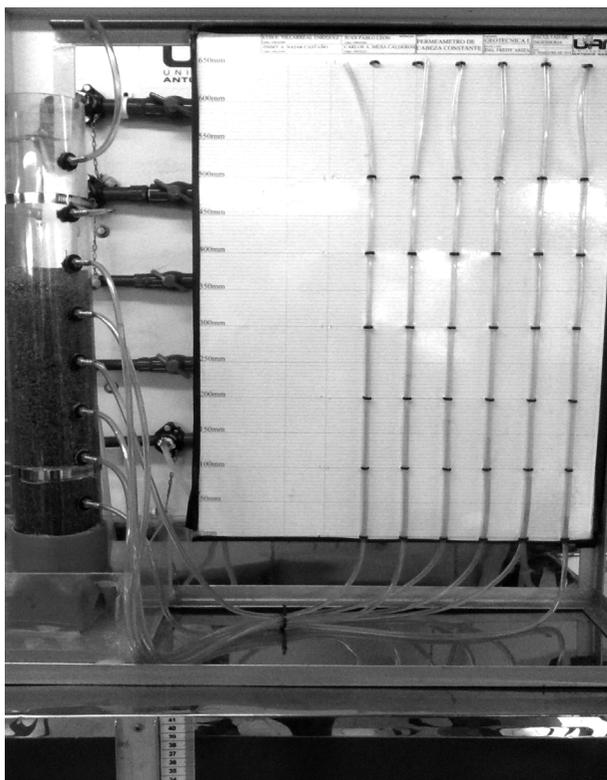


*Fuente: fotografía tomada por el autor.*

## Modelo hidráulico para permeabilidad unidimensional en suelos

En la disciplina 'Geotecnia', se propuso la construcción de un modelo hidráulico para experimentar el flujo unidimensional, con el fin de estudiar el comportamiento de un flujo en un medio poroso de una masa de suelo. El objetivo del experimento consiste en que se pueda medir el caudal de descarga con el fin de poder calcular el gradiente hidráulico, la velocidad de descarga, la velocidad del flujo dentro de los vacíos del suelo y comprobar la relación de vacíos, la porosidad y, finalmente, cuantificar el coeficiente de permeabilidad de la masa de suelo experimentada.

*Imagen 6.* Banco de permeabilidad para carga hidráulica constante; es utilizado para el estudio y análisis del flujo unidimensional en una masa de suelo porosa.



*Fuente: fotografía tomada por el autor.*

## Modelo de instalaciones hidrosanitarias - Tuberías de presión

Apoyados en la disciplina 'Proyecto de Grado', surgió la necesidad de realizar el diseño y creación de un modelo hidráulico que permitiera la enseñanza de las instalaciones hidrosanitarias en una edificación. Este modelo fue desarrollado por un grupo de estudiantes bajo la dirección docente en la disciplina. El modelo en la actualidad hace parte del Laboratorio de Hidráulica, donde se realizan prácticas para el análisis del trazado de las tuberías de presión y sanitarias; ha sido de gran utilidad académica para los estudiantes, porque permite la observación precisa del isométrico de las instalaciones construidas.

*Imagen 7.* Banco de instalaciones hidrosanitarias. Laboratorio de hidráulica



*Fuente: fotografía tomada por el autor.*

## Modelo 'Golpe de Ariete'

La Universidad había desarrollado anteriormente el chasis para un banco de experimentación tipo golpe de ariete. Se realizó el mejoramiento del sistema de presión con el fin de lograr observar la carga hidráulica producida por el cierre abrupto de una válvula de globo. Actualmente, el equipo fue pintado y restaurado y está en funcionamiento en el Laboratorio de Hidráulica. Presta sus servicios de manera normal y permite la experimentación, la observación y deducción del famoso golpe de ariete hidráulico.

*Imagen 8.* Banco golpe de ariete hidráulico. Laboratorio de Hidráulica



*Fuente: fotografía tomada por el autor.*

## **Interacción laboratorio de hidráulica con otros programas de ingeniería civil**

La Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil, a través de su delegado, realizó el ofrecimiento del Laboratorio de Hidráulica ante la Red de Programas de Ingeniería Civil (REPIC). El presidente de REPIC tomó atenta nota y transmitió la noticia en la asamblea a los Decanos de la REPIC, quienes se mostraron complacidos con los logros desarrollados en la UAN y prometieron prontamente la visita a la Universidad.

## **Referencias**

Ranald, G., Evett, J.B. & Cheng, L. (1994). *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. Madrid, España: McGraw Hill.

## **Agradecimientos**

Los programas de Ingeniería Civil y Ambiental agradecen la colaboración a la planta docente, a los alumnos participantes en los desarrollos de los proyectos en mención y a la Coordinación Académica de la Universidad Antonio Nariño.

## Acreditación

# ¿Cómo vamos en la acreditación de Ingeniería Civil?

Edwin Humberto González<sup>1</sup>

En octubre de 2015 las directivas de la Universidad tomaron la decisión de acreditar el programa de Ingeniería Civil, no solo en Bogotá, sino en Pereira. Esta medida fue fundamentada en el alto crecimiento del programa y en su tradición e impacto en el medio.

Desde la facultad, esta noticia fue recibida con complacencia y la vez con preocupación, dado el gran reto que significa, ya que conocemos las fortalezas y oportunidades de mejora de nuestro programa, tanto en Bogotá como en Pereira: dos programas con grandes cualidades, características y semejanzas.

Tomada la decisión institucional, las directivas del programa se reunieron con la Oficina de Autoevaluación y Acreditación Institucional (OAA) para demarcar la ruta y analizar las ventajas de adelantar los dos procesos en forma simultánea. El paso siguiente fue conformar el Comité de Autoevaluación y Acreditación del programa en cada sede y conocer los documentos que se deberían abordar para adelantar el proceso: Lineamientos de Acreditación de Programas 2013, emitido por el Concejo Nacional de Acreditación, y el Modelo Autoevaluación Institucional.

Gráfica 1. Modelo Autoevaluación Institucional – UAN.



Fuente: Oficina de Autoevaluación y Acreditación de la Universidad Antonio Nariño.

<sup>1</sup> Doctor y Coordinador Autoevaluación y Acreditación. Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil.

Una vez apropiados los lineamientos y la metodología, se elaboró un cronograma:

Tabla 1

*Cronograma de Autoevaluación con miras a la Acreditación del programa de Ingeniería Civil–Bogotá.*

FASE	ACTIVIDAD	FECHA INICIO	FECHA ENTREGA
Decisión institucional y conformación del equipo	Documento de Apreciación de Condiciones Iniciales (DACI).	Octubre 2015	Enero 2016
Línea de entrada y preparación	Documento Línea Base. Análisis de Referenciación. Plan de Mejora Cero.	Febrero 2016	Abril 2016
Metodología conceptual	Paradigmas de calidad Modelo de ponderación.	Mayo 2016	Junio 2016
Recopilación de la información	Recopilación de la información. Aplicación de instrumentos. Informe descriptivo.	Julio 2016	Septiembre 2016
Elaboración de juicios	Jornada de calificación.	Octubre 2016	Octubre 2016
Elaboración del informe final	Consolidación informe final.	Noviembre 2016	Noviembre 2016
Plan de mejoramiento	Elaboración de planes y proyectos de mejoramiento de autoevaluación. Visita de pares amigos.	Diciembre 2016	Enero 2017

*Fuente: Comité de Autoevaluación y Acreditación, Ingeniería Civil.*

El programa, para afrontar este reto, diseñó una ruta que permitió analizar en dónde se está y para dónde se va:

*Gráfica 2. Camino hacia la acreditación.*



*Fuente: Comité de Autoevaluación y Acreditación, Ingeniería Civil.*

El desarrollo del proceso de acreditación para el programa, de acuerdo al modelo, es el siguiente:

En la Fase I, después de la decisión institucional, se procedió a conformar el equipo de trabajo (Comité de Autoevaluación y Acreditación del

Programa), el cual quedó conformado de la siguiente manera:

**Decano de la facultad:**

Ing. Diana Isabel Quintero Torres

**Coordinador de Autoevaluación y Acreditación:**

Dr. Edwin Humberto González Rojas

**Coordinador Académico:**

Ing. Freddy Ariza

**Director de UDCII:**

Ing. Edison Osorio Bustamante

**Representante de Profesores:**

Ing. Juan Daniel Valderrama

**Representante de Estudiantes:**

Jimmy Najar

**Representante de Egresados:**

Ing. Alexandra Morales

En esta fase es importante conocer y entender el espíritu de la acreditación, para lo cual es necesario apropiarse los lineamientos del CNA

formulados para la acreditación de programas y actualizados a 2013.

En la Fase II se desarrollaron actividades que condujeron a establecer las condiciones de entrada del programa al proceso de acreditación de alta calidad. Se elaboraron diferentes documentos, entre ellos la Línea Base, en la cual se debe identificar desde los diferentes factores y características el estado actual del programa. Por otra parte, se realizó el análisis de referenciación, el cual consiste en relacionar las fortalezas reconocidas por el Ministerio de Educación a los programas acreditados en la región e identificar, de acuerdo a los lineamientos, en qué se centra el CNA para reconocer los programas como acreditables y, de acuerdo a la línea base del programa, realizar el mismo ejercicio.

Por último, se desarrolló un plan de mejoramiento cero, que corresponde a las oportunidades de mejora identificadas en la línea base.

La Fase III es de vital importancia, dado que en ella se elaboran los paradigmas de calidad, que son básicamente el ideal de formación que busca el programa dentro de su contexto, y debe corresponder a la evidencia de cómo se explicita en el programa la misión y visión, tanto institucional como del programa. No se debe confundir con el estado actual del programa, sino cómo vemos el programa bajo la óptica de un ideal de formación. Estos paradigmas los elaboramos para el programa, los factores y características.

Para la ponderación de los factores y características se inició por los factores, dándoles un nivel de jerarquización en orden de importancia respecto a la incidencia de estos en el proceso de formación de alta calidad. Luego, se procedió a realizar el mismo ejercicio de las características dentro del factor, se determinó cómo incide cada característica en el logro del ideal del factor. Es importante en este ejercicio tener en cuenta los paradigmas de calidad.

Una vez establecida la jerarquización de los factores, se tomó una escala de 1 a 100 en porcentaje y se procedió a dar un valor numérico que corresponde a esa priorización establecida previamente. Así, se determina el peso de cada

factor. El mismo procedimiento se realiza con las características para darle un peso dentro del factor, la escala es similar.

Actualmente, se le está dando inicio a la Fase IV, que abarca diferentes etapas, la recopilación de la información, para lo cual se utiliza una matriz fuente de información, lo cual facilita la ubicación (oficinas o responsables) y consecución de la información y soportes requeridos. Igualmente, se van a aplicar instrumentos (encuestas) elaborados por la Oficina de Autoevaluación y Acreditación Institucional a la comunidad académica (profesores, estudiantes, administrativos y directivos) y empresarial (egresados y empleadores).

La recopilación de la información, tanto institucional como del programa, recopilada a través de las encuestas o los soportes en las oficinas, es la base para escribir el informe descriptivo, que es el documento en donde queda recopilada toda la información del programa a través del desarrollo de los factores, características y aspectos.

El suministro de información sobre las actividades o percepciones (encuestas), por parte de la comunidad académica, es de vital importancia y son insumo para el proceso de acreditación.

## Referencias

Acuerdo 201 de 2012. Apreciación de condiciones iniciales para la acreditación. Bogotá, Colombia. Consejo de Educación Superior, Ministerio de Educación Nacional.

Consejo Nacional de Acreditación de Programas. (2006). *Lineamientos de acreditación de programas*. Bogotá, Colombia: Corcas Editores LTDA.

Sistema Nacional de Acreditación, Consejo Nacional de Acreditación. (2013). *Lineamientos de acreditación de programas de pregrado*. Recuperado de: [http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359\\_pregrado\\_2013.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf)

Universidad Antonio Nariño. (2012). Modelo de acreditación institucional. Disponible en: <http://www.uan.edu.co/oficina-de-autoevaluacion-y-acreditacion-acreditandonos/acreditacion-en-la-uan>

## ¿Qué es la reacreditación?

Edwin Humberto González Rojas

La reacreditación es un proceso mediante el cual un programa que es reconocido como de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), según recomendación del Consejo Nacional de Acreditación (CNA), reivindica estas condiciones de calidad ante el MEN, con lo cual se adelanta un procedimiento de verificación y mejoramiento de las fortalezas y oportunidades de mejoras ya reconocidas, afirmando una cultura de autoevaluación del programa que le

permite el mejoramiento continuo de sus funciones sustantivas y de aquellas establecidas como prioritarias por la Institución.

El programa de Ingeniería Ambiental recibió la resolución de reconocimiento de Acreditación de Alta Calidad en Junio de 2014. Los puntos relevantes por los cuales fue reconocida la calidad del programa son estos:

Tabla 1

*Fortalezas del Programa de Ingeniería Ambiental, de acuerdo a la resolución de acreditación de alta calidad.*

ASPECTO	FORTALEZA
Planta docente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformada por once profesores, ocho de tiempo completo, dos de medio tiempo y uno de cátedra; de los cuales tres tienen doctorado, seis maestrías y dos con especialización.</li> <li>• Atienden el desarrollo de las funciones sustantivas del programa y una población de 150 estudiantes.</li> </ul>
Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poseer un Grupo de Investigación (Gresia, en categoría C de Colciencias), cuyas líneas de investigación son pertinentes.</li> <li>• Vinculación de estudiantes al proceso de investigación formativa y de innovación.</li> <li>• Realizar la coordinación científica colombiana de la red eureka SD.</li> <li>• Contar con un proyecto de regalías (Sistema Nacional de Regalías).</li> </ul>
Producción académica de profesores (5 años)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 31 artículos, cuatro revistas indexadas internacionales, tres en revistas indexadas nacionales.</li> <li>• Un libro y tres capítulos de libro.</li> </ul>
Estructura curricular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuada fundamentación teórica.</li> <li>• Orientación a la formación integral, la interdisciplinariedad, la creatividad y la flexibilidad.</li> <li>• Modelo integral concebido en el Proyecto Educativo Institucional (PEI) y el Programa de Evaluación del Profesorado (PEP).</li> </ul>
Acciones de cooperación nacional e internacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pertenecer a la Red Colombiana de Formación Ambiental (RCFA).</li> <li>• Tener estrecha relación con entidades como: el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y ser fundadores de Bioinnova, Chocó.</li> </ul>
Infraestructura física	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuada dotación de aulas, oficinas, computadores, aulas informáticas, <i>campus agreement</i>, laboratorios y disponibilidad de equipos audiovisuales.</li> <li>• Contar con el licenciamiento de <i>MatLab</i> y el nuevo laboratorio de aguas.</li> </ul>
Egresados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se reconoce la inserción de los egresados en el sector público y privado.</li> </ul>

*Fuente: resolución acreditación, Ingeniería Ambiental.*

<sup>1</sup> Coordinador Autoevaluación y Acreditación. Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

El proceso debe seguir los lineamientos del CNA, el cual incluye la “Guía para la renovación de la acreditación de programas académicos de pregrado” (2016), el Acuerdo 03 de 2011 del el Consejo Nacional de Educación Superior (CESU), Ministerio de Educación Nacional, las Políticas Institucionales y el Modelo de Autoevaluación de la UAN.

A partir de este momento se ha trabajado en fortalecer las oportunidades de mejoramiento identificadas por los comisionados del Consejo Nacional de Acreditación (CNA). En este sentido, desde octubre de 2014 se desarrollaron tres proyectos (infraestructura, investigación y fortalecimiento de los procesos de formación), los cuales fueron presentados a la Oficina de Autoevaluación y Acreditación Institucional y la Oficina de Planeación.

En este sentido, el programa ha venido desarrollando los objetivos planteados en los proyectos para dar respuesta a la resolución y prepararnos para la reacreditación del programa.

Adicionalmente, el programa se ha proyectado a nivel nacional y ha elaborado los registros calificados para seis ciudades (Pereira, Duitama, Santa Marta, Neiva, Villavicencio e Ibagué), de los cuales ya se ha radicado ante el Ministerio de Educación Nacional el de Pereira y se está a la espera de la Resolución de Extensión de la Acreditación para esta ciudad.

## Referencias

Acuerdo 03 de 2011. Por el cual se establecen los lineamientos para la acreditación de programas de instituciones acreditadas institucionalmente. 8 de julio de 2011. Bogotá, Colombia. Recuperado de: [http://www.cna.gov.co/1741/articles-186370\\_Acuerdo\\_03\\_2011.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-186370_Acuerdo_03_2011.pdf)

Acuerdo 201 de 2012. Apreciación de condiciones iniciales para la acreditación. Bogotá, Colombia. Consejo de Educación Superior, Ministerio de Educación Nacional.

Consejo Nacional de Acreditación de Programas. (2006). *Lineamientos de acreditación de programas*. Bogotá, Colombia: Corcas Editores LTDA.

Sistema Nacional de Acreditación, Consejo Nacional de Acreditación. (2006). *Guía para la renovación de la acreditación de programas académicos de pregrado*. Recuperado de: [http://www.cna.gov.co/1741/articles-186376\\_guia\\_5.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-186376_guia_5.pdf)

Sistema Nacional de Acreditación, Consejo Nacional de Acreditación. (2013). *Lineamientos de acreditación de programas de pregrado*. Recuperado de: [http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359\\_pregrado\\_2013.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf)

Universidad Antonio Nariño. (2012). Modelo de acreditación institucional. Disponible en: <http://www.uan.edu.co/oficina-de-autoevaluacion-y-acreditacion-acreditandonos/acreditacion-en-la-uan>

## Enlaces de interés

### Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá (ORARBO)

<http://www.orarbo.gov.co/>

Herramienta virtual que propicia una interacción entre los diferentes actores interesados en la gestión integral de la cuenca del río Bogotá, donde pueden dar a conocer sus experiencias, obtener información y fortalecer sus procesos de toma de decisiones, investigación y articulación con los demás actores de orden institucional, empresarial, no gubernamental o comunitario.



### Aqueduct water risk atlas global maps 1.0

<http://www.wri.org/resources/data-sets/aqueduct-water-risk-atlas-global-maps-10-projected-change>

Incorporado en la página web del Instituto de Recursos del Mundo (*World Resources Institute*), este atlas muestra el cambio proyectado en el estrés hídrico de línea de base; permite ver las mediciones de los acueductos de la competencia por fuentes de agua limitadas.



### Aqueduct global flood analyzer

<http://www.wri.org//resources/maps/aqueduct-global-flood-analyzer>

Plataforma interactiva que mide los impactos causados por inundaciones a nivel urbano, el efecto en el PIB y en la población, a escala país, estado y cuencas hidrográficas en todo el mundo. Su objetivo es elevar la consciencia sobre los riesgos de inundación y los efectos del cambio climático, mediante el acceso abierto a los datos de riesgo de inundación global de forma gratuita.



## PLAN VÍAS-CC: vías compatibles con el clima

Plan de adaptación de la red vial primaria de Colombia

<http://cdkn.org/wp-content/uploads/2013/07/Plan-de-adaptaci%C3%B3n-transporte.pdf>

El Plan de Adaptación al Cambio Climático de la Red Vial Primaria de Colombia busca plantear soluciones específicas a los retos y oportunidades del desarrollo compatible con el clima. Presenta las medidas concretas que deben emprender las diversas entidades que integran el sector para integrar las variables climáticas desde la planificación hasta la operación de la red vial.

## PLAN VÍAS-CC: vías compatibles con el clima

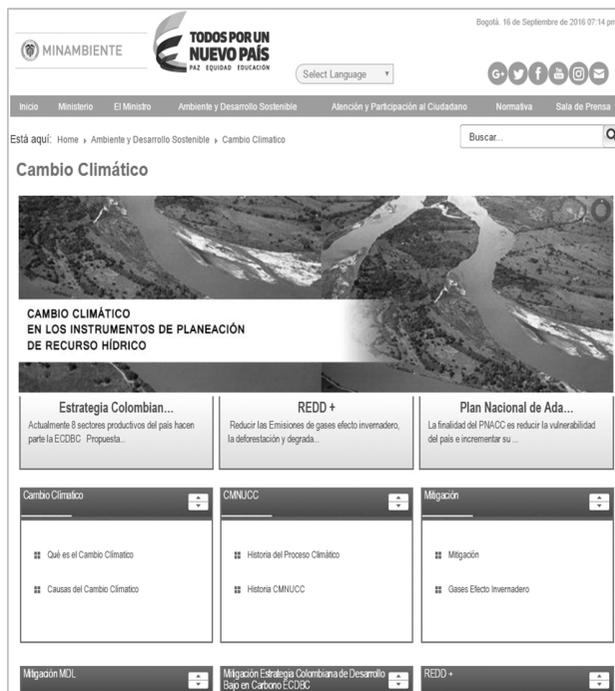
Plan de Adaptación de la Red Vial Primaria de Colombia



## Portal del cambio climático Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

<http://www.minambiente.gov.co/index.php/ambientes-y-desarrollos-sostenibles/cambio-climatico#>

Se promueve el desarrollo de 8 sectores del país desligando el crecimiento de las emisiones de Gases Efecto Invernadero del crecimiento económico nacional. Igualmente, el Portal acompaña la formulación de planes sectoriales y territoriales de Adaptación al Cambio Climático como estrategia para reducir el riesgo de los impactos del Clima en las poblaciones y ecosistemas colombianos, y con miras a desarrollar actividades de reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques.





**UAN**  
UNIVERSIDAD  
ANTONIO NARIÑO

Calle 20 sur No. 13-61.  
Tel: 239 8763  
Correo electrónico: [gresia@uan.edu.co](mailto:gresia@uan.edu.co)  
Bogotá, Colombia

ISSN 2145-0846

