



Vigilada Mineducación

# La Sostenibilidad vista por los Semilleros de Investigación. Sustainability, 2016



Diana Carolina Villamil Pasito  
Adrián Esteban Torres Rivera  
Monika Cristina Echavarría Pedraza  
Leidy Johana Campuzano Gonzalez  
Paula Andrea Gonzalez Roza  
Puerta Gonzalez Luisa Fernanda  
Gómez González Karen Stephania  
Leidy Rocío Galindo Martínez,  
Nicolas Bernal Puentes.  
María Juliana Arias Chaquea,  
Jennifer Tatiana López Monsalve,  
Alison Viviana Martín Acosta.  
Katherine Samantha Aguilar Orjuela  
Viviana Andrea Nope Novoa

Oscar Contreras Bejarano  
Paula Andrea Villegas González  
Leidy Tatiana Silva Ruiz,  
Luis Fernando Vanegas Olaya  
Brandon Julián Montoya Morales  
Andrés Enrique Pulido Londoño  
Diego Alejandro Pinto Moreno  
Rivera Cárdenas Jenny,  
América Herrera Daniel  
María Camila Domínguez Zarco  
Jorge Iván Corredor Guapacho  
Compilador: Javier Ospina Bermeo



# **La Sostenibilidad vista por los Semilleros de Investigación. *Isustainability, 2016***

**Compilador**  
Javier Ospina & Bermeo



Catalogación en la fuente: Biblioteca Universidad EAN

- I. Torres Rivera, Adrian Esteban
- II. Ospina Bermeo, Javier Roberto, Comp.

La Sostenibilidad vista por los semilleros de investigación [Recurso electrónico] / Adrian Esteban Torres Rivera...[et al.]; compilado por Javier Roberto Ospina Bermeo. Bogotá: Universidad EAN, 2016.

332 p.

**ISBN: 978-958-756-438-9**

- 1. Sostenibilidad
- 2. Gestión ambiental
- 3. Llanuras – Arqueología
- 4. Energías alternativas
- 5. Páramos -- Degradación del suelo

**333.72 CDD23**



#### **Edición**

Gerencia de Investigaciones

Mauricio Diez Silva

Gerente de investigaciones

Laura Cediél Fresneda

Coordinadora de publicaciones

Javier Ospina & Bermeo

Compilador

#### **Revisor de estilo**

Andrés Salazar

#### **Diseño y diagramación**

César Augusto Rubiano Moreno

#### **Diseño de carátula**

Alvaro Leonel Guerrero Castiblanco

Publicado por Ediciones EAN 2016.  
Todos los derechos reservados.

ISBN: 978-958-756-438-9

Universidad EAN, Carrera 11 No. 78-47 Bogotá D.C., Colombia, 2016

© Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin autorización de la Universidad EAN

Producido en Colombia.

# Contenido

<b>Prólogo</b>	<b>7</b>
<b>Accesibilidad peatonal en la Calle 53 como aporte a la sostenibilidad</b>	<b>11</b>
Introducción	13
Objetivo general	15
Metodología	16
Marco conceptual	17
Resultados y discusión	21
Conclusiones y líneas de trabajo futuras	26
Referencias bibliográficas	27
Bibliografía	27
Anexos	30
<b>Análisis de experiencias internacionales en la generación de energías alternativas: posibilidades de aplicación en el contexto colombiano</b>	<b>33</b>
Introducción	37
Metodología	40
Resultados y discusión	42
Conclusiones y líneas de trabajo futuras	49
Referencias bibliográficas	50
<b>Análisis multitemporal de coberturas vegetales del Páramo de Chingaza 1997-2010</b>	<b>53</b>
Introducción	57
Metodología	60
Obtención de imágenes satelitales	61
Tratamiento digital	64
Delimitación del área de estudio	66
Análisis espacial de los componentes de la imagen	67
Clasificación digital	69
Resultados y discusión	70
Conclusiones	74
Referencias bibliográficas	76
Bibliografía	77

## **Determinación del funcionamiento hidráulico de los sistemas de campos elevados de la cultura muisca en las llanuras inundables de la Sabana de Bogotá** **79**

Introducción	83
Ubicación y características geográficas del área de investigación: cuenca medio del río Bogotá	86
Cultura Muisca	87
Metodología	90
Resultados y discusión	93
Conclusiones	102
Líneas de trabajo futuras	103
Referencias bibliográficas	104
Bibliografía	105

## **Diagnóstico ambiental de los ecosistemas de la reserva forestal El Delirio (Bogotá, Colombia)** **107**

Introducción	111
Objetivos	112
Metodología	113
Resultados y discusión	118
Cartografía social CED aguas claras	124
Aplicación de la Matriz Leopold para el ecosistema de Bosque Alto Andino	126
Aplicación de la Matriz Leopold para el ecosistema del Páramo	128
Conclusiones y líneas de trabajo futuras	130
Referencias bibliográficas	133
Bibliografía	134

## **Diseño de prototipo de techo verde para captación de agua pluvial: caso de estudio Chapinero, Bogotá, Colombia** **137**

Introducción	141
Metodología	143
Resultados y discusión	145
Conclusiones y líneas de trabajo futuras	155
Bibliografía	156

## **Elaboración de compostaje con microorganismos eficientes a partir de residuos de alimentos -Revisión bibliográfica-** **157**

Introducción	161
Metodología	163
Resultados y discusión	167
Conclusiones y líneas de trabajo futuras	172
Referencias bibliográficas	173

**Evaluación de la calidad de tres pilas de compostaje elaboradas con diferentes mezclas a partir de buchón de agua –*Eichhornia crassipes*– de la laguna de Fúquene** **177**

Introducción	181
Objetivos	182
Investigaciones científicas de soporte al proyecto	183
Marco teórico	185
Compostaje	187
Metodología	190
Resultados	191
Conclusiones	192
Líneas de trabajo futuras	192
Referencias bibliográficas	193

**Evaluación de *Lactuca sativa* e *Hydra attenuata* como indicadores de toxicidad y uso del test de Ames para evaluar mutagenicidad por minería del oro en aguas del río Boque** **195**

Introducción	199
Metodología	200
Bioensayos y Test de Ames	201
Resultados y discusión	202
Test de Ames	208
Encuestas de morbilidad sentida	212
Conclusiones y líneas de trabajo futuras	214
Referencias bibliográficas	215
Bibliografía	217

**Logística verde en una cadena de suministro** **219**

Introducción	223
Metodología	227
Resultados y discusión	229
Conclusiones y líneas de trabajo futuras	231
Referencias bibliográficas	233
Bibliografía	234

**Principales desafíos para la implementación de tecnologías verdes en los procesos industriales en Colombia (caso IT Green)** **235**

Introducción	239
Planteamiento del problema y metodología	243
Marco teórico	246
Resultados	249
IT Green Colombia	252
Conclusiones	255
Referencias bibliográficas	257
Bibliografía	260

## **Producción de biodiesel a partir de grasa de cerdo** **263**

Introducción	267
Metodología	269
Resultados y discusión	271
Conclusiones y líneas de trabajo futuras	272
Referencias bibliográficas	273
Bibliografía	274

## **Representación mediática de la mujer, un estudio de sostenibilidad social** **277**

Introducción	281
Metodología	287
Resultados	290
Conclusiones	290
Referencias bibliográficas	291
Bibliografía	293
Anexo 1	294

## **Sistema de tratamiento biológico de aguas grises** **295**

Introducción	299
Objetivos	301
Metodología	302
Métodos	302
Resultados	305
Discusión	307
Conclusiones	309
Referencias bibliográficas	310

## **Procesos sociales y culturales en la significación del borde urbano** **311**

Introducción	315
Escenarios urbanos desde el fenómeno sociocultural, un problema de expansión urbana	317
Metodología para la significación del borde urbano, escenario de apropiación y arraigo	321
Resultados iniciales del proceso	324
Conclusiones y reflexiones	329
Referencias bibliográficas	331



# Prólogo

## **Sostenibilidad ¡llegó la hora que todos nos involucremos de la mano de los jóvenes!**

Corridos 16 años del siglo XXI, hablar de sostenibilidad en la sociedad se ha convertido en un tema que comienza a permear la cotidianidad de las personas, sin que con ello, esto signifique que todos tienen claridad al respecto. Ahora, es imperante que se haga pedagogía en lo que pretende básicamente la sostenibilidad: procurar que existan recursos para que las generaciones futuras puedan existir. Esto es, cada uno de los que habita el globo terráqueo piense e interiorice que cada día debe velar por administrar responsablemente el uso y consumo de los recursos para su existencia; así como también, caer en la cuenta que trascender se extiende a garantizar que el legado de cada quien, está en haber contribuido a la existencia sostenible de los que llegarán a poblar este planeta.

Por ello, la generación de estrategias que propendan por sensibilizar y poner en marcha acciones concretas que busquen alcanzar un objetivo común, como lo es el desarrollo

sostenible, no será suficiente para permear a toda la población de esta casa global.

La investigación es uno de esos caminos estratégicos que contribuye con especial fineza y dedicación a revisar lo que se ha venido desarrollando y lo que se debe explorar hacia adelante, en materia de sostenibilidad que involucra a todos las personas sin distingo de ningún tipo de rótulos o clasificaciones.

Más aún, cuando la investigación es una práctica ejercida por los jóvenes, ésta cobra total relevancia y significativa pertinencia, ya que en la construcción de sociedades orientadas por el respeto a sus congéneres y por el medio ambiente que los rodea, es la juventud la llamada a liderar la construcción de un futuro sostenible.

En este orden de ideas, propiciar los escenarios para que los jóvenes universitarios puedan expresar lo que les interesa, les inquieta, y en lo que se quieren ocupar, es el propósito de quien tiene el honor de escribir estas palabras y, que adicionalmente tuvo la tarea de edición y compilación de este primer libro que refleja el trabajo de jóvenes investigadores, algunos iniciando su investigación y otros que comparten sus hallazgos de una tarea más adelantada.

Compartir las diferentes experiencias de los estudiantes en la investigación y su aplicación alrededor del tema de Sostenibilidad, es la oportunidad para que ellos se reconozcan como comunidad interesada en el desarrollo de la Sostenibilidad y se genere un espacio encaminado a buscar alianzas para conformar redes de investigación conjunta.

Agradecimiento especial por el respaldo desinteresado de todas las personas de la Universidad EAN que cooperaron de esta iniciativa y de las universidades que gratamente abrigaron la idea de generar espacios para que los estudiantes de pregrado participaran en este proyecto, hoy hecho realidad.

A continuación, más allá de cada palabra, de cada dato, y de cada hecho validado en las investigaciones realizadas, se puede disfrutar de un inspirador deseo de unos jóvenes de tantos que tiene Colombia, por un buscar incansablemente un mundo mejor para todos. Esto es un noble resultado de una esperanzadora realidad que abona el terrero para continuar en este propósito.

**Javier Ospina&Bermeo**

**Compilador**

**Investigador/Docente -Universidad EAN**



# **Accesibilidad peatonal en la Calle 53 como aporte a la sostenibilidad**

---

***Pedestrian access on 53rd  
street as a contribution to  
sustainability***

**Luis Fernando Vanegas Olaya  
Brandon Julián Montoya Morales  
Universidad de La Salle**

## Resumen

El objetivo de este proyecto de investigación es estudiar las problemáticas de accesibilidad peatonal en los cruces de la calle 53 ubicados en el barrio Chapinero, como contribución al mejoramiento en la accesibilidad y movilidad sobre la calle 53. En este estudio se tiene en cuenta al peatón, la bicicleta y el vehículo, traducidos en los tres tipos de circulación que existen en Bogotá, los cuales se estudian a partir de una metodología participativa investigación-acción utilizando herramientas como la observación estructurada, encuestas a peatones y pobladores del sector, usuarios de vehículos y, más adelante, talleres con la comunidad de percepción y socialización de resultados. Esto se traducirá en indicadores que servirán a los tomadores de decisiones planificadores de la ciudad.

## Palabras clave

Accesibilidad, movilidad, espacio público, infraestructura, sostenibilidad.

## Abstract

The aim of this research project is to study the problems of pedestrian accessibility at the intersection of 53rd street, located in Chapinero neighborhood, as a contribution to the improvement of the accessibility and mobility on this street. This study takes into account not only pedestrians but also bicycles and vehicles, translated into the 3 means of transportation that are used in Bogotá, studied from an action-research participatory methodology, using tools such as structured observation and surveys for pedestrians, residents of the area, and vehicle users, and later, awareness workshops with the community and dissemination of results. This will result in indicators that will help city planners to make decisions.

## Keywords

Accessibility, mobility, public space, infrastructure, sustainability.



# 1 | Introducción

La investigación se desarrolla en el barrio Chapinero, en los cruces de la calle 53 con carrera 7, calle 53 con carrera 13 y calle 53 con Avenida Caracas. Estas intersecciones se caracterizan por contener un flujo tanto vehicular como peatonal bastante alto, puesto que este sector del noroeste de la ciudad es un área altamente comercial no solo porque se encuentra ubicado en una zona central sino porque también es un punto estratégico de movilidad.

Históricamente, Chapinero –localidad número dos de Bogotá–, en sus inicios, era una zona netamente residencial, sin embargo, gradualmente, la comercialización empezó a crecer por la ubicación estratégica en la que se encuentra este sector. A pesar de esto, aún se conserva una gran parte residencial muy exclusiva, pero se genera un gran contraste por problemas de degradación urbana, como lo es la prostitución, venta de droga, la zona de tolerancia que se encuentra ubicada allí, entre otras. Debido a esto, el espacio público se ha ido deteriorando de una gran forma, al punto de que a diario se encuentran problemas entre conductores, transeúntes, ciclistas y personas que invaden el espacio público. No solamente se ha ido deteriorando, sino que este espacio no está adecuado para todo tipo de personas y la infraestructura existente es insuficiente, puesto que no estuvo pensada para el crecimiento del flujo de personas que ahora transitan por el lugar. Los mayores afectados son los peatones,

en especial las personas con movilidad reducida, pues los andenes y los cruces no están diseñados para ellos, y lo poco que hay, como semáforos para invidentes, se encuentran en mal estado o dañados.

En varios países se han hecho estudios sobre la normativa de accesibilidad y movilidad en el entorno urbano centrándose en personas con discapacidades cognitivas, en sus derechos y necesidades. Además, organizaciones internacionales como la ONU han hecho convenciones en pro de los derechos de las personas con discapacidad como «La convención de derechos de las personas con discapacidad» (ONU 2007), donde se tocaron varios temas, entre ellos la accesibilidad de la cual se habla en el artículo 9. «A fin de que las personas con discapacidad puedan vivir en forma independiente y participar plenamente en todos los aspectos de la vida, los Estados Partes adoptarán medidas pertinentes para asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con las demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de la comunicación» (ONU 2007).

Estas medidas se aplicarán para eliminar las barreras y obstáculos que impidan la libre circulación y acceso de las personas con discapacidad; principalmente, se aplicarán en los edificios, las vías públicas, el transporte y otras instalaciones interiores como escuelas, viviendas, instalaciones médicas y lugares de trabajo. Por su parte, los estados tomaron medidas con el fin de solventar las necesidades de las personas con discapacidad, en lugares como edificios públicos y el espacio público en general, así como promover en las empresas y lugares públicos las buenas prácticas de accesibilidad.

Con este estudio se pretende crear una lista de debilidades y necesidades del sector de estudio, para así generar posibles soluciones con respecto al tema de accesibilidad peatonal principalmente de las personas con algún tipo de discapacidad, siguiendo la respectiva normatividad y acuerdos, para el buen estudio y entendimiento de esta problemática se tomaron una gran variedad de ejemplos sobre accesibilidad y diseño desarrollados en distintas partes del mundo.



## 2 | Objetivo general

Identificar y analizar la accesibilidad peatonal en la Calle 53 como aporte a la sostenibilidad.



## 3 | Metodología

Para el presente trabajo se plantea como metodología un enfoque mixto en la que se inicia con observación estructurada a partir de una matriz de análisis de accesibilidad peatonal, posteriormente se desarrolla una encuesta a las personas que transitan diariamente por el sector de estudio para reconocer la percepción de los residentes y personas que utilizan a diario estas intersecciones.

### 3.1 Enfoque mixto

«El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema. Se usan métodos de los enfoques cuantitativo y cualitativo y pueden involucrar la conversión de datos cuantitativos en cualitativos y viceversa» (Hernández, et.al., 2006, p. 755). Así mismo, el enfoque mixto puede utilizar los dos enfoques para responder distintas preguntas de investigación de un planteamiento del problema.



# 4 | Marco conceptual

Durante mucho tiempo el concepto de accesibilidad hacía referencia únicamente a las mejoras en los entornos físicos –eliminación de barreras arquitectónicas–. Este concepto ha evolucionado y actualmente se entiende por accesibilidad un extenso conjunto de medidas muy diversas que deben ser tenidas en cuenta en la elaboración de las estrategias políticas o sociales, de modo que la accesibilidad sea universal o integral (Ministerio de Sanidad, 2016).

Esta idea de accesibilidad universal significa que un entorno es plenamente accesible cuando todos los caminos de ese entorno son accesibles, de modo que una persona con discapacidad no vea interrumpida o dificultada la realización de sus actividades porque uno de los caminos, un entorno o espacio, no es accesible y no le permite avanzar en su recorrido de forma autónoma (Ministerio de Sanidad, 2016).

La accesibilidad en el espacio público debe garantizar unas adecuadas condiciones de los elementos y los espacios que las personas utilizan en las diferentes actividades sociales, económicas, administrativas, políticas y culturales, en el entorno de lo colectivo en sus diferentes escalas. Todas las superficies destinadas para la circulación peatonal en el ámbito del espacio público, conforman el sistema peatonal, el cual articula el acceso a los espacios públicos, las edificaciones y los sistemas de transporte (Universidad Nacional, 2000, p. 11). En el caso de Colombia existe normativa sobre el tema de

accesibilidad universal desde el año 1985 (Tabla 1) la cual incluye dimensiones técnicas para la construcción de los elementos constitutivos del espacio público.

Tabla 1. Normas sobre accesibilidad física en Colombia

Norma	Año	Fundamento
Ley 1287	2009	Establece normas de accesibilidad como bahías de estacionamiento y medio físico señalando multas y sanciones por su incumplimiento.
Ley 1346	2009	Se aprueba la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Art. 9. Medidas a tener en cuenta para la eliminación de obstáculos y barreras de acceso.
Resolución 4659	2008	Se adoptan medidas de accesibilidad a los sistemas de transporte público masivo municipal distrital y metropolitano de pasajeros.
Instrucción administrativa 12	2007	Adecuación de las sedes notariales, eliminación de barrera.
Decreto 564	2006	Art. 32, numeral 9. Obligatoriedad de revisar el cumplimiento de las normas de accesibilidad al momento de estudiar y expedir licencias urbanísticas.
Decreto 1538	2005	Establece condiciones básicas de accesibilidad al espacio público y a la vivienda
Decreto 975	2004	Facilita el acceso a vivienda de la población con discapacidad en Colombia
Decreto 1660	2003	Establece mecanismos de acceso a los medios masivos de transporte y señala otras disposiciones.
Ley 762	2002	Aprobación de Convención Interamericana para la Eliminación de todas las formas de discriminación contra las personas con discapacidad. Art. 3. Eliminación de barreras arquitectónicas y de transporte.

Tabla 1. Normas sobre accesibilidad física en Colombia (Continuación)

Documento	2000	Accesibilidad al medio físico y al transporte. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá. Facultad de Artes. Oficina de Proyectos. Enero de 2000. Define las pautas en torno a las características y condiciones para que la accesibilidad al medio físico y el transporte se implementen en el entorno de lo público.
NTC 4774	2000	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, cruces peatonales a nivel señal y sonora para semáforos peatonales.
NTC 4902	2000	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, cruces peatonales a nivel señal y sonora para semáforos peatonales.
Ley 546	1999	Establece la obligatoriedad de disponer de 15 de las viviendas construidas para la población con limitaciones con adaptaciones arquitectónicas especiales para la población con discapacidad. Se dictan normas en materia de vivienda y se dispone la obligatoriedad de disponer del 1% para destinar a población con discapacidad.
NTC 4732	1999	Muebles escolares, pupitres y sillas para alumnos con limitaciones físicas, parálisis cerebral.
Decreto 1504	1998	Art. 6. Obligtoriedad de cumplir normas de accesibilidad en los diseños y en la construcción de los elementos constitutivos del espacio público.
NTC 4143	1998	Accesibilidad de las personas al medio físico. Rampas fijas.
NTC 4145	1998	Accesibilidad de las personas al medio físico. Escaleras.
NTC 4279	1998	Accesibilidad de las personas al medio físico, espacios urbanos y rurales, vías de circulación peatonales planos.
NTC 4349	1998	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, ascensores.

Tabla 1. Normas sobre accesibilidad física en Colombia (Continuación)

Ley 361	1997	Título IV de la accesibilidad. Normas y criterios para facilitar la accesibilidad a las personas con movilidad reducida.
Ley 400	1997	Artículo 6. Parágrafo 3. Obligatoriedad de cumplir normas de accesibilidad en los diseños y en la construcción de las edificaciones
NTC 4139	1997	Accesibilidad al medio físico, símbolo gráfico, características generales.
NTC 4140	1997	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, pasillos, corredores y características generales.
NTC 4144	1997	Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y señalizaciones.
NTC 4201	1997	Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, equipamientos, bordillos, pasamanos y agarraderas.
Ley 105	1993	Art. 3. Diseño de infraestructura de transporte para uso de las personas con discapacidad.
Ley 12	1987	Aprobación de la Convención interamericana para la eliminación de todas las formas de discriminación contra las personas con discapacidad.
Resolución 14861	1985	Incluye dimensiones técnicas para la construcción de los elementos constitutivos del espacio público.

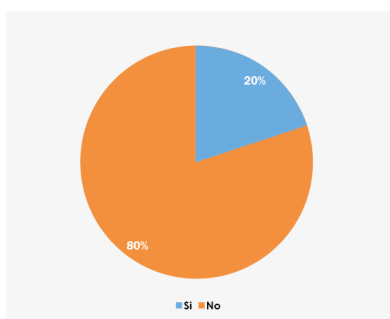
Fuente. Elaboración propia de los autores.

Por lo anteriormente mencionado, y en aras de una equidad entre los habitantes de un territorio, se hace indispensable tener en cuenta los criterios definidos en la normativa de accesibilidad universal (ONU, 2006). De ahí la importancia y urgencia de realizar este tipo de investigaciones en zonas urbanas y rurales, teniendo en cuenta que en nuestro país la reglamentación sobre accesibilidad universal es reciente y aún no se ha implementado en la arquitectura de manera permanente, sino que aparece en algunos proyectos generalmente cuando el cliente o si es para una entidad pública y estos lo solicitan.

# 5 | Resultados y discusión

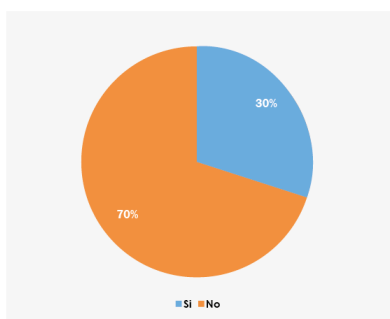
A partir de los datos recolectados en las matrices y las encuestas realizadas, los resultados que se encontraron fueron los que se presentan a continuación (Figura 1; Figura 2; Figura 3; Figura 4; Figura 5; Figura 6; Figura 7; Figura 8; Figura 9; Figura 10).

Figura 1. ¿Se siente seguro cuando camina por este cruce?



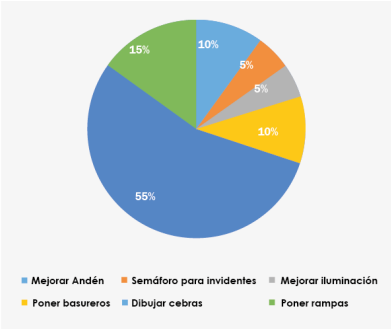
Fuente. Elaboración propia de los autores.

Figura 2. ¿Considera adecuada la infraestructura existente en este cruce?



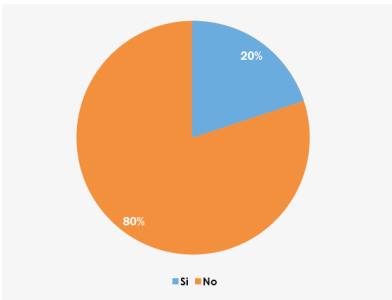
Fuente. Elaboración propia de los autores.

Figura 3. ¿Qué elementos urbanos considera que le hacen falta a este cruce para mejorar sus funciones y para que pueda transitar una persona con movilidad reducida?



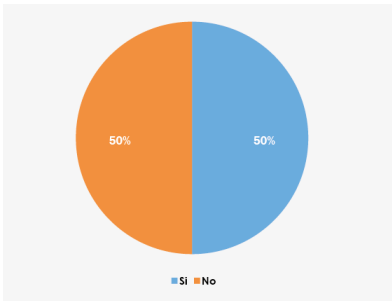
Fuente. Elaboración propia de los autores.

Figura 4. ¿Considera que este cruce es amigable con el peatón?



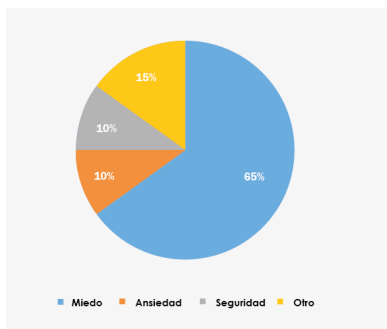
Fuente. Elaboración propia de los autores.

Figura 5. ¿Considera suficiente el espacio público para contener los flujos peatonales en las horas pico?



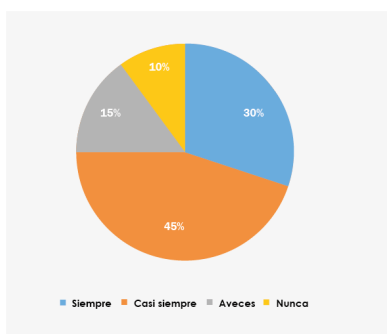
Fuente. Elaboración propia de los autores.

Figura 6. ¿Qué sensaciones tiene cuando llega a este cruce?



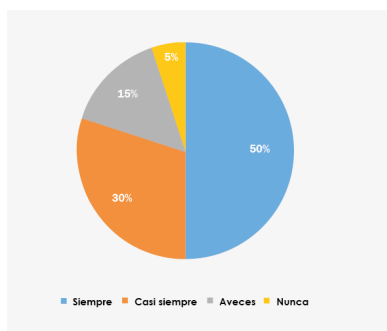
Fuente. Elaboración propia de los autores.

Figura 7. ¿Utiliza usted las cebras a la hora de cruzar la calle?



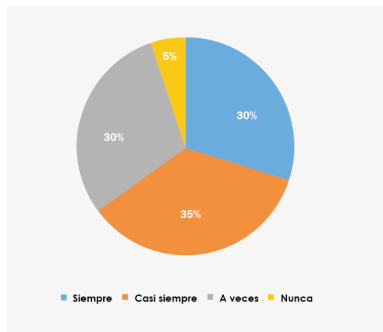
Fuente. Elaboración propia de los autores.

Figura 8. ¿Utiliza usted el semáforo para cruzar la calle?



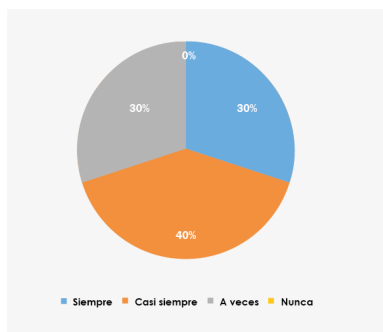
Fuente. Elaboración propia de los autores.

Figura 9. ¿Utiliza usted los andenes adecuadamente a la hora de transitar por estos lugares?



Fuente. Elaboración propia de los autores.

Figura 10. Como peatón ¿Usted invade el espacio designado a los bicisarriles a la hora de transitar cerca de ellos?



Fuente. Elaboración propia de los autores.

Posterior a hacer la respectiva tabulación, se puede discutir desde diferentes tipos de vista. Para comenzar, en cuanto a la infraestructura vial, el mayor problema en estas intersecciones es la carencia y mala distribución de las cebras, lo que conlleva a los peatones a utilizar estos cruces de manera inadecuada como cruzar por medio de la calle o incluso cuando el semáforo se encuentra en rojo. Adicionalmente, el estado de los andenes en cuanto a su estructura y el uso inadecuado

de los espacios públicos y su organización, especialmente en calles tan transitadas como el cruce de la Calle 53 con carrera 13, son factores que inciden en el mal uso de estos, puesto que si no existe una infraestructura adecuada, pensada en el peatón como un actor de igual importancia que el vehículo, no hay forma en la que se pueda hacer un uso correcto de estas.

En cuanto al análisis de la matriz, lo que más se puede evidenciar es el uso de los elementos viales por parte de los peatones, encontramos que en un minuto, de 70 personas que cruzaron por estas intersecciones solo 24 lo hicieron por las cebras y de estas mismas personas, solo 15 cruzaron cuándo el semáforo se encontraba en verde.



## 6 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Después de este análisis se puede decir que el comportamiento del peatón se debe a la falta del uso correcto de la infraestructura peatonal que, incluso, es escasa, puesto que al no haber una buena distribución de estos elementos hace que la reacción del transeúnte sea indebida; así, más que un tema social como el de la cultura ciudadana es un tema netamente técnico y estructural, lo que despliega un comportamiento cuestionable en los usuarios.

Este proyecto tendrá continuidad con líneas futuras que quedan abiertas para un mayor estudio de caso que pase de la identificación a la proposición y, posteriormente, a la intervención, con lo que se busca un mejoramiento estructural social y ambiental. Las siguientes son posibles líneas de trabajo para una investigación más profunda y exhausta.

- Hacer lo mismo en calles similares por el mismo sector, por ejemplo en la Calle 63 y la Calle 45.
- Estrategias de mejoramiento del espacio público.
- Propuestas de diseño para mejorar la infraestructura de las intersecciones.



## 7

## Referencias bibliográficas

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e igualdad. (2016). Accesibilidad universal. Recuperado de: <http://www.msssi.gob.es/ssi/discapacidad/informacion/accesibilidadUniversal.htm>



## 8

## Bibliografía

Amado, J. (2004). *El espacio público en perspectiva*. (s.c) Universidad Nacional de General Sarmiento. Recuperado de: <http://observatorioconurbano.ungs.edu.ar/Tesis%20de%20urbanismo/07-TESIS%20Jorge%20Amado%20ENTREGA%20FINAL.pdf>

Anónimo. (2007). *Accesibilidad en los espacios públicos urbanizados*. España: Ministerio de Vivienda España. Recuperado de: <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/EC23F871-B5EB-4482-8E3D-10B40D251397/116390/ACCESpaPublicUrba.pdf>

- Anónimo. (2009). *Accesibilidad y capacidades cognitivas*. (s.c). Fundación ONCE Recuperado de: [http://accesibilidadcognitivaurbana.fundaciononce.es/docs/accesibilidadcognitiva\\_legislacion.pdf](http://accesibilidadcognitivaurbana.fundaciononce.es/docs/accesibilidadcognitiva_legislacion.pdf)
- Borja, J. (2000). *El espacio público, ciudad y ciudadanía*. Esdi. Recuperado de: [http://www.esdi-online.com/repositori/public/dossiers/DIDAC\\_wdw7ydy1.pdf](http://www.esdi-online.com/repositori/public/dossiers/DIDAC_wdw7ydy1.pdf)
- Carrero, A. (2015). *Acceso al transporte público para personas con discapacidad en Bogotá: Caso SITP*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/49986/1/1098654844.2015.pdf>
- Díaz, E. (2008). *Sistema de orientación para invidentes y débiles visuales*. (s.c) Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Recuperado de: <http://es.calameo.com/read/00072522593e77f9ad2bb>
- Falavigna, C. (2009). *Metodología para cuantificar accesibilidad y conveniencia de un sistema de transporte público masivo de pasajeros: aplicación al caso de la ciudad de Córdoba*. (s.c) Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de: <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/disertaciones-y-tesis/2009/625-claudio-falavigna-accesibilidad-y-conveniencia-de-un-sistema-transporte-publico-msc-unc-2009/file>
- Gómez, A. (2005). *Estudios de los sistemas accesibles para personas con discapacidad en los medios de transporte público*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: <http://www.upv.es/contenidos/ENCDOC/info/U0657521.pdf>

Huailynos, J. (2015). *Criterios para el estudio y diseño universal del espacio público: el caso de las calles en Lima*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Recuperado de: [http://tesis.pucp.edu.pe:8080/repositorio/bitstream/handle/123456789/5992/HUAYLINOS\\_JESSICA\\_CRITERIOS\\_ESTUDIO\\_DISE%C3%91O.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe:8080/repositorio/bitstream/handle/123456789/5992/HUAYLINOS_JESSICA_CRITERIOS_ESTUDIO_DISE%C3%91O.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Organización de las Naciones Unidas (2006). *Convención de Derechos Humanos para las Personas con Discapacidad*. Nueva York: (s.e).

Sala, E. (2005). *La accesibilidad universal en los municipios: guía para una política integral de promoción y gestión*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado de: <http://www.imsero.es/interpret3/groups/imsero/documents/binario/guiaaccesmuni.pdf>

Universidad Nacional de Colombia (2000). *Accesibilidad al medio físico y al transporte manual de referencia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Recuperado de: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/MANUAL%20DE%20ACCESIBILIDAD%20AL%20MEDIO%20FISICO%20Y%20AL%20TRANSPORTE%202000.pdf>

Velázquez, M. (2013). *El derecho a la movilidad urbana: accesibilidad pública a la feria de la salada en la RMBA*. (s.c) (s.e). Recuperado de: [http://www.uba.ar/archivos\\_secyt/image/Velazquez.pdf](http://www.uba.ar/archivos_secyt/image/Velazquez.pdf)

# Anexos

## ANEXO 1



### ACCESIBILIDAD PEATONAL EN LOS CRUCES DE LA CALLE 53, CALLE 63 CON CARRERA 7, 13 Y AVENIDA CARACAS (CARRERA 15).

Nombre: \_\_\_\_\_

1. ¿Se siente seguro cuando camina por este cruce?

Sí\_\_\_\_ No\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

---

---

---

2. ¿Considera adecuada la infraestructura existente en este cruce? Sí\_\_\_\_ No \_\_\_\_

¿Por qué?\_\_\_\_\_

---

---

---

3. ¿Qué elementos urbanos considera que le hacen falta a este cruce para mejorar sus funciones y para que pueda transitar una persona con movilidad reducida?

Mejorar el andén

☐

Poner semáforo a invidentes

☐

Mejorar la iluminación ☐

Poner basureros ☐

Dibujar cebra ☐

Poner rampas ☐

Otros ☐

4. ¿Considera que este cruce es amigable con el peatón?

Sí\_\_\_\_ No \_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. ¿Considera suficiente el espacio público para contener los flujos peatonales en las horas pico? Sí\_\_\_\_ No \_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. ¿Qué sensaciones tiene cuando llega a este cruce?

Miedo ☐

Ansiedad ☐

Seguridad ☐

Otro ☐

7. ¿Utiliza usted las cebras a la hora de cruzar la calle?

Siempre ☐

Casi siempre ☐

A veces ☐ Nunca ☐

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8. ¿Utiliza usted el semáforo para cruzar la calle?

Siempre ☐ Casi siempre ☐

A veces ☐ Nunca ☐

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

9. ¿Utiliza usted los andenes adecuadamente a la hora de transitar por estos lugares?

Siempre ☐ Casi siempre ☐

A veces ☐ Nunca ☐

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

10. Como peatón ¿Usted invade el espacio designado a los bicicarriles a la hora de transitar cerca de ellos?

Siempre ☐ Casi Siempre ☐

A veces ☐ Nunca ☐

¿Por qué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Análisis de experiencias  
internacionales en la generación  
de energías alternativas:  
posibilidades de aplicación en el  
contexto colombiano**

---

***Analysis of international  
experiences in alternative  
energy generation:  
possibilities of application in the  
Colombian context***

**María Camila Domínguez Zarco  
Jorge Iván Corredor Guapacho  
Universidad EAN**

## Resumen

A principios de 2016 Colombia estuvo cerca de entrar en racionamiento energético debido al fuerte fenómeno del niño que azotó al país en el primer trimestre del año. Esto hizo que se replantearán las centrales hidroeléctricas como principales fuentes de generación de energía del país, pues ante sucesos como los ya expuestos, es notable ver la vulnerabilidad a la que se llegó en esa época del año. Desde esa perspectiva, el presente estudio pretende analizar una serie de alternativas energéticas limpias que se han implantado en diversos países del mundo como medio de generación de energía sin depender de los combustibles fósiles y de la energía hidráulica –centrales hidroeléctricas–. En el análisis, se incluyeron los casos de Alemania, China, Estados Unidos, Italia y países de la región de Latinoamérica. La metodología se basó en la recolección de información y análisis de la misma, donde se trataron las energías alternativas más representativas a nivel mundial y los casos de los países que más poseen capacidad instalada, lo que llevó a la conclusión de recomendar a Colombia, dadas las condiciones geográficas y económicas, las energías solar y eólica.

## Palabras clave

Energía alternativa, energía Undimotriz, energía solar, energía eólica, energía geotérmica, sostenibilidad.

## Abstract

In the early 2016, Colombia was close to face an energy rationing situation due to the strong phenomenon called El Niño, that struck the country during the first quarter of the year. This situation pushed the possibility of reconsidering hydropower centrals as the major sources of power generation in the country, since in events as those already mentioned, it is remarkable to see the vulnerability that was reached at that time of the year. From that perspective, the present study aims to analyze a series of “clean” energy alternatives that have been implemented in various countries as means of generating energy without relying on fossil fuels and hydropower (hydroelectric centrals). In the analysis, the cases of Germany, China, United States, Italy and countries of the Latin American region were included. The methodology is based on collecting and analyzing information, where the most representative options for alternative energy at a global level and the cases of countries that have this capacity installed were discussed, which led to the conclusion of recommending the solar and wind energy for Colombia, given its geographic and economic conditions.

## Keywords

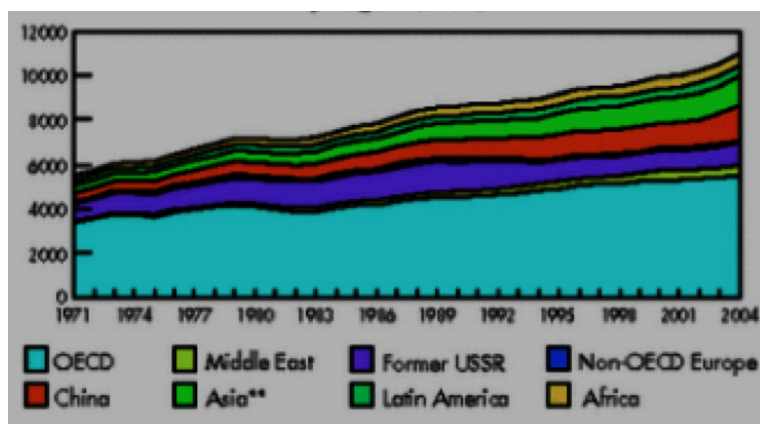
Alternative energy, wave energy, solar energy, wind energy, geothermal energy, sustainability.



# 1 | Introducción

El desarrollo económico y social del ser humano ha provocado el incremento en el uso de energía (Figura 1).

Figura 1. Evolution from 1971 to 2004 of World Total Primary Energy Supply by Region (Mtoe)



Fuente. Pasquevich, (s.f.).

Esto se debe principalmente al aumento de la población mundial, que alcanzará los 9.100 millones de habitantes para el año 2050 (Pasquevich, s.f.). Tal y como se mostró anteriormente, la capacidad instalada ha incrementado casi el doble entre los 30 últimos años, sin considerar la implementación de las nuevas energías. Esto conllevó a que la generación de energía se convirtiera en pieza fundamental en el crecimiento de las poblaciones y de las diferentes industrias alrededor del mundo. Es por ello que, la demanda energética ha

ido en constante crecimiento para poder suplir las demandas económicas y sociales. En busca de una mayor generación de energía, el ser humano se ha dado cuenta de la importancia del desarrollo de la energía renovable cuyo objetivo es que la «energía se siga produciendo en la actualidad y su consumo sea repuesto, o que ya no se produzca y su consumo acabe por agotar la reserva» (De Juana et al., 2008, p. 7), esto debido a que actualmente la energía utilizada proviene de recursos no renovables que han sido los mayores generadores de gases que contaminan el medio ambiente.

Como se expone en el informe *Recursos energéticos globales. Encuesta 2013: resumen*, la generación de energía mundial, para 2011 se basaba en un 82% en energía fósil, 11% energía renovables –no incluye la energía hidroeléctrica–, 5% energía nuclear y 2% energía hidroeléctrica, mostrando que la energía no renovable, constituye la mayor parte de energía que se produce a nivel mundial, y para el año 2020 se prevé tan solo una disminución del 6% de la energía fósil (*World Energy Council*, 2013), lo que genera mayor preocupación para disminuir las emisiones de gases efecto invernadero.

Por lo anterior, 37 países industrializados y la Unión Europea se han comprometido por medio del *Protocolo de Kyoto* a estabilizar las emisiones de gases efecto invernadero, pues son estos los mayores productores de energía no renovable. El Protocolo de Kyoto fue fundamentado y estructurado en función de los principios de la *Convención de Cambio Climático de las Naciones Unidas*, cuyos objetivos son: primero, proteger el sistema climático para futuras generaciones; segundo, tener en cuenta las necesidades de los países en desarrollo; tercero, promover un desarrollo sostenible; y quinto, «(...) cooperar en la promoción de un sistema económico internacional abierto y propicio que condujera al crecimiento económico y desarrollo sostenibles (...)» (Naciones Unidas, s.f.).

En tanto, los países han establecido leyes y políticas para disminuir los gases efecto invernadero que han incentivado a los diferentes sectores económicos para el desarrollo de los pueblos desde una perspectiva más sostenible. Prueba de ello, es la generación de energías alternativas, que han empezado a ser implementadas en países industrializados como política pública. Estas energías son reconocidas principalmente por promover la protección del medio ambiente. Dentro de las energías alternativas se encuentran: la energía solar, mareomotriz, undimotriz, eólica, biomasa y geotérmica. En cuanto a la energía hidroeléctrica, en algunos casos es considerada sostenible, pero diferentes investigaciones han demostrado que también es una gran generadora de gases de efecto invernadero. El artículo de investigación, *Impacto de las centrales hidroeléctricas sobre los tres ejes de la sostenibilidad* (Corredor , 2016), muestra como las centrales hidroeléctricas -consideradas generadoras de energía limpia-, generan impactos sociales, económicos y ambientales. Para este último caso, se generan impactos sobre los ecosistemas toda vez que los embalses inundan zonas donde nunca antes lo estuvo, lo que a su vez genera, por la pudrición de los árboles y de la flora silvestre, producción de metano, un gas de efecto invernadero.

De acuerdo con las conclusiones abordadas en el artículo, es necesario empezar a desarrollar energías más limpias para mitigar la utilización de combustibles fósiles y la creación de centrales hidroeléctricas en Colombia. Para ello, el objetivo del presente trabajo de investigación es analizar las buenas prácticas y lo que otros países han desarrollado en materia de energía sostenible para su posible implementación en Colombia, teniendo en cuenta su clima y características geográficas que hacen de viables económica y ambientalmente ese tipo de alternativas energéticas.



# 2 | Metodología

Para esta investigación se ha querido utilizar una metodología de enfoque cualitativo con alcance descriptivo, mediante la recolección de información secundaria.

**Tipo:** alcance descriptivo.

**Alcance de la investigación:**

- **Objetivos**

- Explorar casos de energía alternativa en otros países.
- Indagar sobre el impacto de los ejes de sostenibilidad en los países que han desarrollado energías renovables.
- Describir las características de la energía alternativa en otros países.

- **Propósito:** por medio de casos de implementación de energía alternativa en otros países, mostrar opciones para su implementación en Colombia.

**Técnicas utilizadas –diseño metodológico–:** no experimental.

En el presente estudio, se tomaron en cuenta los países más representativos a nivel mundial en la implementación y generación de energía a través de mecanismos que se consideran como generadores de energía limpia. Con cada uno de ellos, se hizo un análisis que abarcó desde su concepto hasta el impacto que ha tenido en las sociedades donde se

han establecido. Dicho estudio se hizo con el fin de evaluar las alternativas más viables que Colombia podría implementar para dejar de depender de la energía hidráulica, pues según el análisis realizado en el artículo *Impactos de las centrales hidroeléctricas sobre los tres ejes de la sostenibilidad*, este tipo de energía no debería considerarse como limpia, mientras que hay una serie de alternativas que sí se consideran de esa manera por sus leves impactos.



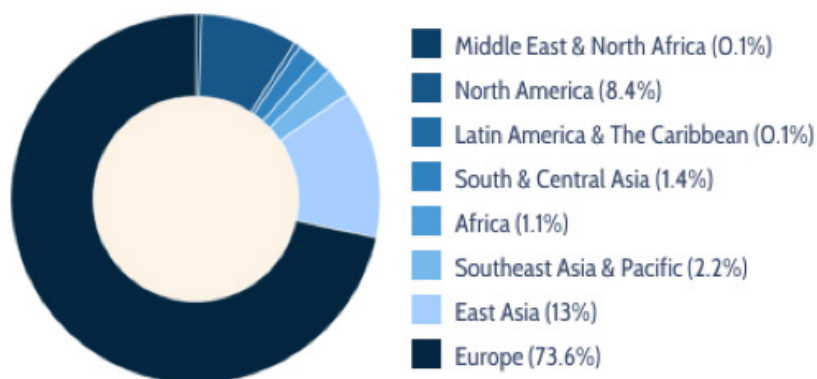
## Resultados y discusión

Varios países industrializados han investigado y desarrollado diferentes tipos de energía alternativa, quienes han demostrado que estas tienen un funcionamiento y producción energética eficiente para el desarrollo social y económico de las poblaciones. Las energías renovables más representativas son: la energía solar, la energía mareomotriz, la energía eólica y la energía geotérmica. Para esta investigación, se indagaron experiencias sobre estas energías en países como Francia, Estados Unidos, China, Alemania, Reino Unido, Escocia, Italia, Filipinas e Indonesia.

Ahora bien, a lo que la energía solar refiere, se tiene un rol importante en la reducción de emisiones de carbono y es gran ejemplo de un futuro energético sostenible. Este tipo de energía suele ser utilizada para la calefacción, refrigeración, iluminación y transporte. Los datos del *World Energy Council* revelan que la radiación solar promedio global, produce por metro cuadrado anual, lo que produce «un barril de petróleo, 200 kg de carbón o 140m<sup>3</sup> de gas natural» (*World Energy Council*, 2016).

Existen dos tipos de tecnologías de energía solar: la fotovoltaica y la térmica. La primera, convierte la radiación solar en electricidad sin necesidad de un motor térmico, y la segunda, utiliza colectores térmicos para la captación solar. Se suelen usar para propósitos diferentes, por la forma en la que la energía es recolectada y almacenada, aunque normalmente la que se suele utilizar es la energía solar fotovoltaica (Figura 2).

Figura 2 Solar installed capacity by región.



Fuente. *World Energy Council*, (2016).

Como se puede observar, la mayor capacidad instalada de este tipo de energía se establece en Europa con un 73.6%, luego en Asia del este con 13%, EEUU con 8.4% y el 5% restante en el resto del mundo. De los países en estas regiones, lo que mayor capacidad instalada tiene son Alemania, Italia y EE.UU, al poder generar 25Gw, 12.8 Gw y 5.17Gw, respectivamente, de los 68.8 a nivel mundial. (*World Energy Council*, 2016).

Alemania es el líder en el mercado de energía solar gracias a su crecimiento en el mercado fotovoltaico debido a los subsidios dados por el gobierno. Este país representa el 30% de la capacidad global en energía solar y su crecimiento del 2011 al 2012 fue de aproximadamente de un 30%, equivalente a 7604 Mw. Según el plan de Acción Nacional de Energía Renovable, la meta alemana es de tener la capacidad de producir 50 Gw para el 2020 y 80 Gw de potencia instalada. De acuerdo con el Ministerio de Economía alemán, «la producción total de electricidad es de 125 Gw; Por lo tanto, solar representa aproximadamente el 25% del mercado alemán de electricidad» (*World Energy Council*, 2016).

En temas de investigación y desarrollo en energía solar, el gobierno alemán ha mostrado mucho interés concediendo aproximadamente 70 millones de euros en este campo para el desarrollo de la industria en 96 proyectos diferentes. Esto ha generado un entorno positivo para la inversión de la industria solar, y reflejo de ello es la construcción de fábricas en Alemania como Masdar PV, que ha construido una planta de fabricación de módulos. Según el *Global Equity Research*, la energía solar en Alemania alcanzó su paridad de red y se espera que en los próximos cinco años el precio de venta de electricidad aumente más rápido que la energía solar. Se espera también un decremento del 25 % en la energía solar en Alemania, en comparación con la electricidad convencional. Se construyó en ese mismo país el Parque Solar de Muero, el cual tiene una capacidad de generación de energía de 166Mw. Este proyecto, terminado en 2012, es una de las mayores plantas de energía en Alemania, con otro parque solar cuya capacidad es de 145Mw.

En tanto, EE.UU, siendo uno de los países con mayor capacidad instalada de energía solar, importó en 2011, aproximadamente cinco mil millones de dólares en paneles solares provenientes de China, y exportó, en el mismo año, un billón de dólares como ganancia de los módulos solares. Desde 2006, EE.UU ha duplicado sus exportaciones en energía solar a 2011 mostrando una madurez en el mercado y un aumento en la diversificación. Dentro de las políticas para promover la energía solar, el gobierno Federal ha establecido el *Advance Energy Manufacturing Tax Credit*, que busca beneficiar a los fabricantes de energía involucrados en la construcción, reciben un crédito fiscal del 30% de su inversión. Debido al éxito de este programa, en la administración del presidente Obama, se extendió el presupuesto a cinco billones de dólares para seguir impulsando el programa de crédito fiscal

para seguir generando energía solar. En tanto, la energía solar también fue apoyada por la rama ejecutiva del gobierno federal mediante el departamento de energías que otorga garantías de préstamos por 16 billones de dólares para proyectos de energía renovable de los cuales 13 billones de dólares fueron para energía solar.

La mayor planta de energía solar en Arizona se llama Agua Caliente Solar Project, con capacidad de 250 Mw, y es una de las más grandes del mundo. Esta planta fue construida por *First Solar* y esta operada por *NRG Energy*. En cuanto al aspecto social, el desarrollo de la energía solar en EE.UU ha permitido que 120.000 personas trabajen en la industria, incrementándose considerablemente desde 2006. La mayoría de personal involucrado en la generación de energía solar, se refiere a personas a cargo de la instalación de los equipos fotovoltaicos y la menor parte a fabricarlos. Otra parte de la mano de obra que se encuentra en la industria, corresponde al campo de «ventas y distribución, desarrollo de proyectos, investigación y finanzas» (*World Energy Council*, 2016).

En cuanto a la energía de las mareas, conocida como energía mareomotriz, generalmente es explotada a través de presas que se encuentran en bahías estrechas en el mar de las cuales se aprovecha el flujo y reflujo de las aguas para liberar agua a través de turbinas. Este tipo de energía aún se encuentra en desarrollo, y diversos países han invertido en investigación y desarrollo para generar esta energía.

Uno de los países que ha construido uno de los diques más grandes es Francia. Rance, fue el primero en ser construido en la edad moderna con una capacidad de 240Mw, en el norte de Bretaña. Es una presa de 0,8 km de longitud que también sirve como puente que une Sain-Malo y Dinard. Esta presa ha

completado 40 años de operación comercial, generando al año 640 millones de kWh aproximadamente. Aunque en un principio fue planeada para generar energía mediante flujos y reflujos, el funcionamiento actual del aluvión es operado exclusivamente en reflujos.

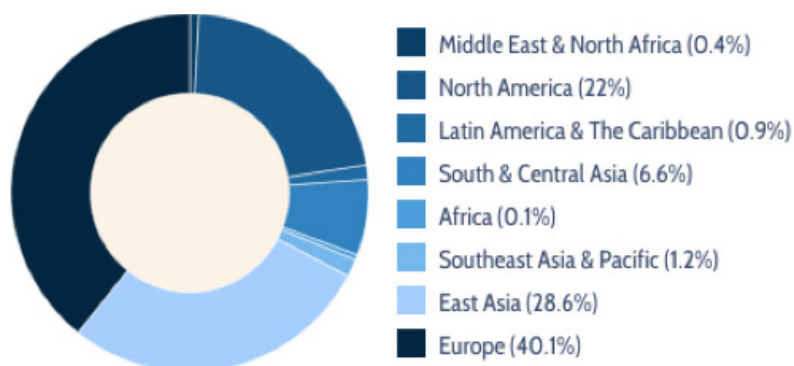
Francia, planea seguir implementando este tipo de energía, así fue anunciado en el 2008 por la principal productora de electricidad en el país, EDF, quien planea implementar un sistema de turbinas piloto frente a la costa de Bretaña. El proyecto consta de «4 a 10 turbinas, con una capacidad total de entre 2 y 4 MW se ubicará en Paimpol-Bréhat (Costas de Armor)» (*World Energy Council*, 2016). Como segunda potencia en capacidad energética mareomotriz, se encuentra Reino Unido. Gracias a su condición geográfica puede llegar a ser un potencial generador de energía mareomotriz. Al utilizar todos sus estuarios podría estar generando 50 TWh, que equivalen al 15% del consumo actual. Sus cuatro islas del canal: Jersey, Guernsey, Alderney y Sark, son consideradas como un recurso potencial por la generación de mareas estimando una capacidad entre 750 Mw y 3Gw tan solo en la isla Alderney. Otro potencial lugar para generar energía es la región noreste de Inglaterra, donde se están haciendo estudios de viabilidad. En 2008, Reino Unido conectó turbinas de mareas, generadoras de 250 kW a la red y la compañía OpenHydro comenzó a producir energía para el consumo nacional.

El Reino Unido estableció una ley en la cual ponía en práctica los aspectos legislativos del *Libro Blanco de Energía de 2007*, donde plantea una solución al problema de energía y promueve una producción más limpia de las mismas. Así mismo, se puso en marcha un plan de acción que muestra una visión de 2030, donde se establece un aumento de la inversión y proporciona fomento de las tecnologías de energía marina.

La energía eólica, por su parte, «es uno de los recursos energéticos más antiguos explotados por el ser humano y es a día de hoy la energía más madura y eficiente de todas las energías renovables» (Acciona, s.f). El término eólico proviene del latín *aeolicus*, perteneciente o relativo a Eolo.

Así mismo, la energía eólica cuenta con diferentes beneficios sobre el medio ambiente que la hacen diferenciar de las demás energías consideradas limpias. Por un lado, debido a que su principal motor es el viento, es una energía que se renueva, por lo que es inagotable. Es una energía no contaminante puesto que no genera desperdicios, genera reducción en el uso de los combustibles fósiles y contribuye al desarrollo sostenible (Acciona, s.f) (Figura 3).

Figura 3. *Wind installed capacity by region*

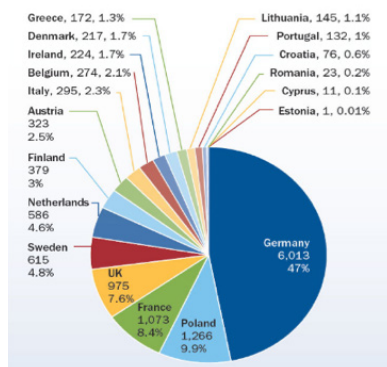


Fuente. *World Energy Council*, (2016).

Ahora bien, en diversos países ya se está consumiendo y produciendo a gran escala este tipo de energía. En el caso de EE.UU., es el país con mayor cantidad de energía eólica en el mundo con 10.3 Mw instalados (*World Energy Council*, 2013). Así mismo, a pesar de que en EE.UU. se maneja este margen, en el mundo, la generación de energía eólica tan sólo es del 63,013 MW.

Alemania, por su parte, es el país de la Unión Europea con mayor capacidad de generación de energía eólica. Para este caso, asumiendo que la generación de la Unión es de 12.8 GW, Alemania posee el 47% de esa producción (Asociación Empresarial Eólica, 2011) (Figura 4).

Figura 4. Reparto de nueva potencia eólica instalada de los países de la UE a 31/12/2015.



Fuente. Asociación Empresarial Eólica, (2011).

Así mismo, después de la catástrofe nuclear de Fukushima, en Japón, en 2011, y gracias a la actualización de la ley de energías renovables, después de enero de 2012, los precios menores de los aerogeneradores y los avances en la técnica eólica han permitido encontrar cada vez más emplazamientos al interior del país.

La energía eólica no es un tema desconocido en Colombia, pues la EPM tiene un parque eólico en la Alta Guajira llamado Jepirachi (EPM, 2015). Aunque tan sólo su generación de energía es de 19,3 MW todavía hay mucho potencial en el país para desarrollar e implementar este tipo de energía en el país. Una de las principales razones es que este tipo de proyectos genera incertidumbres que van desde el comportamiento de los vientos hasta los precios de la electricidad.



# 4 | Conclusiones y líneas de trajo futuras

Las diversas energías que se han tratado en el presente trabajo, muestran una serie de beneficios que traen consigo al ser implementadas. Así mismo, estas le brindan no sólo a la región donde se establecen, sino que también generan una ayuda a la tierra, pues están utilizando los mismos recursos renovables para su producción sin alterar los ciclos naturales. De igual forma, el presente trabajo busca mostrar no sólo las bondades, sino detallar lo que otros países han logrado en materia de innovación eléctrica, para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y para establecer energías que sean cada vez más amigables con el ambiente y más económicas en su ejecución.

Hay que resaltar que a medida que va pasando el tiempo, y la investigación en tecnologías para la energía eléctrica continúan, los costos van disminuyendo. También, queda la incertidumbre de saber a cuáles energías debería el país enfocarse, pues como se detalló al principio, la energía hidráulica no solo es vulnerable a los cambios del entorno ambiental sino que también genera impactos negativos sobre los tres ejes de la sostenibilidad.

Siendo así, se podría empezar a detallar la viabilidad, económicamente hablando, de estas cuatro alternativas energéticas para que el país pueda iniciar su camino a la implantación de energías que generen mayores beneficios para el medio ambiente.



## Referencias bibliográficas

Acciona (s.f). *Energía Eólica*. Recuperado de: <http://www.accionacom.es/energias-renovables/energia-eolica/>

Asociación Empresarial Eólica (2011). *La eólica en el mundo*. Recuperado de: <http://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/la-eolica-en-el-mundo/>

Corredor , J. I. (2016). Impacto de las centrales hidroeléctricas sobre los tres ejes de la sostenibilidad. *Cuaderno de Investigación 9 - Semilleros de investigación - ¡A propósito del impacto ambiental!*, pp. 31-46.

De Juana, J. M., Santos, F., Crespo, A., Herrero, M. A., De Francisco, A., y Fernández, J. (2008). *Energías renovables para el desarrollo*. Madrid: International Thomson Ediciones Spain.

EPM. (2015). *Parque Eólico Jepírachi*. Obtenido de <http://www.epm.com.co/site/Home/Institucional/Nuestrasplantas/Energ%C3%ADa/ParqueE%C3%B3lico.aspx>

Naciones Unidas (s.f.). *Convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.

Pasquevich, D. (s.f.). *La creciente demanda mundial de energía frente a los riesgos ambientales*. Recuperado de: <http://aargentinapciencias.org/2/index.php/grandes-temas-ambientales/energia-y-ambiente/161-la-creciente-demanda-mundial-de-energia-frente-a-los-riesgos-ambientales>

World Energy Council (2013). *Recursos energéticos globales. Encuesta 2013: Resumen*. Londres: World Energy Council.

World Energy Council (2016). *World Energy Council*. Recuperado de: <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/solar/>



**Análisis multitemporal de  
coberturas vegetales  
del Páramo de Chingaza  
1997-2010**

---

***Multitemporal analysis of the  
vegetation covers in the Moor  
of Chingaza 1997-2010.***

**Jenny Rivera Cárdenas  
Daniel América Herrera  
Ingeniería Ambiental  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas**

## Resumen

El proyecto, basado en los sistemas de información geográfica, está orientado a realizar un análisis multitemporal del páramo de Chingaza, ubicado en el departamento de Cundinamarca y Meta, para lo cual se utilizaron dos imágenes LandSat descargadas de la red de los años 1997 y 2010. Se les realizó el respectivo tratamiento digital y se hizo, con cada una, la clasificación digital de las coberturas vegetales a través de ERDAS.

Se calculó el área de cada cobertura y el cálculo de los porcentajes de cambio a través del tiempo, finalmente se encontró que el páramo en estos trece años ha perdido terreno en aproximadamente un 2% y que los pastos han aumentado considerablemente en este periodo convirtiendo poco a poco el páramo en potreros, cabe destacar que la imagen LandSat del año 2010 no fue lo suficientemente clara debido al bandeamiento y pueden haber errores en los datos obtenidos y analizados.

## Palabras clave

Páramo, análisis multitemporal, Erdas Imagine, Chingaza, cobertura vegetal.

## Abstract

The project, based on geographic information systems is aimed at making a multi-temporal analysis of the Moor of Chingaza, located in the departments of Cundinamarca and Meta, for which two Landsat images downloaded from the net for the years 1997 and 2010 were used, given the required digital treatment, and each one undergoing the digital classification of vegetation covers through ERDAS.

The area of each coverage and the percentages of change over time were calculated, finally finding that the moor has lost ground in approximately 2% during these thirteen years and pastures have significantly increased during this period of time; little by little, turning the moor into paddocks. It is important to highlight that the Landsat image for 2010 was not sufficiently clear due to the banding and there may be errors in the data that was obtained and analyzed.

## Keywords

Moor, multitemporal analysis, Erdas Imagine, Chingaza, vegetation cover.





# 1 | Introducción

Este trabajo, tiene como finalidad realizar un análisis del cambio de coberturas vegetales o usos del suelo para el páramo de Chingaza, por un periodo de 13 años. Para ello, se realizó una clasificación digital a través del software Erdas Imagine, y de esta forma, calcular el área de cada cobertura y analizar las diferencias encontradas entre un año y el otro, es decir, 1997 y 2010.

El objetivo principal es analizar la pérdida de coberturas vegetales propias en el páramo de Chingaza utilizando sistemas de información geográfica para evidenciar el cambio de estas coberturas asociado con la ganadería, agricultura y los efectos del cambio climático. Para esto, se deben obtener las imágenes satelitales de los años dispuestos para el análisis; además de realizarlo en el software, se llevó a cabo la disección de la información arrojada pues de esta manera se entenderían las condiciones de la vegetación de páramo en el pasado y los riesgos que implica la pérdida de la misma para el futuro y la disponibilidad de agua en la región.

El Parque Nacional Natural Chingaza, es un tesoro natural y cultural del centro de Colombia; la magia de sus montañas guarda secretos y pensamientos heredados de los Muisca y los Guayupes, pueblos indígenas que resguardaban este territorio (Colombia, 2016).

Está ubicado en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, al nororiente de Bogotá. Posee 11 municipios, siete de los cuales pertenecen al oriente del departamento de Cundinamarca: Fómeque, Guasca, La Calera, Choachí, Gachalá, Junín y Medina; los restantes, al noroeste del departamento del Meta: San Juanito, El Calvario, Restrepo y Cumaral.

Chingaza es una verdadera fábrica de agua, prueba de ello son las lagunas de Siecha y Chingaza, de origen glaciar. Allí, existe el gran embalse de Chuza, el cual suministra el líquido para la Capital. El 99% del área se encuentra en la cuenca del río Orinoco, en las cuencas altas de los ríos Blanco y Negro, Guatiquía, Guacavía, Gazaunta, Gazamumo, Humea y Guavio. Chingaza aporta un 80% del agua potable de alta calidad a los bogotanos (Ambiente, 2010).

De acuerdo con los análisis cartográficos realizados por el IAVH (2006), se identifican más de 15 ecosistemas naturales diferentes, entre los que se destacan, por su extensión, el páramo húmedo en montaña estructural (63%) y el subpáramo húmedo en esta misma geoforma (7,77%). En general, el grado de transformación de este complejo es bajo (3.902 ha, equivalente al 6% del total del área), aunque en algunos sectores específicos puede ser más alto. Los cambios de vegetación corresponden con la implementación de pastos para ganadería de leche y de cultivos, especialmente de papa (Morales, 2007).

Por tanto, la importancia de realizar este análisis es fundamental para el control, manejo y conservación de uno de los páramos más grandes e importantes de nuestro país, además de conocer los cambios generados por el ascenso de

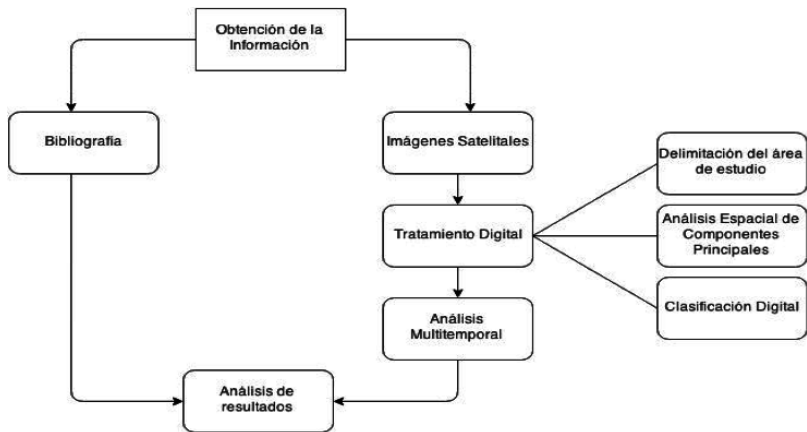
las actividades antrópicas como la ganadería y la agricultura y los efectos del cambio climático en estos ecosistemas tropicales tan valiosos.

Se han realizado diferentes estudios a partir de imágenes satelitales con el objetivo de realizar un análisis multitemporal debido a sus aplicaciones. Estas imágenes permiten determinar cambios de cobertura, desde la estimación de pérdida de suelo hasta los cambios que sufren las coberturas vegetales como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico (Fonseca, 2013).

# 2 | Metodología

## 2.1 Procedimiento

Figura 1. Procedimiento



Fuente. Elaboración propia de los autores.



# 3

## Obtención de imágenes satelitales

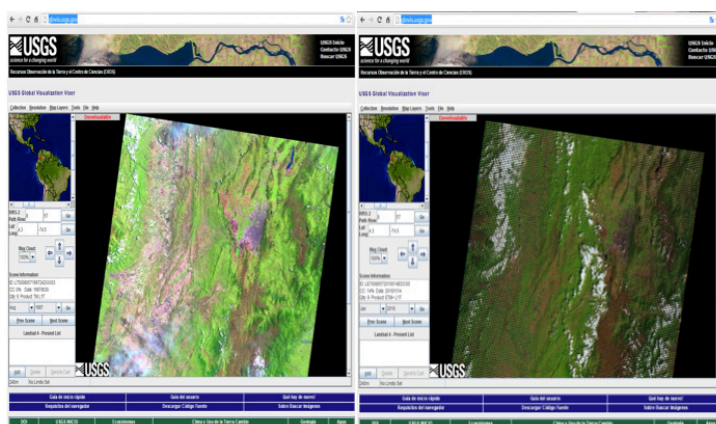
En la selección de las imágenes se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Fecha de la imagen: es muy importante, para este tipo de análisis, tomar un amplio lapso de tiempo sin que este afecte considerablemente la calidad de la imagen debido a la tecnología empleada por el sensor.
- Bandas espectrales: se debe asegurar que las imágenes tengan las seis bandas del espectro electromagnético, así, es posible combinarlas teniendo en cuenta la curva de reflectancia de los elementos de la imagen.
- Nubosidad: las imágenes satelitales, sin nubes, son muy pocas, y aún más si se trata de regiones en cadenas montañosas. Se seleccionaron dos imágenes en las que la nubosidad presente no supera el 30% del área de estudio.
- Metadatos: de gran importancia a la hora del tratamiento digital.

### 3.1 Descarga de las imágenes satelitales

Las imágenes fueron seleccionadas de la página de U.S. Geological Survey para lo cual se tuvo en cuenta la grilla de imágenes landSat para Colombia en donde se ubica el área del páramo de Chingaza en la imagen correspondiente al Path: 8 y Row: 57, según se observa a continuación (Figura 2).

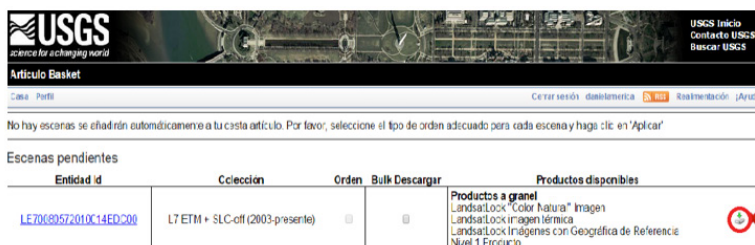
Figura 2. Imagen 857, agosto 1997 (Izq.) y enero 2010 (Der.).



Fuente. USGS, (s.f).

El siguiente paso es crear una cuenta en USGS para acceder al menú de descarga de la imagen (Figura 3).

Figura 3. Obtención de las imágenes Landsat



Fuente. USGS, (s.f).

Seleccionar el icono encerrado en color rojo para efectuar la descarga de la imagen que se seleccionó previamente en el visor de glovis. Al final de este proceso se obtienen las carpetas de las imágenes con sus bandas y metadatos (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de las imágenes landsat utilizadas

Fecha	Sensor	Satélite	Número de bandas	Nivel de procesamiento	Tamaño (MB)
Agosto-1997	TM	LandSat5	7	LG1	363
Enero-2010	ETM+	LandSat7	8	LG1	1240

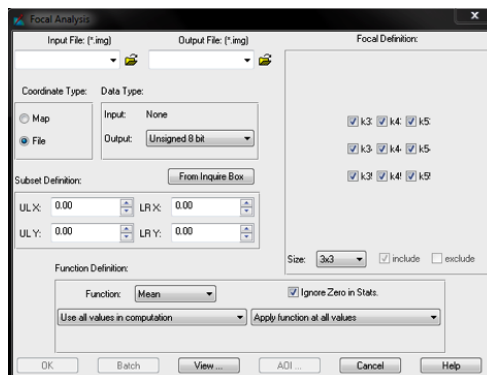
El nivel de procesamiento de cada una de las bandas de ambas imágenes, es LG1 gracias a su calidad, empleando datos de tipo computarizado en el momento de captura de la imagen (Harris, 1987). Las bandas de estas, van, desde el espectro visible hasta el infrarrojo; esto explica la cantidad de bandas presentada anteriormente (Tabla 1). La primera imagen cuenta con siete bandas, tres en el visible (1, 2,3), tres en el infrarrojo (4, 5, 7) y una en el térmico (6); la segunda imagen cuenta con ocho bandas, tres en el visible (1, 2, 3), cuatro en el infrarrojo (4, 5, 7, 8) y dos bandas en el térmico. Para nuestro análisis solo se utilizaron las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7 de cada imagen, posteriormente, estas se unieron en el tratamiento digital (GLCF, s.f.).

# 4 Tratamiento digital

Todo el tratamiento digital de ambas imágenes se realizó utilizando el software ERDAS IMAGINE 2011, desde la unión de bandas hasta los cálculos matemáticos del análisis.

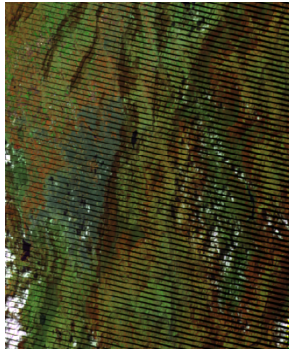
Mediante el menú de importación de ERDAS, se realizó la conversión de formato (.TIF), formato de descarga de imágenes, a formato (.img) característico del software, a cada una de las bandas. A partir del año 2003, el instrumento SLC del sensor ETM+, a bordo de LandSat 7, sufrió un daño irreparable haciendo que las imágenes capturadas presentaran vacíos de información fuera del área central de la escena; el satélite es funcional, pero las imágenes requieren de correcciones posteriores y la calidad de los datos disminuye sensiblemente (Chávez, 1982). La corrección de la segunda imagen se realizó en el software ERDAS, bajo la opción Focal Analysis para llenar los espacios vacíos en la imagen (Figura 4).

Figura 4. Focal Analysis



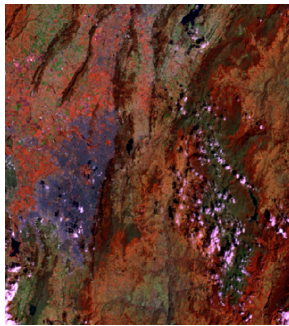
Bajo la opción Input File, se selecciona la imagen con bandeo. De la misma manera, bajo la opción Output File, se selecciona el nombre con la imagen corregida; este proceso debe realizarse al menos unas seis veces para obtener el área total de la imagen corregida, como se observa a continuación (Figura 5; Figura 6).

Figura 5. Primera RGB= 453



Fuente. USGS, (s.f).

Figura 6. Segunda RGB=453



Fuente. USGS, (s.f).

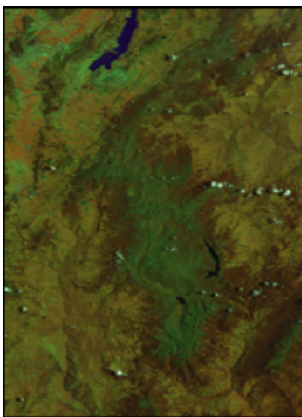
En la Figura 5 se observa el bandeo sin ningún tipo de corrección, mientras que en la Figura 6 se observa la corrección, es decir, el llenado de las bandas después de seis tratamientos bajo la opción Focal Analysis en ERDAS. De esta manera se pudo realizar el recorte del área de estudio para el análisis.

# 5 Delimitación del área de estudio

El área del páramo de Chingaza, correspondiente a la imagen 85, no supera el 20%. Por esto, es necesario realizar el recorte específico para el área de estudio, aún más importante es tomar exactamente el mismo tamaño de recorte y ubicación en las dos imágenes para no alterar el resultado.

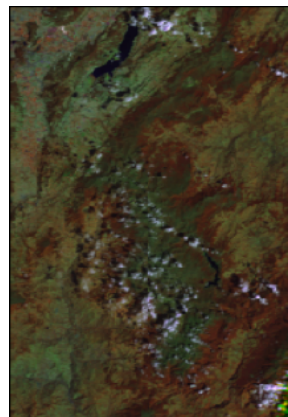
- Se tomó el recorte con el área de interés.
- Combinación de bandas: durante todo el tratamiento se utilizó la combinación de bandas RGB= 4,5, 3. Esta combinación es útil ya que se puede utilizar la reflectancia de los elementos en el terreno para diferenciar cultivos, color de suelos, follaje, estudio de biomasa, tipos de bosques y delimitación agua-suelos (Figura 7; Figura 8).

Figura 7. Recorte 1997



Fuente. USGS, (s.f).

Figura 8. Recorte 2010



Fuente. USGS, (s.f).

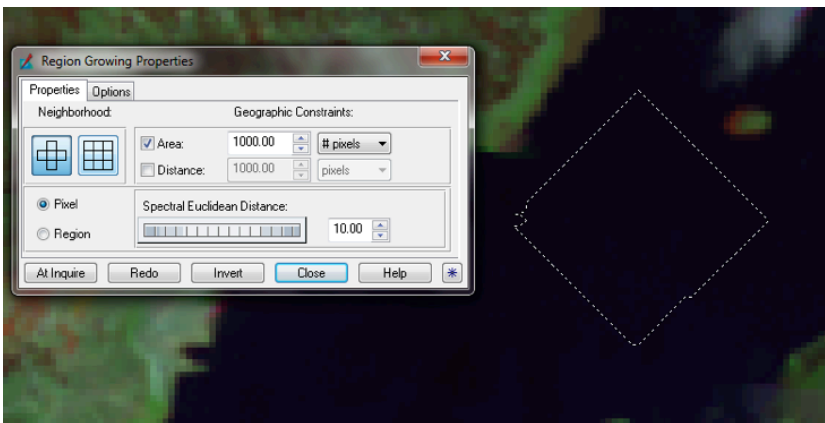


# 6

## Análisis espacial de los componentes de la imagen

- Recolección de áreas de entrenamiento: bajo esta herramienta se identificaron cada una de las coberturas totales de la imagen, seleccionándolas y clasificándolas por el tono del pixel (Figura 9).

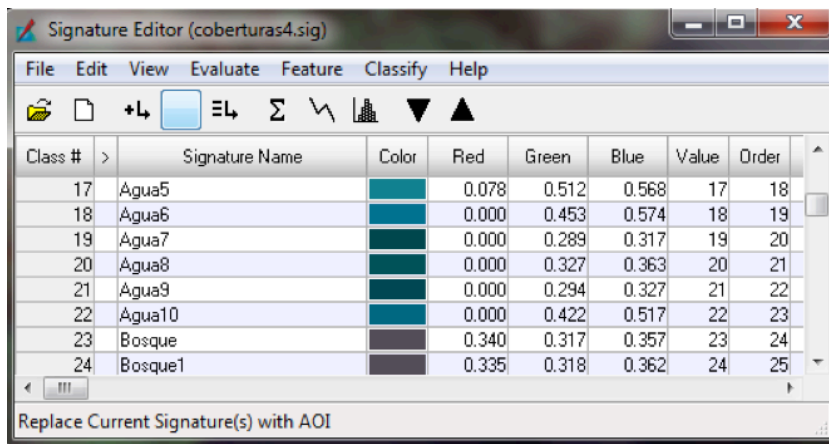
Figura 9. Recolección de áreas de entrenamiento



Fuente. ERDAS

Generación de firmas: bajo esta opción, se agrupan las muestras tomadas en el punto anterior dejándolas en una tabla por categoría y nombre asignado (Figura 10).

Figura 10. Signature Editor



Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
17	Agua5		0.078	0.512	0.568	17	18
18	Agua6		0.000	0.453	0.574	18	19
19	Agua7		0.000	0.289	0.317	19	20
20	Agua8		0.000	0.327	0.363	20	21
21	Agua9		0.000	0.294	0.327	21	22
22	Agua10		0.000	0.422	0.517	22	23
23	Bosque		0.340	0.317	0.357	23	24
24	Bosque1		0.335	0.318	0.362	24	25

Replace Current Signature(s) with AOI

Fuente. ERDAS



# 7 | Clasificación digital

Por último, se clasifican los píxeles y se agrupan de acuerdo con su color representado en un mapa del recorte por cobertura.

Para finalizar, en el análisis multitemporal del páramo de Chingaza, se calcularon las áreas correspondientes a cada cobertura vegetal identificada en la clasificación y análisis, especialmente la correspondiente al páramo.

Los resultados obtenidos de la clasificación supervisada, permiten generar el análisis correspondiente a las variaciones en el tiempo de las coberturas o clases definidas. Es decir, a partir de las clasificaciones generadas para cada periodo, se calcula la diferencia píxel a píxel para evaluar los cambios significativos en el tiempo.



## 8 | Resultados y discusión

Al analizar las imágenes después de haber hecho la clasificación digital y el cálculo del área a través del tamaño de los píxeles, se realizó el cálculo de porcentajes de cambio en la relación total del área de estudio (Tabla 2).

Se observa que, las coberturas con mayor variación son los cultivos y pastos con una variación del 21% y el 25 % respectivamente; así, se encuentra que para el caso de cultivos, disminuyó a través del tiempo siendo mayor esta cobertura para el año de 1997 que para el 2010; en el caso de los pastos aumentó en el lapso de tiempo tomado siendo mucho mayor para el año 2010 que para 1997.

Existen suficientes estudios acerca de los efectos de las actividades agropecuarias sobre la vegetación, biodiversidad, suelos y agua (Ferwerda, 1987; Verwey, 1995; Van der Hammen et al., 2002; Van der Hammen, 1998b; Vargas, 1996, entre otros) (Emilio, 1998). En cuanto a la agricultura, principalmente el cultivo de papa llega a altitudes cada vez mayores acercándose más a los 4.000 msnm. Además, se ha extendido la siembra de pastos introducidos convirtiendo la vegetación de páramo, poco a poco, en potreros. Cada día existen menos frailejones que necesitan entre 50 y 100 años para volver a alcanzar una altura de varios metros. El desplazamiento de la agricultura a altitudes mayores está relacionado con el desarrollo de variedades de papa más

resistentes a las heladas; también está relacionado con el aumento de temperatura asociado al cambio climático global actual. (Vacca, 2010).

Tabla 2. Cálculo de cambio de las coberturas.

N°	Cobertura	Imagen 1997		Imagen 2010		Diferencia de tiempo	
		Área m <sup>2</sup>	% Ocupación	Área m <sup>2</sup>	% Ocupación	Área m <sup>2</sup>	% Variación
1	Páramo	484728	12,7330102	407182	10,9318909	-77546	-1,80111928
2	Cuerpos Hídricos	33906	0,89065506	29206	0,78411326	-4700	-0,10654179
3	Bosque	895256	23,516908	1540150	41,3494502	644894	17,8325421
4	Invernaderos	102013	2,67971434	6339	0,17018743	-95674	-2,50952691
5	Pastos	126022	3,31039142	914739	24,5586175	788717	21,2482261
6	Suelo	686070	18,0219346	382971	10,2818818	-303099	-7,74005279
7	Cultivos	1333959	35,0409169	368567	9,89516787	-965392	-25,145749
8	Urbano	70671	1,85641136	4596	0,12339192	-66075	-1,73301943
9	Sombras del perfil	74236	1,95005807	70967	1,90529911	-3269	-0,04475895
<b>TOTAL</b>	<b>3806861</b>	<b>100</b>	<b>3724717</b>	<b>100</b>			

Es necesario aclarar que los posibles errores que haya tenido el software fue debido al estado de la imagen LandSat de 2010, pues al corregirla aún se podían observar las bandas y esto no permitía la claridad de los píxeles de cada cobertura. El software confundió las coberturas de páramo y suelo, por tanto, los datos obtenidos por el análisis de la fotografía aérea de 2010 no son del todo confiables; por ello, se realizó el cálculo del error en este recorte.

N total de píxeles 1997= 3806861

N total de píxeles 2010= 3724717

$$\%ERROR \text{ recorte} = \frac{N_{\text{píxeles 1997}} - N_{\text{píxeles 2010}}}{N_{\text{píxeles 1997}}}$$

$$\%ERROR \text{ recorte} = \frac{3806861 - 3724717}{3806861}$$

$$\%ERROR \text{ recorte} = 0,02 = 2\%$$

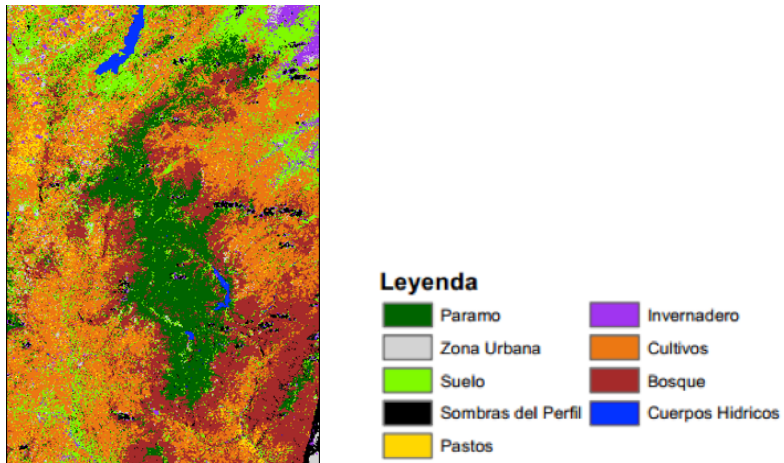
Lo que quiere decir que hay un error del 2% en el cálculo total del área de la imagen.

Se realizó una corrección para el caso de la cobertura de páramo, haciendo un nuevo recorte solo de esta zona y hallando el área de la nueva cantidad de pixeles en la imagen. El dato corregido se encuentra en la tabla 1. El análisis multitemporal obtenido a través de las imágenes *LandSat* descargadas tuvo como producto final una cartografía de coberturas para cada año que se encuentran anexas a este trabajo (Figura 1; Figura 2).

Es importante destacar, que los cambios en las coberturas vegetales no solo son dados por actividades antrópicas, pues el cambio climático también juega un papel muy importante en ello debido a los cambios en el patrón de precipitaciones y aumentos en la temperatura de los páramos; un 75 % de estos páramos del país se encuentran en peligro de desaparecer.

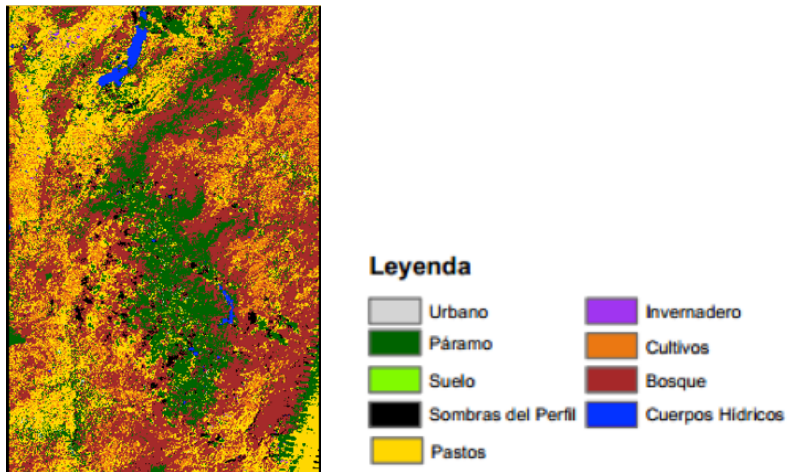
En particular, los páramos son considerados uno de los ecosistemas colombianos más vulnerables a escenarios de cambio climático y los impactos previstos tienen poco margen de error; los cambios serán fatales, irreversibles (Figura 11; Figura 12).

Figura 11. Análisis de coberturas para el año 1997



Fuente. USGS, (s.f).

Figura 12. Análisis de coberturas para el año 2010



Fuente. USGS, (s.f).



## Conclusiones

El análisis multitemporal realizado con el software ERDAS, brinda herramientas para la toma de decisiones frente a la conservación de los recursos naturales que aún tenemos en nuestro país, siempre y cuando las imágenes analizadas sean de igual y alta calidad, es decir, que el sensor del satélite funcione correctamente y las imágenes sean uniformes para que los datos obtenidos sean comparables y correctos. Este trabajo sirve como instrumento para una evaluación de impacto ambiental de las diferentes actividades antrópicas que se han realizado o se piensan realizar en el páramo y la incidencia del cambio climático en la zona, analizando también, el impacto en la disponibilidad del recurso hídrico a futuro.

A pesar del gran aumento en la resolución espacial de algunos productos o imágenes satelitales del mercado, las imágenes Landsat continúan siendo valiosas por la amplitud espectral que logran, dando como resultado, en el análisis multitemporal, una diferencia de 77546 m<sup>2</sup> de páramo perdido entre los años 1996 y 2010 con un margen de error del 2%.

Es importante y necesario tomar decisiones acertadas acerca de la conservación y manejo de los páramos, en este caso el Páramo de Chingaza, pues mediante el estudio realizado se evidenció la pérdida de la vegetación del páramo siendo transformada por actividades antrópicas como agricultura o ganadería o en su defecto, simplemente, desapareciendo, dejando el suelo sin cobertura e interrumpiendo el flujo de agua propio de estos ecosistemas.

El cambio climático también es otro de los factores que inciden en la desaparición de estos importantes ecosistemas, pues debido al aumento en la temperatura y el cambio en la precipitación, la flora presente no puede adaptarse a estas condiciones y tiende a desaparecer, y con ella, el principal abastecedor de agua de la Capital del país.



# 10 | Referencias bibliográficas

Emilio, C. (1998). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. (s.c) (s.e).

GLCF. (s.f.). *Global Land Cover Facility*. Recuperado de: <http://glcfapp.glc.f.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

Harris, R. (1987). *Satellite Remote Sensing an Introduction*. (s.c) (s.e).

Morales, M. (2007). *Atlas de Páramos de Colombia*. Bogotá D.C.: IAVH.

Vacca, P. (2010). *Análisis multitemporal determinación de hectareas cultivables y monte*. Chile: Ministerio de Economía, Industria y Empleo.



# 11 | Bibliografía

Chávez, P.S. (1982). Sowers; Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal applied Engineering*.

Fonseca, J. J. (2013). *Análisis multitemporal mediante imágenes Landsat*. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada.

Ministerio de Ambiente (2010). *Información general parque nacional natural Chingaza*. Bogotá: Dirección territorial Orinoquia.

Parques Nacionales de Colombia (2016). *Parques Nacionales Naturales de Colombia*. Recuperado de: <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/ecoturismo/region-amazonia-y-orinoquia/parque-nacional-natural-chingaza/>



**Determinación del  
funcionamiento hidráulico de los  
sistemas de campos elevados de  
la cultura muisca en las llanuras  
inundables de la Sabana  
de Bogotá.**

---

***Determining the hydraulic  
operation of the high fields  
systems created by the Muisca  
culture in the floodplains of the  
Sabana de Bogotá***

**Andrés Enrique Pulido Londoño  
Diego Alejandro Pinto Moreno  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas**

## Resumen

Los sistemas de agricultura ancestral conocidos como sistemas de campos elevados, fueron ignorados y olvidados debido a la ruptura de conocimientos ocurrida durante la conquista y la colonia. Actualmente, en Latinoamérica, están en proceso de recuperación y se ha documentado que tienen la cualidad de brindar múltiples servicios ambientales. Esto cobra gran importancia en momentos en que Colombia y el mundo deben enfrentar los retos y los desafíos que impone el cambio climático; de esta manera, la recuperación de estas prácticas surge como respuesta adaptativa para mitigar dichos impactos. Este proyecto plantea la Arqueología Tecnológica como un enfoque metodológico que busca dar inicio a la recuperación de tecnologías ancestrales, que posibiliten dar soluciones a las problemáticas ambientales actuales. Según este marco, en el presente proyecto se determinó el comportamiento del flujo del agua en los canales que componen los sistemas de campos elevados Muiscas, a partir de un modelo paramétrico, tomando como estudio de caso la Sabana de Bogotá –Colombia– y considerando su comportamiento como el de un canal abierto.

Lo anterior se realizó mediante tres etapas básicas: caracterización de estos sistemas a partir de su conocimiento actual; parametrización, donde se tipificaron y reconstruyeron; y la modelación hidráulica de sus canales, obteniendo las relaciones del flujo del agua con respecto a su geometría específica y su ubicación geográfica.

## Palabras clave

Sistemas de campos elevados muiscas, arqueología tecnológica, análisis multivariado modelo paramétrico, canal abierto.

## Abstract

The ancestral agriculture systems called “raised field systems” were ignored and forgotten, this due to the breakdown of knowledge that occurred during the conquest and colonization. Currently in Latin America, they are in a recovery process, and it has been documented that they have the faculty to provide multiple environmental services. This becomes very important now that Colombia and the world must face the challenges posed by the global warming, so the recovery of these practices emerges as an adaptive response to mitigate these impacts. This project states Technological Archaeology as a methodological approach that seeks to begin the recovery of ancient technologies, which enable the provision of solutions to current environmental problems. Under this framework and in this project, the behavior of water flow in the channels that compose the Muisca Raised Field Systems was determined from a parametric model, taking the Sabana de Bogotá (Colombia) as a case study, considering its behavior as that of an open channel.

This was done by means of three basic stages: characterization of these systems from their current knowledge, parameterization where the hydraulic modeling of its channels were typified and rebuilt; obtaining water flow relations with respect to its specific geometry, and its geographical location.

## Keywords

Muisca Raised Field Systems, technological archeology, multivariate analysis, parametric model, open channel.





# 1 | Introducción

Los sistemas de campos elevados o camellones, son tecnologías precolombinas de manejo integral del suelo que están en proceso de recuperación y vienen siendo reportadas por arqueólogos y geógrafos desde la década de 1960, en planicies anegables de casi todo el continente (Herrera, 2008).

Desde la segunda mitad de la década de los ochentas empezaron las investigaciones arqueológicas en las técnicas de los indígenas americanos para el cultivo del suelo. Países en América latina como Ecuador, Perú, México y Bolivia han sido líderes en las investigaciones y en los proyectos de recuperación de las tecnologías ancestrales; aunque en Argentina, Uruguay, Chile y Colombia también hay algunas investigaciones en el tema (Valdez & Yepetz, 2006). A continuación, se muestran algunas investigaciones en Latinoamérica sobre los sistemas de campos elevados, la recuperación, validación de la tecnología y agricultura ancestrales (Tabla 1).

Tabla 1. Antecedentes de investigación en sistemas de campos elevados.

LIBRO Y AÑO	AUTOR	TEMA
Cambios Térmicos En Sistemas Térmicos De Suka-Kullos y Pampa. (2005)	Reynaldo Rocha	En el altiplano boliviano se han realizado investigaciones que han evaluado los comportamientos climático e hídrico de los sistemas suka-kullos versus los sistemas de pampa.
La Recuperación De Las Tecnologías Indígenas” (2011)	Alexander Herrera	Sistemas agrícolas ancestrales en los andes centrales enfocándose en las implicaciones sociales y culturales de su implementación realizado con el centro de investigación andina del Perú (PUNKU), y la universidad de los Andes.
Manejo Del Espacio Y Aprovechamiento De Recursos En La Depresión Momposina, Bajo Río San Jorge	Sneider Rojas M	Depresión Momposina, acerca del manejo del espacio y la distribución del sistema de camellones de la cultura Zenú y aprovechamiento de los recursos en la cuenca baja del río San Jorge.
A Prehistoric Field System In Chibcha Territory, Colombia (1968)	Silvia Maguerite Broadbent	La primera referencia relevante acerca del sistema de campos elevados en la sabana de Bogotá, lo que ella denomina “cropmarks” o marcas de surco que fueron identificadas a partir de fotografías aéreas.
Perspectivas Culturales Y Cambios En El Uso Del Paisaje En La Sabana De Bogotá En Colombia Siglos XVI Y XVII (2006)	Inés Cavalier	Sobre las formas de uso del paisaje durante la ocupación indígena donde identifiqué cuatro espacios de uso diferenciados registrados.
Patrones De Asentamiento Regional Y Sistemas De Agricultura Intensiva En Cota Y Suba, Sabana De Bogotá	Ana María Boada	Investigaciones en la sabana de Bogotá analizando los patrones de asentamiento Muisca y su relación con la ubicación de los sistemas de camellones.

Fuente. Elaboración propia de los autores, (2015).

Como se puede ver, el estudio de los camellones ha sido ampliamente documentado, sin embargo, la práctica realizada por lo Muisca no ha sido estudiada aun desde la ingeniería –y la práctica está desaparecida–, y actualmente no se encuentran vestigios que permitan su estudio en el entorno natural.

A continuación, se abordan, de manera general, los conceptos teóricos más relevantes en la investigación.



# 2

## Ubicación y características geográficas del área de investigación: cuenca medio del río Bogotá

La Sabana de Bogotá está ubicada en el Departamento de Cundinamarca, en la zona axial de la Cordillera Oriental y comprende la cuenca hidrográfica alta y media del río Bogotá; fisiográficamente está conformada por un altiplano o superficie plana, con una altura promedio de 2.600 m.s.n.m., la cual está rodeada por montañas con alturas hasta los 3.600 m.s.n.m (Figura 1).

Figura 1. Localización geográfica de la cuenca media.



Fuente. Elaboración propia de los autores, (2015).

# 3 | Cultura Muisca

Los muisca son un pueblo indígena que habitó el altiplano cundiboyacense y el sur del departamento de Santander, en Colombia, desde el siglo VI a. C. En la época prehispánica, eran excelentes orfebres, practicaban el trueque de mantas, sal, esmeraldas y otros productos con los pueblos vecinos. Esta cultura tuvo gran desarrollo en su organización política y social, además, desarrollaron la agricultura sobre terrazas de cultivos con complejos sistemas de riego, planificada de acuerdo con sus conocimientos meteorológicos y astronómicos. Obtenían gran variedad de productos, entre ellos: maíz, papa, quínoa, arracacha, tomate, algodón, tabaco, entre otros (Bohórquez, 2006).

Figura 2. Grabado de 1536. Representación europea de los Muísca.



Fuente. Yurileveratto.com, (2015).

### **3.1 Sistemas de campos elevados –Camellones–**

Los sistemas de campos elevados hacen parte de un conjunto de técnicas desarrolladas por diferentes civilizaciones alrededor del mundo, que para esta investigación, se han denominado agricultura de inundación. Desde su descubrimiento en la década de los años 60 varios autores han realizado numerosos estudios sobre los sistemas de campos elevados y han generado varias definiciones de los mismos, entre ellas la de Denevan y Turner (1974), que definen los sistemas de campos elevados o camellones como una preparación de terreno que involucra la transferencia de materiales terrosos para elevar el nivel del suelo sobre la superficie del entorno natural, generando un sistema de canales y surcos en los terrenos inundables que facilita el flujo de agua por estos; ello se realiza con el fin de mejorar las condiciones de cultivo, especialmente cuando hay un drenaje deficiente del suelo.

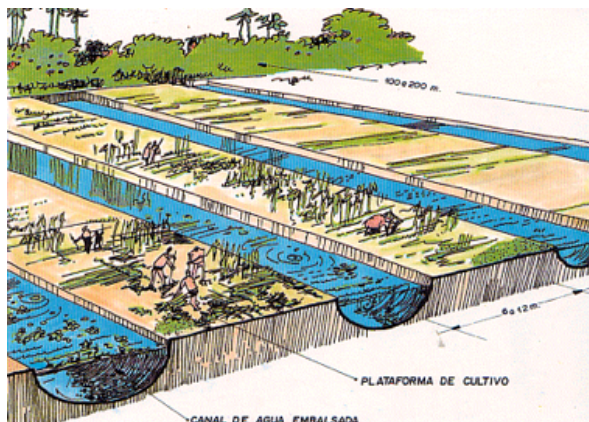
Por otro lado, Herrera (2008), considera que los campos elevados son una técnica de manejo del paisaje que permite aprovechar los recursos que brindan las sabanas de inundación para la producción agrícola, mientras brinda servicios ambientales tales como: la regulación climática, regulación de caudales, control de inundaciones y la conservación de la biodiversidad.

### **3.2 Sistemas de campos elevados Muiscas**

Los sistemas de campos elevados muiscas fueron una técnica usada por ellos mismos, en la Sabana de Bogotá, como una respuesta adaptativa a las condiciones locales de carácter anegado, con el fin de darle un manejo al exceso de agua

para ser aprovechado y regulado en la implementación de cultivos y aprovechamiento pecuario (Baquero, 2005). Para esta investigación, se tomó como base el trabajo realizado por Ana María Boada quien identificó zonas con vestigios de la tecnología y a partir de la forma de la terraza realizó una clasificación –damero, lineal, irregular y paralelo– (Boada, 2006) (Figura 3).

Figura 3. Esquema de un sistema de campos elevados



Fuente. CEAM, (2015).

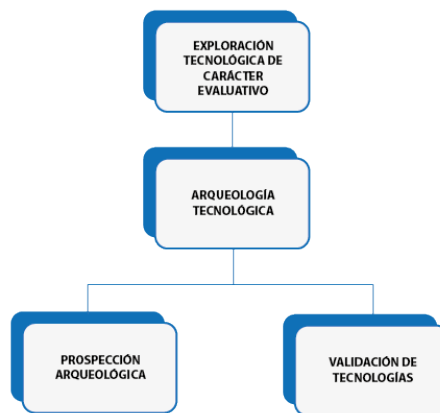
### 3.3 Hidráulica de canales

La hidráulica de canales o el flujo en canales abiertos fue la herramienta que permitió analizar y entender el comportamiento hidráulico de los sistemas de campos elevados muisca. Si se entienden estos como una compleja red de terrazas y canales, el análisis se centra en los canales, hidráulicamente tienen tres componentes principales, características geométricas, características hidráulicas y características de flujo. Se tomó como guía el libro de hidráulica de canales de Vení Chow (2004).

# 4 | Metodología

Esta investigación se realizó bajo el carácter de una exploración de tipo evaluativo, desarrollada en el contexto de la arqueología tecnológica; se planteó como un estudio de caso con una única unidad de observación denominada canal abierto, enmarcado en los sistemas de campos elevados Muiscas –Camellones–, en cuatro áreas de la cuenca media del río Bogotá. Lo anterior, teniendo como objetivo principal describir el comportamiento del flujo de agua en los canales abiertos que componen los sistemas de campos elevados Muiscas, a partir de un modelo paramétrico y utilizando como herramientas de investigación la validación de tecnologías, y la prospección arqueológica (Radulovich & karrremans, 1993; Herrera, 2008; Boada, 2006) (Figura 4).

Figura 4. Enfoque metodológico



Fuente. Elaboración propia de los autores, (2015).

Considerando que la investigación está relacionada con la recuperación de tecnologías ancestrales, y por ende de los saberes tradicionales, se decidió asociar cada de las cuatro etapas del proceso metodológico con una figura relevante en la mitología Muisca, como parte del proceso de reparación y dignificación histórica que pretende este proyecto: Iguaque–El origen, Bachue–La creación, Bochica–El ascenso y Bacatá–La cosecha. A continuación se muestran las etapas de desarrollo metodológico (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de proceso metodológico

ETAPA	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCESOS DE LA INFORMACIÓN	HERRAMIENTAS
IGUAQUE	Caracterizar los sistemas de campos elevados de origen Muisca de la sabana de Bogotá de los sectores adyacentes al río Bogotá.	1. Búsqueda y consolidación de la información.  2. Definición del área de estudio.	Revisión bibliográfica Consolidación y priorización de información secundaria. 2.1 Levantamiento de información primaria: Fotografías, estado y existencia de los camellones.
BACHUE		3. Sistematización de la información arqueológica.	3.1 Delphi con expertos: Localización, evaluación de variables y técnicas de análisis. 3.2 Definición de sistemas de campos elevados: Partes del camellón y clasificación (lugar, forma, ubicación) 3.3 Definición y establecimiento de áreas de estudio (Boada, 2006).
		4. Representación Cartografía	4.1 Geología (INGEOMINAS, 2005); Geomorfología (IGAC, 2000); Hidrología (CAR, 2015; IGAC, 2000); Topografía (IGAC, 2000)
BOCHICA	Parametrizar las condiciones técnicas del funcionamiento de los canales que componen los sistemas de campos elevados.	1. Selección de variables determinantes.	1.1 Matriz comparativa para la selección de variables de entrada a partir de tres parámetros: Hidráulica de canales (Ceballos López, 2011), software (HECRAS, 2014), disponibilidad de la información.

Tabla 2. Matriz de proceso metodológico (Continuación)

		2. Definición de tipos o tipificación de los canales de acuerdo a la clasificación de Boada(2006).	2.1 Medición y análisis (3 métodos de análisis multivariado) morfológico (largo, ancho) a partir de información cartográfica adaptando clasificación de Boada (2006).
		3. Se definirán los parámetros de evaluación como: Geometría, caudales, pendiente, coeficiente de Manning e infiltración.	3.1 Calculo de la sección transversal, considerando: Talud, profundidad y ancho de base para cada tipo de canal definido en el numeral anterior. Adaptado de VenteChow (2004), Boada & otros (2006) & FAO (2003) A. Establecimiento de Canal Patrón. B. Determinación de Rugosidad (Cowen, 1956) y Pendiente
BACATA	Modelar los comportamientos hidráulicos de los sistemas.	1. Reconstrucción de canales.	1.1. Representación cartográfica de la geometría de los canales en 2D y 3D. 1.2. Definición de las condiciones de contorno. 1.3. Alimentación del software.
		2. Modelado de los prototipos.	2.1. Se incluyeron las variables determinantes al software. 2.2. Calibración de los resultados de la aplicación de un modelo hidráulico. Software: Arc-GIS 10.3, Hec-RAS, H- canales.

Fuente. Elaboración propia de los autores, (2016).



## Resultados y discusión

A continuación se presenta un resumen de los resultados de acuerdo con cada etapa metodológica:

- **Caracterización:** se realizó toda la búsqueda y recopilación de la información a través de búsqueda bibliográfica, visitas institucionales, entrevistas con expertos y visitas de campo. Se logró caracterizar la práctica desarrollada por los Muiscas según las diferentes clasificaciones y categorizaciones realizadas por los expertos del área, y se digitalizaron las áreas seleccionadas a partir de fotografías aéreas y cartografía de la zona. Al realizar las visitas de campo se comprobó que los canales se encuentran obliterados, imposibilitando la toma de medidas directas; adicionalmente, se caracterizaron las áreas físicas seleccionadas para tener información base y así realizar la parametrización. Un resumen de esta caracterización se puede apreciar más adelante (Anexo 1: Tabla 1; Tabla 2).

Definir las características físicas de estos predios permitió, entre otras cosas, precisar aspectos de la parametrización como la rugosidad y la pendiente de cada área seleccionada.

- **Parametrización:** en esta etapa, a partir de la clasificación por forma de los SCEM de Boada (2006), se inició la tipificación cuyo proceso busca encontrar los canales tipo o patrón que

definen este sistema. El primer paso fue delimitar, definir el sistema y realizar la toma de 9878 medidas de los canales que componen cada uno de los tipos de canales midiendo largos y varios anchos a través de la digitalización que se realizó en la etapa anterior de las terrazas (Figura 5).

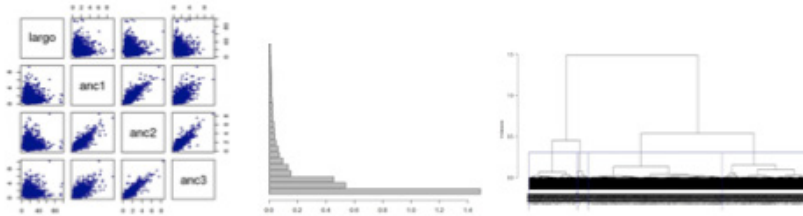
Figura 5. Muestra de digitalización para la generación digital de los canales.



Fuente. Elaboración propia de los autores, (2016).

Luego de contar con esta información se realizaron análisis de componentes principales –dispersión, clúster y factorial– para identificar los grupos en que se asocian los individuos por las relaciones de inercia entre sus variables –largos y anchos– o los índices de agrupación por la variabilidad de las clases (Figura 6).

Figura 6. Gráficas de dispersión, histograma de clases y de agrupación por similitud para camellones tipo 1.

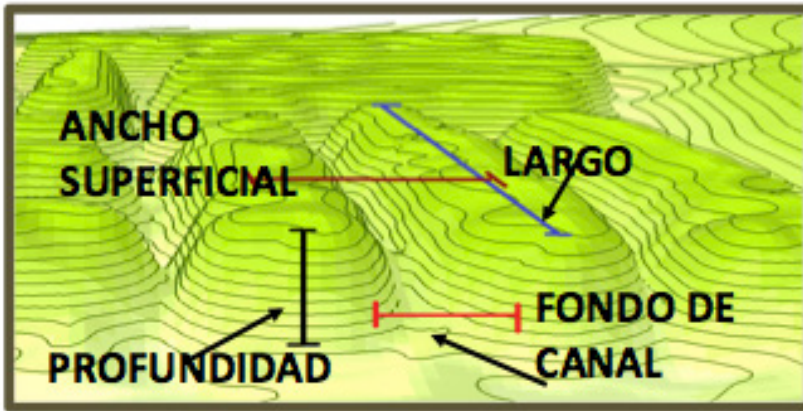


Fuente. Elaboración propia de los autores, (2016).

Este análisis generó una subdivisión de los tipos descritos por Boada, con 18 grupos de los cuales se seleccionaron dos de cada tipo como los más representativos teniendo en cuenta el número de individuos y su distribución espacial, dando como resultado la selección de ocho grupos a partir de los cuales se construyeron los prototipos.

Después de tener las medidas básicas de cada patrón identificado, se realizó la determinación de las otras variables de análisis de la siguiente manera: definición artificial de la geometría de la sección del canal teniendo en cuenta su método de construcción, material y constitución; cálculo de rugosidad por el método de Cowen; estimación de pendiente por medio de la reconstrucción artificial del camellón; estimación de caudales teniendo en cuenta las variables anteriores y asumiendo diferentes niveles de tirante hidráulico (Figura 7).

Figura 7. Medidas relevantes de la geometría del canal.



Fuente. Elaboración propia de los autores, (2016).

Se obtuvieron los siguientes resultados para los ocho tipos o patrones identificados. Estas medidas representan la geometría típica de los canales que conforman los sistemas de campos elevados muisca (Tabla 3).

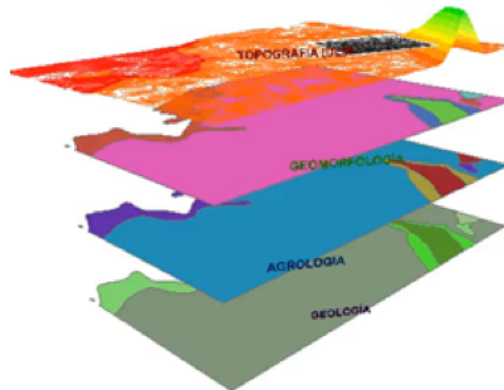
Tabla 3. Resumen de datos de variables preliminares de modelado

		MEDIDAS PROMEDIO				PENDIENTE		PROFUNDIDAD	RUGOSIDAD	RELACION TALUD Z	BASE DEL CANAL (b)			Y (TIRANTE)		Q (CAUDAL)
TIPO	GR	LARGO	A. INI	A. MED	A. FIN	SUEL	CALC.	LIT			INICIAL	medio	FINAL	%	mt	
DAMERO	1	37.318890	1.209777	1.114539	1.144373	0-5	0.006025107	0.6	0.055	0.36	0.489777	0.39454	0.42437	30%	0.18	0.0331
														60%	0.36	0.0993
														90%	0.54	0.1928
DAMERO	4	14.735710	1.084049	1.018368	0.994665	0-5	0.006025107	0.6	0.055	0.36	0.364049	0.29837	0.27467	30%	0.18	0.0239
														60%	0.36	0.0729
														90%	0.54	0.145
PARALELO	1	33.096100	3.070089	2.290945	2.988464	0-1.5	0.007455321	1	0.067	0.6	1.870089	1.09095	1.78846	30%	0.3	0.3055
														60%	0.6	0.9505
														90%	0.9	0.8685
PARALELO	3	40.219630	6.975095	5.859685	6.871262	0-1.5	0.007455321	1	0.067	0.6	5.775095	4.65969	5.67126	30%	0.3	0.9758
														60%	0.6	3.0403
														90%	0.9	5.8937
LINEALES	1	159.847200	5.157435	3.907141	4.498224	0-1.5	0.00361859	1.2	0.06	0.72	3.717435	2.46714	3.05822	30%	0.36	0.6587
														60%	0.72	2.0658
														90%	1.08	4.057
LINEALES	4	591.845800	15.001899	9.282287	8.792023	0-1.5	0.00361859	1.2	0.06	0.72	13.5619	7.84229	7.35202	30%	0.36	2.4508
														60%	0.72	7.6129
														90%	1.08	15.053
IRREGULAR	1	22.295210	4.181625	2.578896	4.001769	0-1.5	0.007455321	1	0.065	0.6	2.981625	1.3789	2.80177	30%	0.3	0.5101
														60%	0.6	1.5817
														90%	0.9	3.0738
IRREGULAR	2	29.012580	7.865150	5.507643	7.904669	0-1.5	0.007455321	1	0.065	0.6	6.66515	4.30764	6.70467	30%	0.3	1.1643
														60%	0.6	3.6331
														90%	0.9	7.0467

Fuente. Elaboración propia de los autores, (2016).

- Modelación. Con estos datos y con la información de la caracterización física se construyó un DEM (modelo digital de elevación de terreno), sobreponiendo la información cartográfica digitalizada (Figura 8).

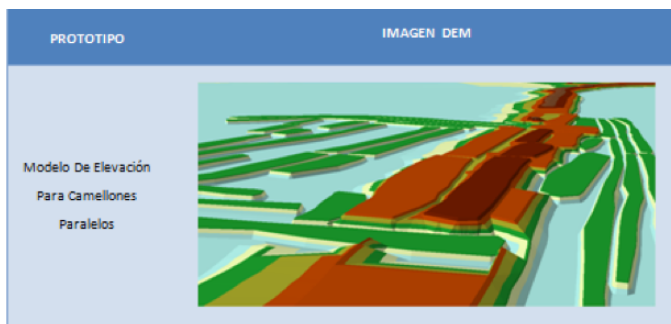
Figura 8. Representación digital de elevación del terreno de los camellones del predio La Conejera.

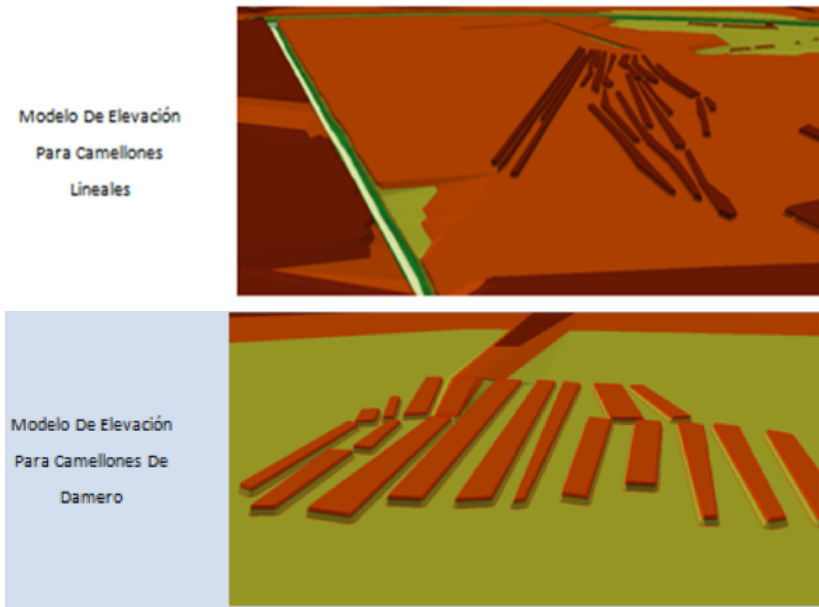


Fuente. Elaboración propia de los autores, (2015).

Este modelo de elevación se construyó para cada área de estudio, se cruzó con la información de las variables obtenidas de la parametrización y con la reconstrucción digital de forma de los camellones. De esta forma, se logró reconstruir de manera digital los camellones (Figura 9).

Figura 9 Imágenes DEM de algunos prototipos

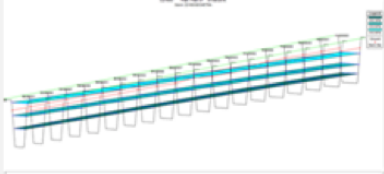
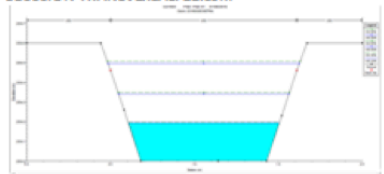
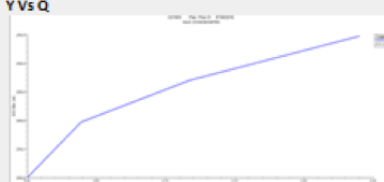
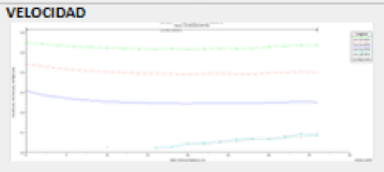




Fuente. Elaboración propia de los autores, (2016).

Luego de tener los modelos de elevación por medio de la herramienta Hec-GeoRAS, se exportó la información de la geometría del canal al software de modelación Hec-RAS donde se realizó el modelado de cada uno de los prototipos de canal determinados; se integró la información de rugosidad y se obtuvieron los cálculos de las variables hidráulicas (Tabla 4).

Tabla 4. Ejemplo del esquema de datos modelados por prototipo

CÓDIGO CANAL CD1693						
VISTAS GRAFICAS		GRUPO: 1	LARGO DEL CANAL (m): 38			
		variables hidráulicas	% de valor			
VISTA	X-Y-Z DEL CANAL	SECCIONES:	19			
		TIRANTE HIDRÁULICO (Y) (m)	30%	0.19		
			60%	0.34		
			90%	0.50		
		CAUDAL (Q) (m³/s)	30%	0.04		
			60%	0.12		
			90%	0.24		
		ÁREA HIDRÁULICA (m²)	30%	0.16		
			60%	0.30		
			90%	0.47		
SECCION TRANSVERSAL: 21.99m		RADIO HIDRÁULICO	30%	0.14		
			60%	0.20		
			90%	0.26		
		ENERGÍA ESPECÍFICA (m²)	30%	0.18		
			60%	0.23		
			90%	0.25		
		VELOCIDAD (m/s)	30%	0.24		
			60%	0.39		
			90%	0.52		
		Y Vs Q		PERÍMETRO MOJADO (m)	30%	1.17
			60%	1.48		
			90%	1.74		
		ANCHO SUPERFICIAL (m)	30%	0.90		
			60%	1.02		
			90%	1.14		
		VELOCIDAD		Nº. FROUDE	30%	0.18
					60%	0.23
					90%	0.25
				TIPO DE FLUJO	30%	
60%						
90%						

Fuente. Elaboración propia de los autores, (2016).

Estos valores fueron sistematizados y analizados para cada una de las secciones transversales en cada prototipo teniendo en cuenta los rangos analizados para las características de un flujo permanente univariado y subcrítico (Tabla 5).

Tabla 5 Comportamiento de las principales variables según modelación

Parámetro	Comportamiento
Velocidad	Los canales de damero presentan las velocidades más bajas del sistema, mientras que los canales irregulares y paralelos, las mayores velocidades
Longitudes	Los canales de tipo lineal presentan las mayores longitudes con medidas que superan los 500 m, mientras que los más cortos, son los canales tipo damero.
Ancho	Los canales lineales tienen los mayores anchos a lo largo de las tres secciones medias, y las menores, las de damero.
Radio hidráulico	Con un tirante hidráulico al 90 % los canales con mayor radio hidráulico son lineales e irregulares.
No. de Froude	Para todos los canales, en sus diferentes secciones transversales y con diferentes tirantes hidráulicos, se presenta el régimen subcrítico, sin embargo, los canales irregulares y paralelos, por la irregularidad que presentan en sus diferentes secciones, muestran los valores más cercanos a 1 con 0.4.
Caudales	Consecuentemente a las secciones transversales, los mayores caudales se presentan en los canales lineales seguidos de los irregulares.

Fuente. Elaboración propia de los autores, (2016).

Los valores obtenidos a partir del modelo hidráulico fueron contrastados con las hipótesis de funcionalidad planteadas por la arqueología para verificar si estas corresponden con la realidad a partir de lo modelado.



# 6 | Conclusiones

- La dificultad de estudiar los saberes ancestrales radica en la complejidad, no solo por la necesidad de una visión holística de su conocimiento, sino por entender que hay otras maneras de interpretar la realidad y no solo en términos del pensamiento de occidente –hibridación de conocimiento–.
- La adaptación de tecnologías apropiadas y ancestrales se convierte en una herramienta válida para afrontar la problemática actual de un mundo globalizado con déficit de alimentos y ad portas de afrontar una de las crisis ambientales más graves de la historia del hombre por cuenta del calentamiento global.
- Esta investigación abre el camino desde la ingeniería al redescubrimiento de las técnicas y prácticas ancestrales para que a través de un proceso de validación tecnológica se vuelvan soluciones viables.
- Se propone la arqueología tecnológica como una herramienta de investigación en la ingeniería y las ciencias ambientales, que permite rescatar los conocimientos ancestrales a través de procesos de validación y transferencia tecnológica para encontrar salidas sostenibles a las problemáticas ambientales actuales.



# 7 | Líneas de trabajo futuras

Se plantean las siguientes líneas de trabajo futuras:

- Investigaciones en evolución tecnológica de los conocimientos ancestrales para su uso en la actualidad.
- Investigaciones donde se analice el sistema no solo como una variable –canal abierto– sino integrándolo con un modelo más complejo que arroje predicciones más precisas.
- Construcción de sistemas piloto a escala real que permita medir y evaluar directamente sus propiedades hidráulicas agrícolas y ambientales.
- Aplicación de esta metodología en otro tipo de prácticas ancestrales para iniciar procesos de validación tecnológica.



## 8 | Referencias bibliográficas

Baquero, A. M. (2005). *Sostenibilidad del pasado precolombino, propuesta para el manejo de humedales, con fines agrícolas*. Rosario, Argentina: Congreso Latino Americano de Antropología.

Bohórquez, R. M. (2006). *Sopó: historia, mitos y muisca*. Sopo: Alcaldía Municipal de Sopó.

Boada, A. M. (2006). *Patrones de asentamiento regional muisca y sistemas de agricultura intensiva en los municipios de Suba Sabana de Bogotá*. Bogotá: Banco de la Republica.

Broadbent, S. M. (1968). A prehistoric field system in chibcha territory, Colombia. *Ñawpa Pacha: Journal of Andean Archaeology*, pp.135-147.

Cavelier, I. (2006). Perspectivas culturales y cambios en el uso del paisaje en la Sabana de Bogotá en Colombia siglos XVI Y XVII. En: Valdéz, *Agricultura Ancestral, camellones y Albarradas* pp. 127-140. Quito, Ecuador: Ediciones Abyayala.

Herrera, A. (2008). *Recuperación de las tecnologías indígenas, una deuda con nuestros pueblos*. Jarallpa: Universidad de los Andes.

Radulovich, R., & karrremans, J. A. (1993). *Validación De tecnologías en sistemas agrícolas*. San José, Costa Rica: Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza (CATIE).

Rojas, S., & Montejo, F. (2006). Manejo del espacio y aprovechamiento de recursos en la depresión Momposina, Bajo río San Jorge. En: Valdéz, Agricultura Ancestral, Camellones y Albarradas pp. 81-91. Quito, Ecuador: Ediciones Abya Yala.



## Bibliografía

Álvarez, A. (2012). *Modelado y Control de un Canal Hidráulico*, Trabajo final de maestría. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.

Bernal, F. (1992). *Investigaciones arqueológicas en el antiguo cacicazgo de Bogotá, Funza-Cundinamarca*. Boletín de Arqueología. Bogota, Colombia, pp. 31-48.

Chow, V. T. (2004). *Hidráulica de canales abiertos*. Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill.

Valdéz, F., & Yepez, A. (2006). *Agricultura ancestral, camellones y albarradas, contexto social, usos y retos del pasado y presente*. Quito, Ecuador: Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA).



# **Diagnóstico ambiental de los ecosistemas de la reserva forestal El Delirio (Bogotá, Colombia)**

---

***Environmental diagnostic of the  
ecosystems in El Delirio, forest  
reserve (Bogota, Colombia)***

**Leidy Tatiana Silva Ruíz  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Gilbert García Suazo  
Egresado de la Universidad EAN**

## Resumen

Los ecosistemas, como los páramos o los bosques alto andinos de Bogotá, se encuentran en total desconocimiento por la mayoría de los capitalinos. Es importante reconocer que estos ecosistemas, aunque son de gran importancia ecológica, son espacios en donde se llevan a cabo actividades como el ecoturismo, el senderismo y que además son receptoras de vertimientos o residuos. Por medio de esta investigación se realiza un diagnóstico de impacto de las actividades desarrolladas en la reserva forestal El Delirio haciendo uso de una matriz Leopold, realizando una evaluación cualitativa y una aproximación del impacto generado por estas actividades de manera directa o indirecta, involucrando la percepción que tiene la comunidad sobre el territorio.

## Palabras clave

Cerros orientales, reserva forestal, río Fucha, diagnóstico ambiental, impactos.

## Abstract

Ecosystems as the moors or the Andean high forests in Bogotá are in total unawareness by the majority of the citizens in the capital. It is important to recognize that these ecosystems, although they are of great ecological importance, are spaces where activities such as ecotourism and hiking are practiced, and also, waste or dumping is received. Through this research, a diagnosis of the impact that these activities have in El Delirio forest reserve is carried out; making use of a Leopold matrix, conducting a qualitative assessment and an approximation of the impact that is generated by these activities in a direct or indirect manner, involving the perception of the community in the territory.

## Keywords

Eastern mountains, forest reserve, Fucha River, environmental assessment, impacts.





# 1 | Introducción

La reserva forestal El Delirio está ubicado en el sector oriental de Bogotá. En sus aproximadas 1400 hectáreas se ve reflejada una gran importancia ecosistémica y cultural para la ciudad (Alcaldía mayor de Bogotá, 2012), pues abastece agua potable a diferentes barrios de la localidad de San Cristóbal. Cuenta con más de 20 quebradas que conforman la cuenca alta del río Fucha, además de una importante área de bosque alto. En él se puede encontrar el camino Real Muisca que comunica a Bogotá con el municipio de Ubaque, camino transitado por Nicolás de Federmann, Alexander Von Humboldt y los caciques muisca (Alcaldía de Ubaque - Cundinamarca, 2014) .

El páramo es el otro ecosistema presente en la reserva a aproximadamente 3200 m.s.n.m. Los páramos en Colombia tienen bastante humedad, están caracterizados por diferentes especies de musgo, su paisaje es dominado por el frailejón (*Speletia grandiflora*). El 70% del abastecimiento de agua del país depende de estos ecosistemas amenazados principalmente por la minería y la agricultura.

Gracias a ello, se hace necesario realizar un diagnóstico ambiental que permita dar una aproximación al estado actual de los recursos naturales y ecosistemas (INVEMAR, 2009), de la reserva El Delirio.



# Objetivos

Realizar un diagnóstico ambiental de los ecosistemas de la zona de Reserva Forestal El Delirio desde el componente biótico, abiótico y ambiental para su conservación, con un enfoque en el estado del recurso hídrico, específicamente en la cuenca alta del río Fucha.

## 2.1 Objetivos específicos

- Identificar los factores de los componentes bióticos, abióticos y ambientales de los ecosistemas de la reserva forestal El Delirio.
- Reconocer los principales problemas ambientales de la reserva a partir de la consulta de fuentes de información y evaluarlos cualitativamente mediante el uso de una matriz Leopold.
- Analizar la situación ambiental actual y a partir de los mismos proponer estrategias de mejora.

# 3 Metodología

Para la realización del diagnóstico ambiental se realizó:

## 3.1 Cartografía social

Aplicada en el CED de Aguas Claras ubicado en el barrio Aguas Claras. Participaron 46 niños de grados 4°, 5° y docentes; con los niños se realizaron gráficos señalando los principales impactos ambientales del sector desde su perspectiva y con los docentes se realiza el mismo ejercicio. Adicionalmente, con docentes se hace una aplicación de encuestas que reflejen la percepción del territorio de los docentes (Figura 1).

Figura 1. CED de Aguas Claras



Fuente. Archivo de los autores, (s.f).

## **3.2 Evaluación del impacto ambiental**

Para la EIA se consultaron fuentes de información primaria y secundaria para la información que se presenta a continuación.

### **3.2.1 Línea base ambiental**

La elaboración correspondió a la descripción actual de la reserva considerándose las variables ambientales más representativas, así como la situación socioeconómica del sector, actividades humanas y posibles afectaciones enfocadas al recurso hídrico.

Para evaluar los principales componentes se tuvieron en cuenta, como base principal para la elaboración de este diagnóstico ambiental dos ecosistemas: bosque alto-andino y páramo, evaluadas por la matriz Leopold.

## **3.3 Identificación de especies vegetales**

Se realiza la correcta recolección de las especies vegetales que se consideraron como más representativas en la reserva -que se observan superficialmente en un mayor número de individuos-, bajo el apoyo del herbario de la Universidad Distrital.

### 3.3.1 Toma de muestras de agua en campo y análisis en laboratorio de calidad de aguas

Se tomó como base el documento *Calidad del sistema hídrico de Bogotá* (EAAB, 2007) que arrojó los siguientes resultados para la cuenca alta del río Fucha en las coordenadas N 4° 33' 32" W 74° 3' 59" a 2890 m.s.n.m. (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de agua determinado por la EAAB

PARÁMETRO	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
DBO5 (mg/l)	2	15	3
Caudal (l/s)	24	4257	387
DQO (mg/l)	3	80	17
OD (mg/l)	5,90	10,10	7,9
SST (mg/l)	1	12	4
PH	-	-	6,9

Fuente. EAAB, 2006.

Para determinar el estado en que se encuentra la calidad hídrica en el mismo punto, se toman tres litros de agua en una muestra puntual para determinar los siguientes parámetros: OD, DQO, DBO, pH y SST. Luego de recogidas, son conservadas por una nevera portátil a 4°C y llevadas al laboratorio de Calidad de Aguas de la UD FJC, bajo la supervisión de la docente Vilma Hernández.

Se sigue el procedimiento adecuado para la determinación de DQO5, DBO, OD y SST.

### 3.3.2 Diagnóstico de ecosistemas

Se realizó la aplicación de la matriz Leopold para el ecosistema de bosque alto-andino y páramo, teniendo en cuenta:

- Actividades realizadas en el ecosistema y su posible afectación
- Factores ambientales que pueden ser afectados por las actividades anteriores, teniendo en cuenta aspectos físico/químicos, culturales, y por último, socioeconómicos.
- El diseño de matriz y valoración que se dará a los impactos de las actividades.
- Los resultados obtenidos de manera descriptiva de cada una de las actividades evaluadas resaltando las acciones más impactantes y los componentes más impactados.

Para la aplicación de los valores numéricos se propone el siguiente recuadro, reconociendo la parte superior como magnitud (M) y la parte inferior como importancia (I), así:



- Magnitud

«Expresa grado de alteración potencial de la Calidad ambiental del factor considerado» (Tabla 3).

(Fernández, 2010). Se manifiesta como impacto negativo (-) si tiene un efecto perjudicial o positivo (+) si tiene un efecto beneficioso. Para la aplicación numérica se tienen en cuenta (Tabla 2):

Tabla 2. Valoración de magnitud para EIA.

Valoración cualitativa	Valoración cuantitativa
Muy alta (+/-)	9-10
Alta (+/-)	7-8
Media (+/-)	5-6
Baja (+/-)	3-4
Muy baja (+/-)	1-2
No hay información o no aplica.	0

Fuente. Silva y García, 2015.

- Importancia

Es el valor que va a proporcionar el peso del efecto sobre el componente, refleja la extensión o parte del entorno afectado. Valores de calificación:

Tabla 3. Valoración de Importancia para EIA.

VALORACIÓN CUALITATIVA	VALORACIÓN CUANTITATIVA
Muy alta	9-10
Alta	7-8
Media	5-6
Baja	3-4
Muy Baja	1-2
No hay información o no aplica	0

Fuente. Silva y García, (2015).

### 3.3.3 Sumatoria de datos y jerarquización de los impactos

Se define el resultado arrojado por la sumatoria de filas –jerarquización de indicadores ambientales del más afectado al menos afectado– y columnas –jerarquización de la acción más impactante a la menos impactante–.



## 4 Resultados y discusión

Se obtienen valores importantes para la elaboración del diagnóstico:

En la reserva El Delirio, se identifican actividades antrópicas.

### 4.1 Introducción fauna y flora

En El Delirio hay parches de ecosistema de bosque alto andino dominado por chusque y encenillo que ha sido desplazado por bosques foráneos de pino ciprés y eucalipto que causan acidificación y desecación del suelo, pero actualmente se reforesta lentamente el bosque nativo, hay gran cantidad de aves, pocas especies de mamíferos anfibios y reptiles.

Asentamiento guardabosques, con sus respectivas familias, implicando una vía no pavimentada de acceso, generación de residuos sólidos –los orgánicos y ordinarios son enterrados en

la reserva, los reciclables son aprovechados o se les da una adecuada disposición final–, líquidos –por cada vivienda hay cuatro tanques conformando un tanque séptico, usada antes de descargar vertimientos al río Fucha– y uso de servicios públicos tales como energía eléctrica y acueducto.

- Apicultura y actividades piscícolas –Trucha
- Arcoíris– a pequeña escala.

## 4.2 Caminatas ecológicas

En la reserva El Delirio hay una pequeña extensión de Páramo perteneciente al páramo de Cruz Verde; el impacto más evidente es el senderismo que causa la inadecuada disposición de residuos sólidos y el pisoteo de la cobertura de musgo.

Para los factores abióticos se hizo énfasis en el recurso hídrico, y se hallaron los siguientes parámetros luego del muestreo y análisis realizado (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros de agua del río Fucha.

Parámetro	Valor
DBO5 (mg/l)	4
Caudal (l/s)	450
DQO (mg/l)	6.33
OD (mg/l)	8.33
SST (mg/l)	1
PH	6,44

Fuente. Silva y García, (2015).

Al realizar las relaciones DBO/DQO se pudo determinar:

Relación DBO/DQO: 0,63 –contaminantes de naturaleza biodegradable–.

- Relación DQO/DBO: 1,58 –materia orgánica muydegradable–  
Es decir, que la calidad de agua en el punto de muestreo puntual que se realizó en el río Fucha es de óptima calidad.

De acuerdo con lo anterior, se tienen en cuenta que (UNAD, 2014):

- Para la relación DBO/DQO:

$DBO/DQO < 0,2$  contaminantes de naturaleza No biodegradable.

$DBO/DQO > 0,6$  contaminantes de naturaleza biodegradable.

$DQO/DBO = 10$  Materia orgánica poco degradable

Según el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), título A (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), de acuerdo a los parámetros obtenidos se puede definir el agua de la reserva como una fuente aceptable, siendo más explícitamente una fuente superficial se evidencian los parámetros:

Tabla 5. Parámetros para una fuente aceptable. RAS, 2000.

Parámetro	Valor	Resultados de los análisis en t <sub>90</sub>
DBO 5 días		
Promedio mensual	mg/L	≤ 1.5
Máximo diario	mg/L	1 – 3
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4
PH promedio		6.0 - 8.5
Turbiedad	(UNT)	< 2
Color verdadero	(UPC)	< 10
Gusto y olor	6,44	Inofensivo

El agua es captada por bocatomas laterales y conducidas por tuberías de 12” hasta los barrios por gravedad.

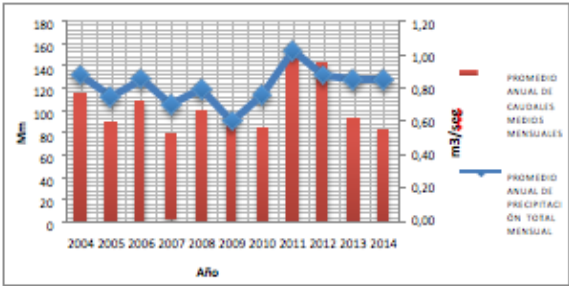
Figura 2. Conducción desde La Upata hasta un sector de Aguas Claras.



Fuente. Silva, (2015).

Precipitación total mensual (mm) y caudales medios mensuales (m<sup>3</sup>/s):

Figura 3. Comportamiento pluviométrico y de caudal del año 2004 a 2014 en la estación El Delirio.



Fuente. Silva, a partir de datos de la oficina de Hidrología de la EAAB, (2015).

De acuerdo con lo anterior (Figura 3), los totales medios anuales del comportamiento pluviométrico y del caudal del río Fucha, es muy variable. En año 2011 se puede evidenciar el registro más alto de lluvias y de volumen del caudal tomado desde el año 2004 hasta el 2014. Las temperaturas medias anuales están entre los 12°C y los 9°C. La humedad relativa del aire puede ser alta hasta muy alta, especialmente en estaciones húmedas (Van Der Himen, 1998).

Gracias a las medias bajas temperaturas, la reserva presenta una gran actividad de nubes, que la mayor parte del tiempo muestran una zona nublada y lluviosa (Figura 4).

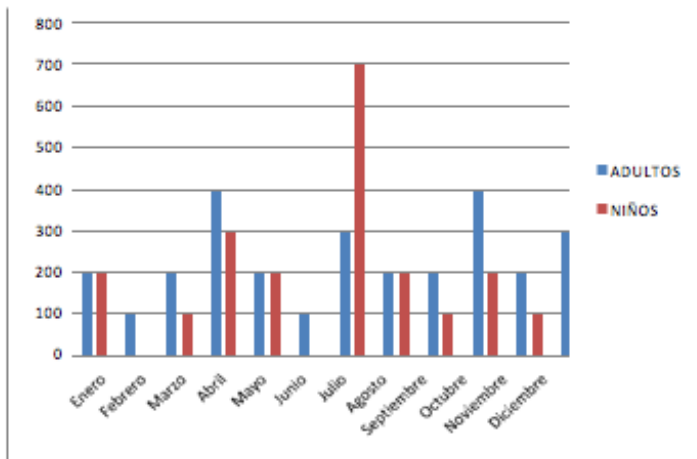
Figura 4. Nubosidad, vista hacia la reserva forestal El Delirio en la localidad de San Cristóbal.



Fuente. García, (2015).

A pesar de las bajas temperaturas, la belleza paisajística de la reserva, la presencia del camino real Muisca, los tanques sedimentadores de la PAT Vitela y un Molino hidráulico que data de la época de la colonia, atrae cientos de visitantes al año; el interés se ve evidenciado en el registro de ingreso realizado para el año 2011 por parte de la EAAB, llegando a aproximadamente 5000 visitantes anualmente (Figura 5).

Figura 5. Visitantes a la reserva el Delirio en el año 2001 ABEE,2001



Fuente. Silva (2015).



# 5 Cartografía social CED aguas claras

Debido a la percepción de estudiantes y docentes, se pueden identificar diferentes inconvenientes causados por actividades antrópicas que pueden influenciar directa o indirectamente al equilibrio de la reserva especialmente en el ecosistema de bosque alto Andino, así como las problemáticas y potencialidades ambientales de la cuenca alta del río Fucha. Para docentes y estudiantes los principales aspectos –positivos, negativos– percibidos, corresponden a la información que se encuentra a continuación (Tabla 6).

Tabla 6. Principales aspectos ambientales percibidos

Aspectos ambientales positivos	Aspectos ambientales negativos
Reforestación con especies como Yarumo y otras especies que no identifican; por parte de convocatorias comunitarias o por parte de contratos expedidos por la EAAB y que en ocasiones la comunidad es participe.	Presencia de peces y anfibios. Eucaliptos Quemas Presencia de pinos y presencia de perros callejeros “Manejo inadecuado de basuras y vertimiento de residuos sólidos” “Tala de árboles maderables para uso comercial” Presencia de retamo espinoso Crecimiento urbano Criadero de peces

Fuente. Silva y García, (2015).

Se identifican algunas especies animales como (tabla 7):

Tabla 7. Avistamiento de animales.

DOMÉSTICOS	SILVESTRES
Perros	Búhos
Gatos	Ardillas
Vacas	Colibríes
Peces	Anfibios y reptiles
Aves de corral	Zarigüeyas
Cabras	Serpientes

Fuente. Silva, (2015).



# Aplicación de la matriz Leopold para ecosistema de Bosque Alto Andino

De los 67 componentes evaluados en la matriz Leopold para el ecosistema de bosque alto andino, los que obtuvieron mayores valores negativos corresponden a (tabla 8):

Tabla 8. Jerarquización de impactos negativos según resultados de la matriz Leopold, de bosque alto Andino

Factor ambiental	Indicador específico	Valor de la sumatoria (magnitud)	Jerarquización
Tierra	Suelos	-53	1
Estéticos y de interés humano	Desamorias	-41	2
Agua	Superficiales	-39	3
Fauna	Animales terrestres	-28	4
Usos del territorio	Zonas húmedas	-28	5

Fuente. Silva y García, (2015).

Estos impactos son causados por actividades que se llevan a cabo dentro de los predios de la reserva, los frecuentes visitantes o por procesos naturales (Tabla 9).

Tabla 9. Jerarquización de actividades con impacto negativo según la matriz Leopold, del páramo

Actividades impactantes	Valor de la sumatoria (magnitud)	Jerarquización
Enterramiento de residuos.	-101	1
Modificación del hábitat.	-90	2
Introducción fauna, flora.		
Exótica	-69	3
Alteración de la cubierta.		
Terrestre	-61	4
Presencia de animales de corral -bovinos, equino, cabras-.	-38	5
Tanques y fosas sépticas comerciales y domesticas.	-33	6
Cambio en los componentes debido al cambio climático.	-30	7

Fuente. Silva y García, (2015).



# Aplicación de Matriz Leopold para el ecosistema del Páramo

De los 25 componentes evaluados en la matriz Leopold para el ecosistema de páramo, los que obtuvieron mayores valores negativos corresponden a (Tabla 10).

Tabla 10. Jerarquización de impactos negativos según los resultados de la matriz de Leopold, del ecosistema de páramo

Factor ambiental	Indicador específico	Valor de la sumatoria (magnitud)	Jerarquización
Uso	Zonas húmedas	-20	1
Flora	Arbustos	-10	2
Tierra	Geomorfología	-9	3
Flora	Hierbas	-9	4
Servicios	Disposición de residuos.	-9	6

Fuente. Silva y García, (2015).

A partir de la realización de la identificación de las actividades más impactantes se determinó que las que causan mayor impacto son (Tabla 11):

Tabla 11. Jerarquización de actividades con impacto negativo según la matriz Leopold del Páramo.

Actividades impactantes	Valor de la sumatoria (Magnitud)	Jerarquización
Caminatas ecológicas	-38	1
Cambio en los componentes debido al cambio climático	-34	2
Incendios	-15	3
Introducción fauna, flora exótica y domestica	-3	4

Fuente. Silva y García, (2015).



## 8 Conclusiones. Líneas de trabajo futuras

La reserva forestal El Delirio en sus aspectos bióticos y abióticos, se encuentra en óptimas condiciones. Los impactos encontrados durante la realización de la EIA no generan un impacto negativo significativo. En la investigación se identifica que los impactos más relevantes se originaron en los inicios de la historia de la Reserva.

El muestreo realizado y comparado con el muestreo tomado por la EAAB en el año 2006, determinan que la calidad de agua de la cuenca alta del río Fucha se encuentra en óptimas condiciones al no haber actividades antrópicas relevantes que impacten gravemente la calidad del agua –éstos no son parámetros tomados en cuenta para consumo humano–; sin embargo, la PAT Vitela y la parte alta del barrio Aguas Claras están captando agua de muy buena calidad para uso doméstico, en el caso de la PAT para potabilización y distribución en la localidad de San Cristóbal. Siendo así, este un pilar para conservar el óptimo estado de la reserva.

Como especies más sobresalientes nativas para el ecosistema de bosque alto andino pueden encontrarse, el encenillo y el chusque. Y como foráneas se identifica cobertura de pino ciprés, eucalipto y retamo espinoso –especie invasora, degradadora importante del suelo y de los ecosistemas–. Y para el ecosistema de páramo se resaltan especies tales como el frailejón –en mayor cantidad la variedad de espeletia

grandiflora– y paja ratón, así como diferentes especies de musgo. Es evidente como las especies foráneas han desplazado a especies nativas, generando así mismo un desplazamiento de la avifauna. De esta forma se hace necesario sembrar especies nativas de los cerros orientales que permitan el regreso de aves y pequeños mamíferos al territorio.

Con respecto a la cartografía social, estudiantes y docentes del CED Aguas Claras resaltan la importancia de encontrarse en un sector en el que se pueda encontrar un gran valor ambiental, sin embargo, hacen énfasis en la preocupante situación en los límites de la reserva: inadecuada disposición de residuos, caza de fauna y tala de árboles, así como la presencia de diversos animales domésticos y la contaminación del río Fucha con residuos sólidos y líquidos. Reconocen la reserva forestal como un lugar para la protección de fauna y flora, así como un lugar de esparcimiento. Se identifica mediante esta investigación la importancia de establecer un proceso de educación ambiental con la comunidad que habita en los límites de la reserva y de la cuenca del río Fucha, permitiendo corto, mediano y largo plazo un crecimiento y fortalecimiento del trabajo comunitario entorno al respeto por la naturaleza y apropiación del territorio.

La reserva forestal El Delirio, cuenta con un alto valor histórico al tener infraestructura tan antigua como lo es el Camino Real que data su construcción a la época precolombina y la colonia. Así como El Molino, que era usado por los habitantes de la capital para entonces. Es importante realizar un reconocimiento de estas infraestructuras históricas como patrimonio cultural de Bogotá y de Cundinamarca, resaltando la relevancia de la cultura Muisca para la construcción de la actual ciudad y región.

Como futuro trabajo dese espera que se realice una investigación más detallada sobre los ecosistemas desde una vista más interdisciplinar, así como de las especies –animales y vegetales– propias de los territorios teniendo en cuenta la calidad del recurso hídrico; fortaleciendo el trabajo en conjunto con la comunidad, realizando actividades tales como recuperación de la cuenca respecto a la disposición de residuos, siembra de especies nativas y control en la actividad de ecoturismo.



## Referencias bibliográficas

Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2008). *Calidad del sistema hídrico de Bogotá*. Bogotá: Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Alcaldía de Ubaque - Cundinamarca. (2014). *Alcaldía de Ubaque -Cundinamarca*. Recuperado de: [http://www.ubaque-cundinamarca.gov.co/documentos\\_municipio.shtml](http://www.ubaque-cundinamarca.gov.co/documentos_municipio.shtml)

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2000). *Cerros de Bogotá*. Bogotá: Villegas Editores.

EAAB (2007). *Calidad del sistema hídrico de Bogotá*: (s.e).

Fernández, C. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del Impacto ambiental* (4 ed.). Madrid, España: M. de Prensa Ed. Cuarta edición.



# 10 | Bibliografía

Cardozo, H. (1976). *Estudios ecológicos en el páramo de Cruz Verde, Colombia. Ubicación Geográfica, Factores Climáticos y Edáficos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología.

Castaño, F. (2002). *Colombia Alto Andina y la significancia ambiental del bioma páramo en el contexto de los Andes Tropicales: una aproximación a los efectos de un tensor adicional por el cambio climático global*. Bogotá: IDEAM.

DELSA LTDA. (1984). *Plan de Ordenación de las Cuencas Hidrográficas de los ríos San Francisco y San Cristóbal*. Bogotá: EAAB.

Humboldt, I. A. (s.f.). *El gran libro de los páramos*. Bogotá: Instituto de investigación y recursos biológicos Alexander Von Humboldt.

Sauvé, L. (2004). *Una cartografía de corrientes en educación ambiental*. En U. d. Montréal, Cátedra de investigación de Canadá en educación ambiental.

Portal Bogotá. (2011). *El delirio de San Cristobal*. Recuperado de: [http://portel.bogota.gov.co/portel/libreria/php/x\\_frame\\_detalle.php?id=44182](http://portel.bogota.gov.co/portel/libreria/php/x_frame_detalle.php?id=44182)

- Quijano, M., Restrepo, M., Rodríguez, H., y Guzmán, A. (2012). Colombia forestal. Recuperado de: [http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/c\\_olfor/article/view/3863/5455](http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/c_olfor/article/view/3863/5455)
- Salas, G. D., & Olmos, C. G. (1996). *Balance hídrico bajo tres coberturas contrastantes de la cuenca del río San Cristobal*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Secretaría Distrital de Planeación. (2013). *Caracterización y lineamientos ambientales, operación estratégica parque corredor río Fucha - Localidad de San Cristobal*. Bogotá: Dirección de ambiente y ruralidad.
- Van Der Himen, T. (1998). *Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá. Análisis y orientaciones para el ordenamiento territorial*. Bogotá: Corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR).
- Wiesner, R. (1950). *Las hoyas hidrograficas del municipio*. Bogota: Registro municipal.



**Diseño de prototipo de techo  
verde para captación de  
agua pluvial: caso de estudio  
Chapinero, Bogotá, Colombia.**

---

***Design of a prototype of green  
roof for rainwater collection:  
case study in Chapinero,  
Bogotá, Colombia.***

**Oscar Contreras Bejarano  
Universidad Católica de Colombia  
Paula Andrea Villegas González  
Directora semillero Ecocivil de la  
Universidad Católica**

## Resumen

Este artículo analiza la implementación de techos verdes sobre la zona localizada entre las calles 94 y 106, la Universidad Militar Nueva Granada y la avenida carrera 15, en donde según el mapa Densidad de eventos de inundación, elaborado por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, presentan problemas de inundación. Se realizaron entrevistas a la comunidad donde fueron caracterizados los principales impactos de las inundaciones. Mediante el programa *Storm Water Management Model* (SWMM) se realizó un modelo de inundación, con el fin de simular las condiciones de inundación actuales y analizar el comportamiento futuro del sistema. Se evidenció que el sustrato de techo verde está en la capacidad de captar las aguas lluvias, y que los ductos trabajan en condiciones no saturadas, de modo tal que se impida la acumulación de las lluvias y posterior inundación. Finalmente, se realizó el diseño y construcción de un prototipo de techo verde con materiales alternativos, con el objetivo de potencializar su propiedad recolectora de agua. De esta manera se logró evitar la inundación y mejorar la calidad ambiental de la zona.

## Palabras clave

Techo verde, precipitación, inundación, modelación, ambiente.

## Abstract

This article analyzes the implementation of green roofs in the area located between the 94th and 106th streets, the Military University Nueva Granada and the 15th Avenue, where according to the map “density of flood events” prepared by the District Institute of Risk Management and Climate Change, flooding problems occur. Community interviews are carried out, where the main impacts of flooding are characterized. It is through the SWMM (Storm Water Management Model) program that a flood model is made, in order to simulate current flooding conditions and analyze the future behavior of the system. It turns out that the green roof substrate has the capacity for rainwater abstraction, and the pipelines work in unsaturated conditions, in such a way that the accumulation of rains and subsequent flooding is prevented. Finally, the design and construction of a prototype of green roof is made out of alternative materials, with the goal of promoting its water collecting property. This is how it manages to avoid flooding, and improve the environmental quality of the area.

## Keywords

Green roof, rainfall, flooding, modeling, environment.





# 1 | Introducción

En el mundo hay diferentes experiencias que evidencian la importancia del manejo integrado del agua. Tal es el caso del norte de Chile en donde se notificó la noticia de 23 víctimas fatales (Reuters, 2015), después de la fuerte inundación provocada por las intensas lluvias que azotaron al país. Estos fenómenos pueden formar diferentes escenarios de riesgo, dado que al presentarse eventos de precipitación, se pueden provocar procesos de remoción en masa, erosión, saturación del sistema de alcantarillado, entre otros; que afectan a la población, los recursos naturales, y su infraestructura.

Una de las emergencias más graves presentadas en la capital Colombiana, ocurrió el 23 de marzo de 2015, en donde a causa de las fuertes granizadas, algunos barrios de la ciudad terminaron inundados. En consecuencia algunos techos de las viviendas ubicadas en zonas que presentan riesgo por inundación se desplomaron, colocando en riesgo la vida de los habitantes que sufrieron este fenómeno. El Sistema Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático (SDGRCC), reportó dos personas que presentaron hipotermia y una persona con un trauma craneoencefálico severo (El Tiempo, 2015).

De acuerdo con la *Green Roofs for Healthy Cities* (GRHC), en Estado Unidos creció un 24% la industria de azoteas verdes gracias a los beneficios que trae su instalación, y todavía hay un enorme potencial para el crecimiento de nuevos techos

verdes en Norte América (Heller & Psencik, 2014). Como Estados Unidos, Colombia se encuentra en un continuo crecimiento de tecnologías sostenibles como los techos verdes. La densificación de la ciudad de Bogotá requiere de la implementación de métodos innovadores, para solventar los problemas que se originan con el aumento demográfico y de la construcción que vive actualmente. Los techos verdes proporcionan una mejor calidad del medio ambiente, control de la temperatura, manejo de aguas lluvias, un buen aspecto estético a la edificación, y un posible sembradío de plantas o alimentos, características que para la ciudad de Bogotá sería importante implementar en el marco del desarrollo sostenible.



# 2 | Metodología

El planteamiento aquí propuesto, proporciona una posible solución al caso de las inundaciones en el sector de Chapinero de la ciudad de Bogotá. El prototipo se puede implementar a modo de ejemplo para estudiar otras zonas del mundo, que como en Colombia, carecen de soluciones eficientes para el problema que ocasionan las aguas pluviales.

Se espera que la metodología propuesta sirva como modelo para el trabajo de empresas orientadas al aprovechamiento y manejo de recursos naturales.

Este proyecto incluye un estado del arte acerca de la retención de agua pluvial, beneficios ambientales, costos y tipos de plantas de los techos verdes en donde se recolecta la mayor información posible acerca de esta tecnología. Así mismo, se lleva a cabo la identificación de una zona de impacto en donde la propuesta de los techos verdes sea viable y ayude a solucionar los problemas de inundación que afecta a la población residente.

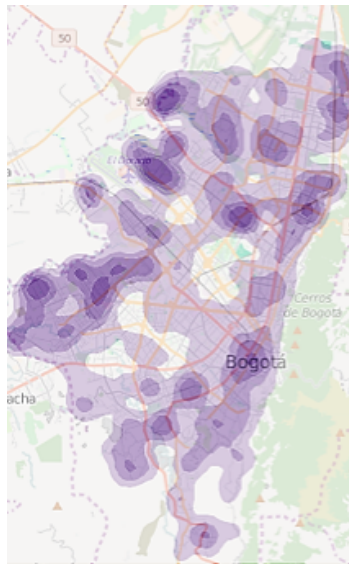
Dado que la comunidad es muy importante para la implementación del prototipo, se realizan encuestas a la población residente en la zona de afectación.

Del mismo modo, utilizando el programa SWMM, se simula el escenario de inundación de la zona mediante la asignación del plano de alcantarillado pluvial, las curvas IDF y el área de los techos de la zona. También contiene una simulación de precipitación controlada sobre el prototipo de techo verde, el cual se orienta bajo los criterios del diseño en ingeniería.

# 3 | Resultados y discusión

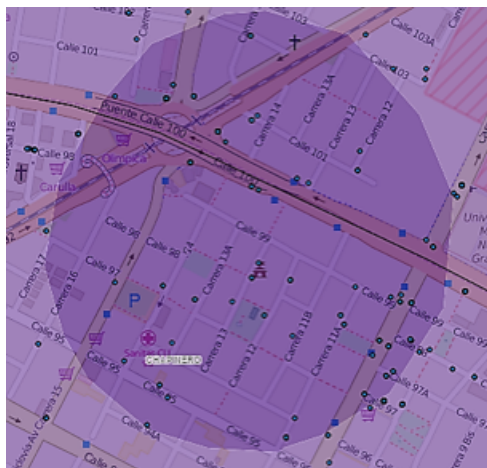
Puesto que Bogotá presenta inundaciones en diferentes áreas, el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER), elaboró un mapa en donde se muestran los eventos de inundación y encharcamiento en la ciudad, desde 2010 hasta el 2015 (Climático, s.f) (Figura 1). Este mapa contempla círculos de colores en donde la intensidad de tono es directamente proporcional a la concentración de las inundaciones que se presentan. Tomando como soporte esta información, la zona escogida para realizar el estudio se muestra más adelante (Figura 2).

Figura 1. Inundaciones en la ciudad de Bogotá



Fuente. Climático, (s.f).

Figura 2. Zona de estudio



Fuente. Climático, (s.f).

Se escoge la zona norte de la localidad de Chapinero, dado que presenta eventos de inundación por empozamiento de agua pluvial. Así mismo, la condición económica del sector facilitaría su implementación.

Puesto que la población residente en la zona de estudio es de vital importancia para la realización del proyecto, se realizan encuestas cuyo objetivo es investigar la frecuencia de las inundaciones y si estas producen pérdidas materiales a los habitantes del sector, también se examina el conocimiento de los residentes del área acerca de techos verdes.

Se encuestó a un total de 40 personas adultas residentes del sector. La población encuestada indica que ocurren inundaciones anualmente y no sufren ni conocen gente que haya sufrido pérdidas materiales a causa de este efecto, aunque mencionan su insatisfacción por las congestiones de tránsito y los problemas sociales que ocasionan dichas inundaciones.

La idea que se plantea consiste en explicar a las personas encuestadas que respondieran no a las preguntas: ¿Sabe usted que es un techo verde? ¿conoce los beneficios ambientales de los techos verdes? ¿conoce las desventajas que traen los techos verdes? ¿qué son las tecnologías verdes? con el objetivo de divulgar esta información, puesto que es un tema del cual todos los capitalinos deberían tener conocimiento dadas las condiciones ambientales en las que se encuentra la ciudad de Bogotá.

Se puede evidenciar que en la pregunta ¿qué tan frecuente se presentan inundaciones por lluvia en el sector? la mayoría de personas encuestadas respondieron que cada año se presentan inundaciones en la zona; solo 11 tenían conocimiento de lo que es un techo verde, tres personas conocen sus beneficios ambientales y las desventajas de dichos techos, y ninguna persona ha experimentado pérdidas materiales en las inundaciones. Sin embargo, después de que se explicó lo que eran, para qué sirven y qué ventajas traen a la comunidad los techos verdes, 32 personas respondieron sí a la pregunta: ¿estaría dispuesto a instalar un techo verde en su propiedad para contrarrestar los niveles de inundación y aumentar la calidad ambiental de Bogotá?, lo cual indica el interés de la comunidad por mejorar las condiciones ambientales de su lugar de residencia.

Una vez elegido el lugar del caso de estudio, se procede a realizar el modelo en SWMM. Dicho modelo simuló las condiciones de inundación presentes y a futuro las cuales dejan en evidencia que al implementar las cubiertas verdes se reducen los impactos negativos que sufren actualmente los habitantes del área comprendida entre las calles 94 y 106, la Universidad Militar Nueva Granada y la avenida carrera 15 (Figura 3).

Figura 3. Variación de la escorrentía, el nivel de inundación y el caudal de los techos verdes

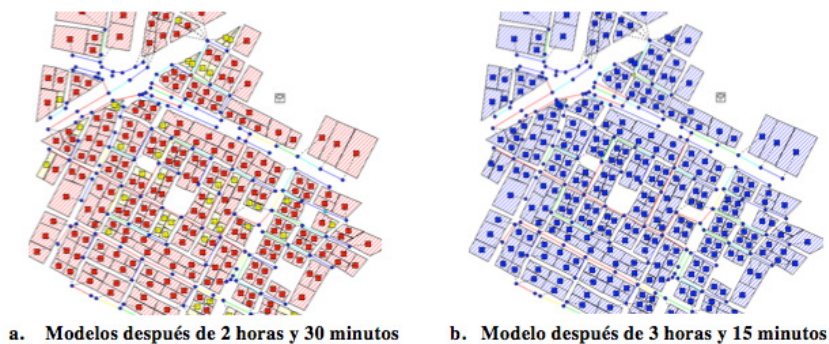
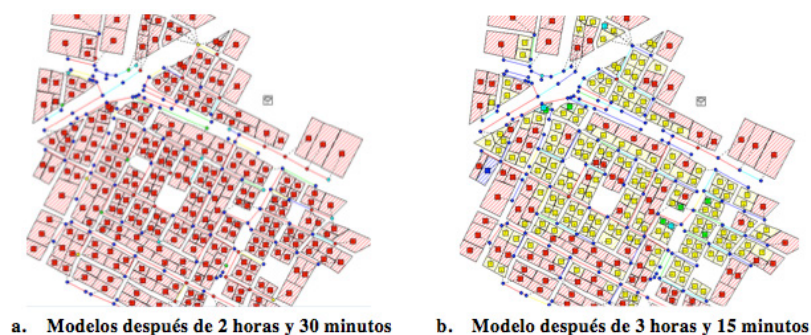


Figura 4. Variación de la escorrentia, el nivel de inundación y el caudal de los techos convencionales

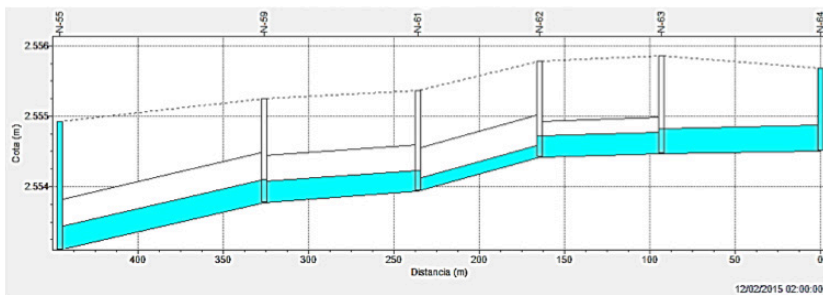


De acuerdo con lo anterior, el color rojo representa valores altos en escorrentía, mientras que el color azul, significa que el agua pluvial se infiltra en la cubierta dejando de generar escorrentía. En cuanto a los nodos, el color rojo presenta los niveles de inundación, por el contrario, el color azul implica que se esta manejando un caudal sin saturación en las tuberías. El modelo muestra que los techos verdes, después de una exposición a la precipitación de tres horas y 15 minutos – hora crítica –, no presentan escorrentía ni inundaciones, y los

ductos se encuentran en un proceso de descarga controlada; mientras que los techos convencionales, después de este tiempo, aun generan escorrentía, se presentan zonas de inundación y algunos ductos se encuentran trabajando a una capacidad máxima. Por lo anterior se demuestra la eficiencia de esta tecnología, no solo para controlar problemas de inundación, sino también para aumentar la calidad ambiental y el desarrollo sostenible de la ciudad.

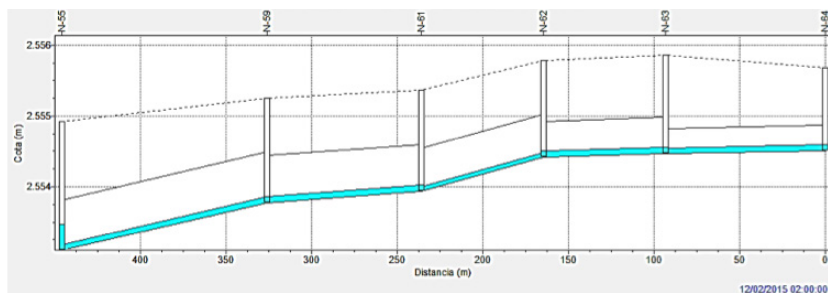
A continuación (Figura 5), se expone la inundación que sufren los pozos N-64 y N-55 para un periodo de retorno de tres años. En el mismo tramo de tuberías de la red de alcantarillado pluvial, al implementarse los techos verdes (Figura 6), la capacidad disminuye de un 100% a un 22%. Esta comparación se realiza de igual manera para periodos de retorno de 50 años con el fin de observar la capacidad con la que las tuberías trabajan en un futuro.

Figura 5. Capacidad de las tuberías para un periodo de retorno de tres años con techos convencionales.



Fuente. Elaboración propia de los autores, (s.f).

Figura 6. Capacidad de las tuberías para un periodo de retorno de tres años con techos verdes.



Fuente. Elaboración propia de los autores, (s.f).

La capacidad de trabajo de los ductos del tramo escogido para un periodo de retorno de 50 años aumenta en los techos convencionales, ya que se registran capacidades de trabajo del 100%, indicando inundación en el pozo que conecta dicha tubería, en los demás ductos. Aunque no se presentan inundaciones, también se incrementó la capacidad de drenaje en un 13%.

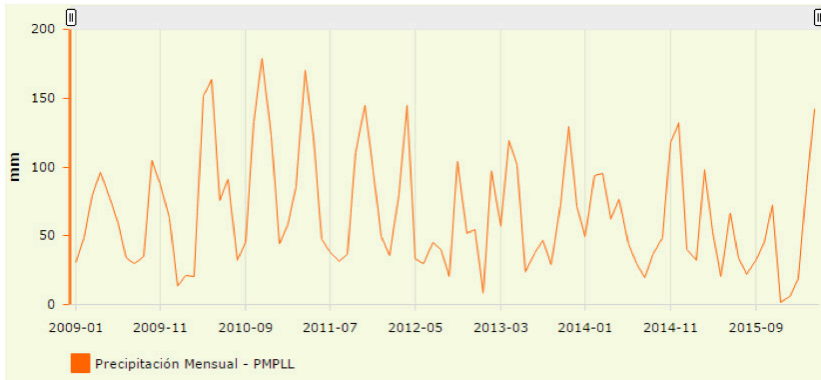
En cuanto a los techos verdes, estos aumentaron su capacidad de trabajo un 8% con respecto al periodo de retorno de tres años.

Más adelante se presenta la historia de precipitación a partir del año 2009 en la ciudad de Bogotá (Figura 7). Se decide optar arbitrariamente por una precipitación constante de  $37 \frac{mm}{h}$ .

A continuación se muestran los resultados del ensayo dos, llevado a cabo el día viernes 17 de septiembre de 2016 en horas de la tarde (Figura 8).

Se suministró el día viernes 17 de septiembre una intensidad de lluvia durante una hora, en donde se registraron las intensidades de salida y las inundaciones que se presentaban.

Figura 7. Precipitación mensual.



Fuente. Secretaría Distrital de Ambiente, (2009).

Figura 8. Prototipo de techo verde

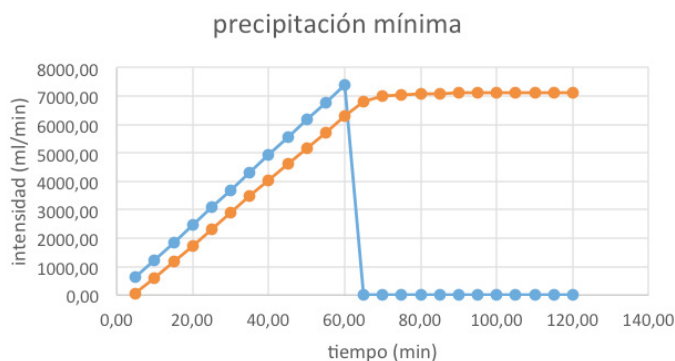


Fuente. Archivo de los autores, (s.f).

En cuanto al medio de crecimiento, se eligió el sustrato recomendado por la guía de techos verdes de Bogotá conformada por tierra normal de jardín, mezclada con arena lavada y tierra arcillosa. Dado que la capa vegetal escogida tolera suelos pobres y no requiere suelos profundos (Nieto, et al., 2011), la guía también señala una altura del sustrato que puede variar de 80 a 120 mm, la cual es la encargada de la retención del agua pluvial y principal capa de análisis en los ensayos.

A continuación se presenta la relación entre el tiempo y los caudales de entrada acumulados –línea azul–, y los caudales de salida acumulados –línea roja–, en donde se aprecia, que al tener un suministro constante de agua, se tendrá una intensidad de salida con el mismo comportamiento. Al cerrar el suministro de agua, la intensidad de salida se atenúa drásticamente, y drena paulatinamente lo retenido en el sustrato (Figura 9).

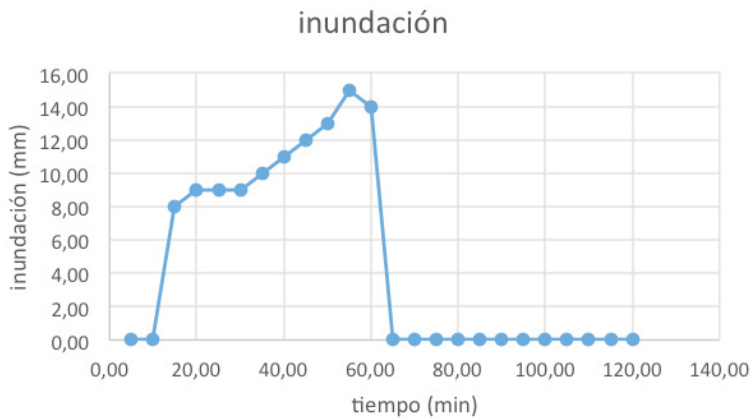
Figura 9. Precipitación



Fuente. Elaboración propia de los autores, (s.f).

A partir de los 15 minutos de iniciada la lluvia se presentaron inundaciones que fueron acrecentándose a medida que transcurría el tiempo. Una vez se cerró el suministro de agua, la inundación cesó en su totalidad (Figura 10).

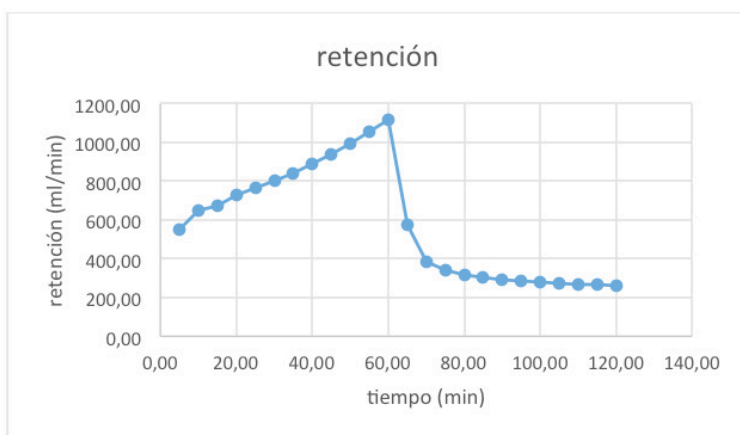
Figura 10. Inundación



Fuente. Elaboración propia de los autores, (s.f).

La presencia de un flujo continuo de agua en el sustrato hace que ascienda hasta los 60 minutos de iniciada la precipitación; luego de perder el aporte de agua, el sustrato descarga el caudal que retiene cuando drena la cantidad suficiente de agua correspondiente al aporte de la lluvia se mantiene constante la saturación del sustrato (Figura 11).

Figura 11. Retención



Fuente. Elaboración propia de los autores, (s.f).

A continuación, se condensa la información obtenida del ensayo al que se sometió el prototipo de techo verde ante un evento de precipitación (Tabla 1).

Tabla 1. Comportamiento del prototipo ante un evento de inundación.

T (min)	Intensidad de entrada (ml/min)	Intensidad de salida (ml/min)	Retención (ml/min)	Inundación (mm)
5,00	616,67	66,00	550,67	0,00
10,00	616,67	520,00	647,33	0,00
15,00	616,67	590,00	674,00	8,00
20,00	616,67	560,00	730,67	9,00
25,00	616,67	580,00	767,33	9,00
30,00	616,67	580,00	804,00	9,00
35,00	616,67	580,00	840,67	10,00
40,00	616,67	570,00	887,33	11,00
45,00	616,67	568,00	936,00	12,00
50,00	616,67	560,00	992,67	13,00
55,00	616,67	552,00	1057,33	15,00
60,00	616,67	558,00	1116,00	14,00
65,00	0,00	540,00	576,00	0,00
70,00	0,00	190,00	386,00	0,00
75,00	0,00	46,00	340,00	0,00
80,00	0,00	24,00	316,00	0,00
85,00	0,00	12,40	303,60	0,00
90,00	0,00	10,40	293,20	0,00
95,00	0,00	8,40	284,80	0,00
100,00	0,00	6,00	278,80	0,00
105,00	0,00	5,60	273,20	0,00
110,00	0,00	4,80	268,40	0,00
115,00	0,00	4,00	264,40	0,00
120,00	0,00	3,60	260,80	0,00

Fuente. Elaboración propia de los autores, (s.f).



## 4 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Se puede concluir, que en la zona de afectación, el presente proyecto se puede llevar a cabo dadas las condiciones económicas del sector –dato que fue encontrado en el proceso de encuestas a la comunidad–; así, se podrá llevar a cabo la compra e instalación de la nueva cubierta verde.

Se modela la red de alcantarillado pluvial del área afectada considerando la variación del coeficiente de escorrentía con la implementación de los techos verdes, y los niveles de precipitación; así, se demuestra que la inundación disminuye en función del aumento de los techos verdes implementados.

El prototipo de techo verde responde adecuadamente a la precipitación simulada reteniendo el agua lluvia e impidiendo el paso directo al alcantarillado pluvial. La capa de filtro drenaje reaccionó positivamente a la carga del sustrato y a la precipitación proporcionada; la capa vegetal no presentó problemas en cuanto a la integridad de las plantas sedum, por lo que se concluye que el prototipo trabaja eficientemente al captar el agua pluvial.

Se recomienda generar este tipo de estudios con diferentes clasificaciones de vegetación y materiales, esto buscando la implementación de techos verdes innovadores en el marco de la sustentabilidad ambiental.



# 5 | Bibliografía

Climático, I. D. (s.f.). ArcGis. Recuperado de: <http://fopae.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=58e2eedafd534dd79dd60cf3d43afbe9>

ElTiempo. (2015). *Barrios de seis localidades afectados tras fuerte granizada en Bogotá*. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/bogota/lluvias-inundaciones-en-bogota/15444935>

Heller, R., & Psencik, C. (2014). *Is your building conducive to the installation of a green roof?* (s.c) (s.e), pp. 30-31.

Nieto, J., Castañeda, J., Cardenas, M., Ibañez, A., Molina, M., Herrera, E., Morales, G. (2011). *Guía de techos verdes en Bogotá*. Recuperado de: [http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+VERDES\\_2011.pdf](http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+VERDES_2011.pdf)

Routers. (2015). *Aumenta a 23 el número de muertos por lluvias e inundaciones en Chile*. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/mundo/latinoamerica/inundaciones-en-chile/15500761>

Secretaria Distrital de Ambiente. (2009). *Observatorio ambiental de Bogotá*. Recuperado de: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/pcambio-climatico/indicadores?id=512&v=1>

**Elaboración de compostaje con  
microorganismos eficientes a  
partir de residuos de alimentos  
-Revisión bibliográfica-**

---

***Elaboration of compost with  
efficient microorganisms from  
food waste  
- literature review-***

**Viviana Andrea Nope Novoa  
Universidad Manuela Beltrán**

## Resumen

La presente revisión bibliográfica identifica los aspectos más importantes para la elaboración de compostaje con microorganismos eficientes, recoge información sobre algunas investigaciones realizadas en este campo, los resultados que se obtuvieron y el tipo de residuo orgánico utilizado para esa investigación. Las metodologías que se presentan no enfatizan como tal los procedimientos en el cual se realizaron cada una de las investigaciones, ya que rescata factores relevantes de la elaboración del compostaje.

Durante la revisión se incorporan los beneficios para el suelo que traen la elaboración y aplicación del compostaje el cual es elaborado con microorganismos eficientes y los diferentes usos que tienen, tanto para los alimentos de los animales como para uso doméstico.

## Palabras clave

Microorganismos eficientes, beneficios, investigadores, compostaje.

## Abstract

This literature review identifies the most important aspects for the elaboration of compost with efficient microorganisms. It gathers information on some research that has been performed in this field, the results that were obtained, and the type of organic waste that was used for that study. The methodologies that are presented do not emphasize the procedures in which each part of the investigations was carried out, as it rescues relevant factors for compost elaboration.

During the review, the benefits that the elaboration and implementation of compost made with effective microorganisms bring to soil, and the different uses that it has, for both animals food and domestic use are presented.

## Keywords

Efficient microorganisms, benefits, researchers, compost.





# 1 | Introducción

Dentro de la tecnología de los microorganismos eficientes o eficaces (EM), se rescatan los multiusos que traen beneficios al medio ambiente, especialmente a los suelos, que son intervenidos para actividades agrícolas; con la acción de estos EM, la materia orgánica que en este caso son los residuos de alimentos, sufre una transformación de descomposición, el cual, bajo condiciones controladas, permite el proceso de mineralización y prehumificación de dicha materia orgánica, dando como producto final el llamado compostaje.

Este compostaje orgánico, tendrá un impacto positivo al ponerlo en contacto con el suelo, los microorganismos aceleran el proceso de descomposición aumentando la calidad nutricional enriqueciendo el suelo a diferencia de los productos químicos que empobrecen la capacidad nutricional del suelo e incorporando agentes químicos a la estructura de los horizontes superficiales, afectándolo en gran medida luego de cada aplicación.

Dentro de los objetivos por los cuales se realiza compostaje, se encuentran: transformar materiales orgánicos biodegradables en un material biológicamente estable; reducir un volumen original de los residuos, destruir patógenos, huevos e insectos, retener el máximo contenido nutricional –Nitrógeno, Fósforo y Potasio–, y por último, elaborar un

producto que se pueda utilizar para soportar el crecimiento de plantas como mejora o recuperación del suelo.

Un papel fundamental lo realizan los microorganismos ayudan al proceso bioxidativo que da lugar a un producto orgánico estable como lo es el compostaje, realizan reacciones bajo condiciones óptimas durante un periodo determinado y corto, la relación aire/agua en el espacio entre partículas tiene una gran influencia en el proceso, generalmente los procesos de compostaje se realizan en intervalos de temperatura mesofilicos y termofilicos, aunque según la literatura se encuentran a los mesofilicos como más eficientes la eliminación de patógenos vegetales y animales, muerte a hierbas malas perjudiciales al uso posterior del producto final. Durante El proceso de compostaje lleva a cabo una compleja sucesión de poblaciones de microorganismos capaces de degradar o descomponer materia orgánica compleja. Gran variedad de microorganismos actúan en el proceso de compostaje, cabe resaltar que en la técnica usada con microorganismos eficientes es difícil saber qué microorganismos como tal intervienen en el proceso, ya que se obtiene del suelo y son alimentados continuamente.

# 2 | Metodología

Para el desarrollo de esta investigación de tipo descriptiva, se realizó una revisión bibliográfica de seis artículos científicos referentes al trabajo hecho en las diferentes aplicaciones de los microorganismos eficientes en la realización de compostaje a nivel nacional e internacional, con el fin de identificar qué materia orgánica es frecuentemente usada como agente transformador, además de la calidad del producto final. Con la revisión de dichos documentos se confrontan cada uno de los resultados obtenidos, los sustratos utilizados para que los microorganismos eficientes puedan degradar y, con esto, pasar por todos los procesos para la elaboración de compostaje. A continuación se muestran los artículos más significativos, teniendo en cuenta la temática propuesta (Tabla 1).

Tabla 1. Artículos seleccionados por temática para el desarrollo del artículo.

**Título/Año.** Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. (2001)

**Autores.** José Uribe, Mónica Estrada, Santiago Córdoba, Luis Hernández, Diana Bedoya.

**Institución.** Universidad de Antioquia (Colombia).  
Residuo usado como Fuente de carbono: Estiércol de aves de jaula.

**Resultados.** Usados tres tratamientos con diferentes mezclas con humedades de 1, 30,12%, 2. 33,27%. 3. 37,94%. pH entre 8.26 – 8.5, donde se establece que el los EM acelera la estabilización del compost, aportando una mayor actividad microbial dentro del proceso. Obtuvieron valores de Nitrógeno altos (3.1%). Potasio (4.0%) y Fosforo (5.1%). La relación carbono nitrógeno obtenida fue de 5.5 a 9.2.

Tabla 1. Artículos seleccionados por temática para el desarrollo del artículo (Continuación)

**Conclusiones.** La apariencia final del compost no fue la adecuada, pues el tamaño de partícula en los tres tratamientos no estuvo dentro del rango ideal para un compost de buena calidad, lo que evidencia la formación de zonas de apelmazamiento y reacciones anaerobias durante el bioproceso.

**Recomendaciones.** La apariencia final del compost no fue la adecuada, pues el tamaño de partícula en los tres tratamientos no estuvo dentro del rango ideal para un compost de buena calidad, lo que evidencia la formación de zonas de apelmazamiento y reacciones anaerobias durante el bioproceso. (Uribe, Estrada, Cordoba, & Hernandez, 2001).

**Título/Año.** Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogotá “La Modelo” por medio de la utilización de microorganismos eficientes (EM). (2007).

**Autores.** Eugenia Pilar Bejarano, Sandra Mónica Delgadillo.

**Institución.** Universidad de la Salle, Bogotá D.C.

**Residuo usado como Fuente de carbono.** Residuos de comida.

**Resultados.** Usaron 2 litros de EM diluidos en 18 litros de agua y para el volteo un 1 litro de EM en 9 litros de agua por volteo durante 3 volteos en total durante el experimento, para cada pila de compostaje usaron 7.88 Kg de residuos de comida, 6.50 Kg de aserrín y 5.40 Kg de pasto 5.40 Kg para un total de 19.78 Kg.

En este estudio obtuvieron una humedad de las muestras estuvo por debajo del 40% a excepción de la pila número 8, la cual tuvo un 16.29%. Los valores de pH estuvieron entre 7 y 8.9.

La temperatura registrada para las pilas de compostaje estuvieron entre 10°C- 28°C y la relación carbono nitrógeno fue de 10- 20.

**Conclusiones.** según los resultados obtenidos, el compostaje producido es de tipo f (según lo presentado en el documento), el compost que se utilizó al final del proceso será el que contenía % de humedad del 30%, pH 7.8, C/N 29, Materia Orgánica de 82% y una producción del 13.97%. La inoculación con EM disminuyó el tiempo del proceso de compostaje entre otros (Bejarano & Delgadillo, 2007).

Tabla 1. Artículos seleccionados por temática para el desarrollo del artículo (Continuación)

**Recomendaciones.** “Es necesario que en Colombia exista una regulación en la fabricación y comercialización del compost, ya que este proceso se ha realizado de forma muy empírica y poco técnica pues hay poco interés en los efectos ambientales del compostaje. En nuestro país aún no existen normas de calidad concretas ni métodos disponibles para medir la toxicidad de los materiales compostados. El producto final (compost) tiene que cumplir totalmente los requisitos de calidad, establecidos internacionalmente incluyendo pruebas biológicas, ecotoxicológicas y analíticas, lo cual no ocurre en el caso de Colombia. Dentro de las pruebas a realizar se pueden nombrar por ejemplo, peso volumétrico, sólidos volátiles contenido de sales y el contenido de nutrientes inorgánicos” (Bejarano y Delgadillo, 2007).

Fuente. Elaboración propia del autor, (s.f).

Como información complementaria, además de la revisión bibliográfica realizada con anterioridad, se propone un modelo casero para la elaboración del compostaje con microorganismos eficientes y que de esta forma ocurra todo el proceso bajo condiciones óptimas.

Consiste en una caneca plástica que contiene tres orificios en la parte media, en cada uno de esos orificios va a tener un sistema de ventilación, conformado por la unión central de tres tubos los cuales sostienen una botella con pequeños agujeros que permite la entrada de aire al centro de la pila de compostaje, en la parte del fondo existe una rejilla la cual va a filtrar el compostaje en forma de lixiviado liquido con el fin de recolectarlo y hacer uso de el de igual manera. A continuación, se muestra la configuración anteriormente descrita (Figura 1).

Figura 1. Configuración del sistema de ventilación y rejilla recolectora de lixiviado.



Fuente. Archivo de autor, (s.f).

Figura 2. Estructura de la pila de compostaje.



Fuente. Archivo de autor, (s.f).



## 3 | Resultados y discusión

Para iniciar, se determinan las etapas por las que pasa el compostaje para su elaboración, las cuales se dividen de acuerdo con la evolución de la temperatura; a continuación, se mencionan cada una de ellas:

- Etapa Mesófila: masa vegetal que está a temperatura ambiente donde los microorganismos mesófilos se multiplican con rapidez. La actividad metabólica hace que se incremente la temperatura; los ácidos orgánicos producidos hacen bajar el pH. (Programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú, 2007).
- Etapa Termófila: se alcanza a una temperatura de 40 °C. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco con un pH alcalino. Los microorganismos que son los responsables en la descomposición de ceras, proteínas y hemicelulosas son las bacterias esporógenas y hongos actinomicetos.
- Etapa de enfriamiento: en esta, la temperatura es menor a 60 °C. Bajo estas condiciones aparecen los hongos termófilos que descomponen la celulosa; en esta etapa los microorganismos mesófilos aparecen y el pH desciende con mayor rapidez.
- Etapa de maduración: esta necesita estar a temperatura ambiente durante varios meses; se producen reacciones secundarias y polimerización del humus.

En un estudio realizado por Sanclamente, García y Valencia Trujillo (2011), investigadores y estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia –Sede Palmira–, titulado *Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (Saccharum officinarum)*, se evaluó la tasa de descomposición de la hojarasca de caña de azúcar mezclada con un abono orgánico, con el uso de un acelerador finito como la melaza y un acelerador infinito. En este caso son los microorganismos eficientes.

Los microorganismos eficientes toman los carbohidratos rápidamente y las partes degradables de los tejidos de la hoja de caña de azúcar, mientras que la melaza retrasa la degradación de las moléculas estables. El resultado de la investigación inicia con la relación carbono/nitrógeno que en este caso arrojó un valor de 131. Este aspecto influye notoriamente en la dinámica de descomposición del residuo ya que incide de forma negativa en el metabolismo microbiano afectado, a su vez, a la descomposición del residuo. En el primer piloto que usaron, llegan a la conclusión de que los microorganismos eficientes pueden quedarse ahí en el compost luego de haberse consumido la melaza, el proceso de descomposición de este se detuvo antes de los demás tratamientos (Sanclamente, García, y Valencia, 2011).

El beneficio que tiene el abonamiento con compostaje con Microorganismos eficientes mejora las propiedades físicas del suelo, ya que la materia orgánica favorece a la estabilidad de la estructura de los agregados en suelos agrícolas, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad y aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo. De igual manera mejora las propiedades químicas, aumenta el contenido de macronutrientes N, P, K, –Nitrógeno, Fósforo y Potasio–, micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico, y es fuente y almacenamiento de nutrientes. (Programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú, 2007).

Mejora la actividad biológica del suelo debido a la actuación como soporte y alimento de los microorganismos ya que contribuyen a la mineralización y viven a expensas de humus (Programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú, 2007). La población microbiana es referente de la fertilidad del suelo, pues su actividad es esencial para la liberación de los nutrientes contenidos en los materiales vegetales; sin dicha liberación los nutrientes serían agotados con rapidez y el suelo se haría estéril (Thomson & Troeh, 1988).

Dentro de las aplicaciones que tiene la implementación de los microorganismos eficientes encontramos que para la agricultura depende de la región, la calidad de la tierra, el clima, el método de cultivo, la irrigación, cosechas y otros factores.

Tanto para la actividad pesquera y para aves de corral, los alimentos se fermentan con microorganismos eficientes para que estas se enriquezcan con sustancias benéficas a los alimentos. Para el tratamiento de agua contaminada, las cuales sus características sean los altos niveles de pH, E coli, olores desagradables y otros contaminantes. También un uso común de estos es el reciclado de desechos sólidos con el fin de hacer fertilizantes con estos microorganismos.

Por otro lado, el tiempo que tarda la descomposición de los residuos de comida con la implementación de los microorganismos eficientes es tan solo de cuatro a seis semanas (Programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú, 2007).

La gran utilidad de los microorganismos eficientes es que se pueden vaciar en las tuberías de sanitarios para eliminar olores desagradables, en la cocina para eliminar olores de comida, en los jardines para el cultivo de flores, frutas y vegetales. Se recomienda que la preparación de EM este

diluido en una proporción de 1:5000 para las aplicaciones anteriormente mencionadas (Programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú, 2007).

Los beneficios que tienen fabricar compostaje con EM es que se genera en menor tiempo, entre 1 y 2 meses, no hay presencia de malos olores ni moscas, el producto final tiene mayor contenido de nutrientes y tiene una mayor cantidad de microorganismos benéficos.

Para que el compostaje dé un buen resultado es importante tener en cuenta que en la pila no se deben mezclar alimentos como mantequilla, huesos, queso, aceite vegetal, pollos, pescado, aderezos, mayonesa, carne, mantequilla de maní, leche y yogurt (Andrade y Lastra, 2014).

Un factor químico que es determinante en el proceso del compostaje, es la relación Carbono/ Nitrógeno, los cuales varían dependiendo la necesidad del compost. Si se necesita una cantidad de carbono más alta se sugiere que se adicionen elementos como hojas, tela de algodón, polvo del suelo, pinos, grama seca, cáscara de nueces, paja, huesos, polvo de aspiradoras, heno, plumas, estiércol, aserrín, pelos de caballo, conejo y ovejas, y cenizas de madera.

Si por el contrario se necesita una mayor cantidad de nitrógeno se sugiere añadir cáscaras de manzana, frijoles, toronjas, cáscaras de banana, pan, lechuga, desechos de brócoli, zanahorias, limones, pepinos, melones, hojas de alcachofa, cebollas, peras, base de espárragos, piñas, papas, desechos de café, calabazas, algas, cáscaras de huevo, flores, grama verde y residuos de jardín. (Bejarano y Delgadillo, 2007).

A continuación se muestra la normatividad que rige la producción y comercialización de compostaje y la gestión de residuos sólidos en Colombia (Tabla 2).

Tabla 2. Normatividad de la producción y comercialización de compostaje, y gestión de residuos sólidos en Colombia.

Nombre	Ley
Gestión Integral de Residuos Sólidos	Decreto 1713 de 2002.
Norma de calidad de compost.	Propuesta consolida para consulta pública 10-10-2000 (Comisión nacional del medio ambiente, 2000)
Acuerdo Metropolitano 04 del 26 de Febrero de 2006.	Por medio de la cual se adopta el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional.
Resolución 1045 de 2003. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), y se toman otras determinaciones (Metropolitana valle de Aburrá, 2013).
Resolución N° 104 de octubre 20 de 2015.	Convocatoria privada c.pr.- emsercota-011-2015 cuyo objeto es la creación de un sistema de tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos generados en el municipio, con la adquisición de canecas para el manejo de los rs orgánicos y microorganismos eficientes, contemplado dentro del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del municipio de Cota, según convenio interadministrativo 06-2015 y sus modificatorios (Municipio de Cota, 2015).
Reglamento para la producción de microorganismos eficientes	Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Territorial , 2015).

Fuente. Elaboración propia del autor, (s.f).



## 4 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Como conclusión, en esta revisión se observa que los microorganismos eficientes poseen una variedad de usos los cuales pueden ser aprovechados de forma óptima.

Las diferentes materias primas para la elaboración del compostaje permiten que se aprovechen de forma adecuada impidiendo que estos ocasionen un impacto ambiental de gran magnitud; como ejemplo de estas, los investigadores han usado materia orgánica, cabello de humano, estiércol de ave, mezcla forrajera, entre otros.

El contacto del compostaje realizado con microorganismos eficientes enriquece favorablemente al suelo. Es una alternativa para que sea implementado en los hogares y además de una oportunidad de negocio con su venta y comercialización.

Una línea de trabajo futura se enfoca en el aprovechamiento de materia prima orgánica, generación de empleo y experimentación de la mezcla de microorganismos, eficiente con otros organismos que puedan generar una mayor productividad y calidad en el compostaje.

Cuando se habla de generación de empleo se hace referencia a la posibilidad que tienen las personas del común, madres cabeza de familia o microempresas. La producción de compostaje de este tipo debe ser una herramienta para el ingreso económico y sostenibilidad de estas microempresas, vendiéndolo a personas que trabajan en el área agropecuaria y haciendo competencia fuerte a los compostajes realizados con químicos y demás aditivos que empobrecen y generan afectos al suelo.



## Referencias bibliográficas

Andrade, Y., y Lastra, O. (2014). *Tratamiento de residuos Sólidos organicos procedentes del casino ubicado en el centro agropecuario La granja Sena espinal Tolima con microorganismos eficientes EM para la elaboración de compost*. Recuperado de: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2561/1/1110492509.pdf>

Bejarano, E., & Delgadillo, S. (2007). *Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos organicos provenientes del rancho de comidas del establecimeinto carcelario de bogotá "la modelo" por medio de la utilización de Microorganismos eficientes*. Recuperado de: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14945/41021072.pdf?sequence=1>

Comisión nacional del medio ambiente. (2000). *Norma de calidad de compost*. Recuperado de: <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/normas/Norma%20calidad%20COMPOST.pdf>

Metropolitana Valle de Aburrá. (2013). *Manula de compostaje. Obtenido de Aprovechamiento de resiuos organicos a traves de sistemas de compostaje y lombricultura en el valle de Aburra* Recuperado de: <http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Cartillas/Manual%20Compostaje.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Territorial. (2015). *Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaque, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos Agropecuarios Ecológicos*. Recuperado de: [https://www.minagricultura.gov.co/tramites-servicios/Documents/Reglamento\\_para\\_la\\_produccion\\_Organica.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/tramites-servicios/Documents/Reglamento_para_la_produccion_Organica.pdf)

Municipio de Cota. (2015). *Resolución 104* . Recuperado de: <http://emsercota.gov.co/contratacion/2015/OCTUBRE/RESOLUCION%20104-2015%20ADJUDICACION%20CONVOCATORIA%20PRIVADA%20%20C.PR.-011-2015.pdf>

Programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú. (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces* . Recuperado de: [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base\\_datos/manual\\_para\\_elaboracion\\_de\\_compost.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf)

Sanclamente, Ó., García, M., y Valencia, F. (2011). Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, pp. 13-19.

Thomson, L., & Troeh, F. (1988). *Los suelos y su fertilidad*. Barcelona, España: Reverte, S.A.

Universidad Politecnica Estatal del Carchi. (2011). Elaboración de compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos EM y trichoderma sp, como agentes aceleradores de compostaje. *Trasferencia tecnológica y emprendimiento (CITTE)*, Ecuador, pp. 1-8.

Uribe, J., Estrada, M., Cordoba, S., & Hernández, L. B. (2001). Evaluación de los microorganismos eficientes (EM) en producción de abono orgánico a partir de estiércol de aves de jaula . *Dialnet*, pp. 164-172.



**Evaluación de la calidad de tres pilas de compostaje elaboradas con diferentes mezclas a partir de buchón de agua –*Eichhornia crassipes*– de la laguna de Fúquene.**

---

***Quality assessment of the three compost piles made with different mixtures of water hyacinth –*Eichhornia crassipes*– in the Fúquene lagoon.***

**Katherine Samantha Aguilar Orjuela**  
**Universidad Manuela Beltrán**

## Resumen

La presente revisión bibliográfica identifica los aspectos más importantes para la elaboración de compostaje con microorganismos eficientes, recoge información sobre algunas investigaciones realizadas en este campo, los resultados que se obtuvieron y el tipo de residuo orgánico utilizado para esa investigación. Las metodologías que se presentan no enfatizan como tal los procedimientos en el cual se realizaron cada una de las investigaciones, ya que rescata factores relevantes de la elaboración del compostaje.

Durante la revisión se incorporan los beneficios para el suelo que traen la elaboración y aplicación del compostaje el cual es elaborado con microorganismos eficientes y los diferentes usos que tienen, tanto para los alimentos de los animales como para uso doméstico.

## Palabras clave

Microorganismos eficientes, beneficios, investigadores, compostaje.

## Abstract

This literature review identifies the most important aspects for the elaboration of compost with efficient microorganisms. It gathers information on some research that has been performed in this field, the results that were obtained, and the type of organic waste that was used for that study. The methodologies that are presented do not emphasize the procedures in which each part of the investigations was carried out, as it rescues relevant factors for compost elaboration.

During the review, the benefits that the elaboration and implementation of compost made with effective microorganisms bring to soil, and the different uses that it has, for both animals food and domestic use are presented.

## Keywords

Efficient microorganisms, benefits, researchers, compost.





# 1 | Introducción

El agua es fundamental para todos los procesos fisicoquímicos y biológicos de los organismos vivos; en ella se desarrollan los ciclos biológicos y ocurren biotransformaciones en una relación materia-energía entre el ecosistema acuático y terrestre, generando un equilibrio con factores abióticos y bióticos. Cuando se genera un cambio en las condiciones del ecosistema a causa de procesos antropogénicos, el equilibrio entre los factores bióticos-abióticos se ve alterado modificando las características fisicoquímicas y biológicas del ecosistema. Un ejemplo es la eutrofización que ocurre por el aumento de materia orgánica, que permite el crecimiento de comunidades de macrofitas como el buchón de agua que ha demostrado ser invasora de los cuerpos de agua, ya que crece con gran rapidez y facilidad, deteriorando la calidad del agua que invade, en este caso su presencia en la laguna de Fúquene, afecta las actividades de pesca disminuyendo la presencia de peces a través del impacto negativo sobre huevos, alevines y por tanto número de individuos. Así mismo, se evidencia afectación en los pescadores y por ende sus familias puesto que dependen económicamente de esta actividad. El proyecto está enfocado a brindar una mejor calidad de vida a estas poblaciones por medio de actividades que les permita la elaboración de compostaje orgánico convirtiéndose en una solución ambiental en la extracción y reutilización del Buchón de agua, donde se beneficiaran tanto en las actividades de pesca como en la obtención de un ingreso monetario por la

elaboración del compostaje orgánico que puede ser utilizado en la recuperación de suelos o para la venta. A parte se pretende que el proyecto tenga trascendencia en la medida que se pueda aplicar a otras lagunas o cuerpos de agua que estén requiriendo una solución que sea sustentable, sostenible y brinde oportunidades a la comunidad afectada.

## 2 | Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Evaluar la calidad de tres pilas de compostaje elaboradas con diferentes mezclas a partir de buchón de agua –*Eichhornia crassipes*– en la laguna de Fúquene.

### 2.2 Objetivos específicos

- Implementar tres pilas de compostaje con diferentes mezclas de composición teniendo como base el buchón de agua de la laguna de Fúquene.
- Comparar la calidad del compostaje obtenido en las tres pilas.
- Vincular a la comunidad pesquera de la laguna de Fúquene y sus familias, en la elaboración del compostaje orgánico con buchón de agua.



## 3

## Investigaciones científicas de soporte al proyecto

La contaminación que llega a los cuerpos de agua, ha generado la eutrofización del espejo de agua por un rápido crecimiento de macrofitas como el buchón de agua el cual se reproduce rápidamente. Debido a los efectos negativos que el buchón presenta se han realizado diferentes estudios donde le han dado un uso alternativo y beneficioso tanto para el agua como en procesos de recuperación de suelos utilizando compostaje. Esto se puede observar en el estudio realizado por Cruz, (2006), quien presenta como solución el compostaje elaborado con buchón de agua más otros componentes. En dicho estudio, se realizaron cinco pilas con diferentes mezclas y se llegó a la conclusión que para mantener la estructura de las pilas y la aireación facilitando el crecimiento y metabolismo de microorganismos degradadores de buchón es necesario utilizar material abundante como el caucho. Luego, Vanegas (2010), realizó un estudio en la laguna de Fúquene utilizando una levadura –*Pleurotus ostreatus*– que a partir de la degradación del buchón de agua se obtenía etanol y su disposición final era a partir del compostaje. Para Vásquez (2011), tras una investigación sobre el tratamiento de los residuos líquidos del área de tinturados en flores de exportación con buchón de agua, se observa que al cabo de un tiempo las características del agua mejoraron, y cuya mejor disposición final de dicha planta era el compostaje. En este mismo año, Alomía (2011), utiliza el hongo –*Pleurotus ostreatus*– (Jacq.) P. Kumm en el proceso de elaboración de compostaje con buchón de agua realizando dos mezclas una con buchón de agua más estiércol

y la otra de buchón de agua más estiércol y hojarasca, llegando a la conclusión que la adición del hongo mejora los atributos nutricionales del compostaje. Posteriormente, López (2012), realiza el diseño de tres biodigestores utilizando el buchón de agua para la producción de bigas y bioles, de esta manera se elimina el exceso de la planta en el cuerpo de agua y se genera material orgánico, otorgando una solución al problema sin generar impactos y por último, Hernández (2014), utiliza el buchón de agua como biorremediador realizando la absorción de cromo trivalente, siendo su disposición final el compostaje.



# 4 | Marco teórico

## 4.1 El Buchón de agua –*Eichhornia crassipes*– (Mart.) Solms 1883

### 4.1.1 Descripción

Es una especie flotante con raíces sumergidas. Reino: Plantae; División: Magnoliophyta; Clase: Liliopsida; Orden: Commelinales; Familia: *Pontederiaceae*; Género: *Eichhornia*, Especie: *Eichhornia crassipes* (Ilustración 11) (Bustamante, 2010). Tiene origen en las tierras bajas del trópico suramericano, nativa del río Amazonas en Sur América. Actualmente, se considera maleza en los cuerpos de agua alterados por actividades humanas que generan aporte de nutrientes favoreciendo su expansión, siendo esta planta una de las causantes de la disminución del espejo de agua (Bustamante, 2010).

### 4.1.2 Características primarias y secundarias

Cuenta con hojas acorazadas y flores aéreas de color malva claro, carece de tallo aparente, provista de un rizoma del que se abre un rosetón de hojas en forma de globo llenas de aire, presenta un color verde oscuro brillante, su masa radicular es fibrosa de color marrón azulado, con tamaño alrededor de 30 cm. Su hábitat son aguas dulces tranquilas o de ligero movimiento (Lóopez, 2012). El buchón de agua presenta dos formas características en sus peciolo u órganos de la hoja que la unen con las ramas, pueden ser delgados o gruesos (Sosa, 2015).

### 4.1.3 Invasión biológica

El buchón de agua, se ha considerado planta invasora por su alta capacidad de dispersión, propagación y efecto en todos los niveles tróficos dentro de los ecosistemas (Yusti, 2012), pasando por una variedad de filtros ambientales. El primer filtro ambiental es la barrera geográfica y la capacidad que tiene la planta para ocupar nuevas áreas, como segundo filtro la planta tiene la capacidad de sobrevivir y adaptarse a las nuevas condiciones ambientales de la zona, el tercer filtro es la habilidad de la planta para adquirir los nutrientes y establecer relaciones mutualistas y como último filtro la planta distribuye nuevas poblaciones y se dispersar en el nuevo sitio. En estos filtros se evalúa los factores bióticos los cuales hacen referencia a los resultados de las interacciones (simbiosis, mutualismo y competencia) y también se evalúan los factores abióticos que hacen referencia a las condiciones y recursos ambientales necesarios para la supervivencia del buchón de agua (Bustamante, 2010).

### 4.1.4 Función del buchón de agua –(*Eichhornia crassipes*)–

El buchón de agua sirve como bioindicador y es una planta retenedora de metales pesados como Cr, Hg, usado en la biorremediación de cuerpos de agua contaminados. La presencia de las macrofitas indican el estado de salud del medio acuático como ríos, arroyos, lagos y lagunas; oxigenan las aguas, fijan CO<sub>2</sub> atmosférico, reciclan y absorben nutrientes, regulan los efectos de temperatura, y luz; degradan la materia orgánica en conjunto con los microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas (López, 2012).



# 5 | Compostaje

**Definición:** es una biotécnica donde se realiza el control de los procesos de degradación de la materia orgánica en descomposición –restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos– (Info Agro, 2003), por medio de la reproducción de microorganismos que crecen en esta (Sztern, 2005). El proceso de degradación dependerá de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido transformando la materia orgánica en otras formas químicas (Sztern, 2005). Deben prevalecer los procesos de respiración aerobia para minimizar la fermentación que se presenta en algunas etapas ya que disminuye los nutrientes (Info Agro, 2003).

## 5.1 Factores que condicionan el proceso de compostaje

**Temperatura:** debe estar entre los 35°C – 55°C para la eliminación de patógenos y semillas de malas hierbas (Info Agro, 2003).

**Humedad:** debe alcanzar niveles óptimos entre los 45 %-60 % si aumenta el porcentaje, la materia orgánica se pudre; si el porcentaje baja, la actividad microbiológica es más lenta (Info Agro, 2003).

**pH:** debe tener un rango entre (4 - 9) (Info Agro, 2003).

Parámetros de relación Carbono /Nitrógeno: debe estar entre 15:1 y 35:1 (Info Agro, 2003).

## 5.2 Ventajas del compostaje

### - Mejora las propiedades físicas del suelo:

Es utilizado como nutriente para el suelo ayudando en el mejoramiento de su estructura; reduce la erosión del suelo y ayuda a la absorción del agua por las plantas (Info Agro, 2003). Facilita el manejo del suelo para actividades de arado o siembra, ayuda a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica) y reduce la evaporación del agua (Román, 2013).

### - Mejora las propiedades químicas del suelo:

Aumenta el contenido de macronutrientes como Nitrógeno, Potasio y Fósforo, y de micronutrientes mejorando el intercambio catiónico (Román, 2013).

### - Mejora la actividad microbiológica:

Funciona como soporte y alimento de microorganismos que ayudarán en los procesos de degradación de la materia orgánica (Info Agro, 2003). Aporta organismos como bacterias y hongos que transforman la materia insoluble en nutrientes para las plantas; aporta Carbono para mantener la micro y macrofauna (Román, 2013).

### - Otros:

Reduce olores, reduce patógenos humanos, bacterias que contaminan alimentos y otras plantas no deseadas (Román, 2013).

## 5.3 Etapas del compostaje

- **Mesolítico:** se presenta una temperatura ambiente que favorece el rápido crecimiento de los microorganismos mesófilos y por la actividad metabólica la temperatura aumenta generando ácidos orgánicos que bajan el pH (Ilustración 16). (Info Agro, 2003).
- **Termofílico:** se presentan temperaturas de 40°C haciendo que los microorganismos termófilos transformen el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio sea alcalino. Cuando la temperatura se eleva a 60°C, los termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporógenas y actinomicetos que son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas. (Info Agro, 2003).
- **De enfriamiento:** la temperatura disminuye reapareciendo los termófilos y mesófilos que se encargan de descomponer la celulosa y el pH desciende ligeramente.
- **De maduración:** esta etapa dura varios meses a temperatura ambiente donde se inician procesos secundarios de condensación y polimerización de humus (Info Agro, 2003).



# 6 | Metodología

La metodología se divide en cinco partes. La primera, es una revisión bibliográfica de estudios que se hayan realizado anteriormente en la laguna de Fúquene para implementar soluciones innovadores con respecto a la problemática asociada al buchón de agua y las alternativas de materiales que mejoran la calidad de un compostaje. La segunda parte, es una fase de campo para la extracción del buchón de agua en compañía de los pescadores de la laguna; posterior a esto, en la tercera parte, se implementa el diseño de tres prototipos de pilas de compostaje en donde se realiza la fase de laboratorio consistente en la incubación del hongo *Pleurotus ostreatus* para posteriormente ser utilizado en el compostaje con el objetivo de una mayor degradación del material verde y mejorar la calidad del mismo. La cuarta parte es la evaluación de la calidad del compostaje obtenido por medio de una relación entre el Carbono y Nitrógeno por cada prototipo de compostaje y de otros parámetros como nutrientes y metales pesados, determinado en el laboratorio AgriLab de Bogotá. La quinta y última parte, consiste en un desarrollo educativo hacia la comunidad educativa de la escuela rural Chinzaque-Fúquene, teniendo como temática la elaboración del compostaje y la importancia del cuidado de la laguna de Fúquene.



# 7 | Resultados

- Acompañamiento de la comunidad pesquera en la extracción del buchón de agua.
- Para la desecación del buchón de agua se diseña y construye un invernadero, elaborado con palos de madera de 2x2 de espesor, 5 metros de plástico y chinchés.
- Para la elaboración del prototipo se utiliza una caneca plástica de 35 cm de alto y 30 cm de diámetro. A la caneca se le abren cuatro agujeros equidistantes por los cuales se introducen cuatro tubos de PVC de  $\frac{1}{2}$  pulgada con una longitud de 20 cm, conectados cada uno a un codo de PVC de  $\frac{1}{2}$  pulgada, con el objetivo de permitir la aireación dentro de la pila de compostaje.
- Se caracterizaron los parámetros de humedad, pH y relación carbono/ nitrógeno para cada pila de compostaje, donde para la pila de compostaje de buchón de agua y hojarasca el pH fue de 8.2, la relación C/N fue de 15 y la Humedad de 11,5, para la pila de compostaje de buchón de agua, hojarasca y plátano el pH fue de 8.39, la relación C/N fue de 19 y la Humedad de 63.9 y para la pila de compostaje de buchón de agua, y cáscara de plátano el pH fue de 8.76, la relación C/N fue de 18 y la Humedad de 25,5.
- La vinculación de la comunidad pesquera se hizo a través de dos charlas educativas dirigidas a la comunidad de la escuela rural Chinzaque en Fúquene a 20 niños entre 5 y 12 años, se realizaron actividades lúdicas como sopas de letras para reforzar los conocimientos obtenidos.



## 8 Conclusiones

- La parte óptima para realizar el compostaje es la aérea del buchón de agua.
- El prototipo de pila de compostaje que cumple con los parámetros establecidos con la NTC 5167 –productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo– es la mezcla de buchón de agua, hojarasca y cáscara de plátano.
- La vinculación de la comunidad pesquera en el proceso de extracción del buchón de agua ha sido de gran ayuda, dando aportes sobre las principales actividades desarrolladas en la región que han venido afectando a la laguna de Fúquene y ayudando en la proliferación del buchón de agua.



## 9 Líneas de trabajo futuras

Aplicación en recuperación de suelos erosionados; mejoras del proceso productivo del compost y futura comercialización y distribución.



# 10 | Referencias Bibliográficas

Bustamante, S. (2010). *Modelado de especies invasoras, caso de estudio: pérdida del espejo de agua en la laguna de Fúquene por invasión del buchón (Eichhornia crassipes)*. Recuperado de: <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/921/1/ing4.pdf>

Info Agro. (2003). *Qué es el compostaje*. Recuperado de: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>

López, D. (2012). *Aprovechamiento Del Lechuguín ("Eichhornia Crassipes") Para la generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de biodigestores*. Recuperado de: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1938/12/UPS-CT002337.pdf>

Román, P. (2013). *Manuel de compostaje del agricultor: Experiencias en america latina*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>

Sosa, A. (2015). *Control biológico de Eichornia crassipes en la laguna del ojo, reserva San Vicente*. Recuperado de: <http://www.ege.fcen.uba.ar/wp-content/uploads/2014/05/Guia-SanVicente-2015.pdf>

Yusti, M. A. (2012). *Uso del buchón de agua (Eichhornia crassipes) por la comunidad aaviar de dos humedales del valle geográfico del río Cauca, Colombia*. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8442/1/CB-0461355>



**Evaluación de *Lactuca sativa* e  
*Hydra attenuata* como indicadores  
de toxicidad y uso del *test de Ames*  
para evaluar mutagenicidad por  
minería del oro en aguas  
del río Boque**

---

***Evaluation of the *Lactuca sativa* and  
*Hydra attenuata* as indicators of  
toxicity, and use of the Ames test  
to evaluate mutagenicity by gold  
mining in the waters of  
the Boque River***

**María Juliana Arias Chaquea  
Jennifer Tatiana López Monsalve  
Alison Viviana Martín Acosta  
Pontificia Universidad Javeriana**

## Resumen

En este trabajo se evaluó *Lactuca sativa* e *Hydra attenuata* como bioindicadores de toxicidad y se realizó el test de Ames para evaluar mutagenicidad por minería del oro en aguas del río Boque –Sur de Bolívar–. Se siguieron los protocolos establecidos por McInnis (1989) para los bioensayos de *Sativa*, Trottier et al. (1997) para *H. attenuata* y Maron & Ames (1983) con las cepas TA98 y TA100 para el test de Ames. Se realizaron tres muestreos durante seis meses en cinco estaciones de muestreo: Pueblo Gato, Vereda Tigui, bocatoma, casa y pozo. A cada muestra se le realizaron análisis fisicoquímicos, se determinó la concentración de metales pesados y se realizó una encuesta de morbilidad sentida a 149 familias del corregimiento. En los resultados no se observó toxicidad en *Hydra attenuata* por lo que se decidió analizar en el último muestreo *Daphnia magna* (McInnis, 1989), observando una mortalidad del 23% al 50%. Para *Lactuca sativa* la mayor inhibición fue en Tigui con el 44% a la concentración de 25%. En la prueba de mutagenicidad se observó efecto mutagénico en las cinco estaciones evaluadas con las dos cepas. Cianuros, nitratos, color, turbidez y fosfatos sobrepasaron los límites establecidos en la normativa colombiana de aguas para potabilizar y agua de consumo humano. Se concluyó que el agua que consume la comunidad de Monterrey no cumple con los estándares de calidad para su consumo y puede estar relacionada con enfermedades presentes en la población.

## Palabras clave

Bioensayos, minería, mutagenicidad, test de Ames, toxicidad.

## **Abstract**

In this paper, the *Lactuca Sativa* and *Hydra Attenuata* were evaluated as biomarkers of toxicity and the Ames test was performed to evaluate mutagenicity by gold mining in the waters of the Boque River (Southern Bolivar). The protocols established by McInnis (1989) for *L. sativa* bioassays, Trottier et al. (1997) for *H. Attenuata*, and Maron & Ames (1983) with the strains TA98 and TA100 for the Ames test. three samplings were conducted, for a period of six months in five sampling stations Pueblo Gato, Vereda Tigui, Bocatoma, Casa and Pozo. Each sample underwent physical and chemical analysis, the concentration of heavy metals was determined and 149 families of the corregimiento were surveyed on felt morbidity. In the results, no toxicity was observed in the *Hydra Attenuata* so it was decided to analyze in the last sampling the *Daphnia Magna* (McInnis, 1989), noting a mortality of 23% to 50%. For the *Lactuca Sativa*, the greatest inhibition was in Tigui with 44% to 25% concentration. In the mutagenicity test, a mutagenic effect was observed at the five stations that were evaluated with the two strains. Cyanides, nitrates, color, turbidity and phosphates exceeded the limits established by Colombian regulations for drinking water and water for human consumption. It was concluded that the water consumed by the community of Monterrey does not meet the quality standards for consumption and it can be related to the diseases in the population.

## **Keywords**

bioassays, mining, mutagenicity, Ames test, toxicity.





# 1 | Introducción

La explotación minera de oro es una actividad que genera problemas de contaminación que implican graves consecuencias en el ambiente y la salud humana (Olivero, 2014). El corregimiento de Monterrey se abastece de agua del río Boque el cual recibe aguas arriba residuos de la minería del oro (Alcaldía Simití, 2011). Por esta razón es importante evaluar la calidad del agua, determinando no solo parámetros fisicoquímicos, sino el posible efecto tóxico para flora, fauna y humanos por medio de bioensayos y el efecto mutagénico aplicando el test de Ames. Los objetivos de este trabajo fueron: 1. Evaluar *Lactuca sativa* e *Hydra attenuata* como indicadores de toxicidad y 2. Realizar el *test de Ames* para evaluar mutagenicidad por minería del oro en aguas del río Boque (Sur de Bolívar). Se realizaron análisis fisicoquímicos y se aplicó una encuesta de morbilidad sentida para determinar el efecto del agua en la salud de la población.



## Metodología

### 2.1 Toma de muestras y parámetros fisicoquímicos, y metales pesados

Para la toma de muestras se siguió el protocolo del Standard Methods: Collection storage 9060A- 9060B (APHA, 2012). A partir de mitad de año, se realizaron tres muestreos en diferentes meses escogidos de forma aleatoria –julio, septiembre y diciembre–, con el fin de evaluar la calidad del agua en cinco estaciones de muestreo; para seleccionarlas se tuvo una reunión con miembros de la comunidad con el fin de determinar cuáles eran las estaciones más representativas que se podían muestrear teniendo en cuenta las condiciones geográficas y de seguridad de la zona. A partir de dicha reunión se decidió que las estaciones serían: Pueblo Gato –aguas abajo de la explotación minera–, Vereda Tigui –aguas arriba de la bocatoma– bocatoma, casa –al azar– y pozo –al azar–. Se realizaron análisis fisicoquímicos –análisis organoléptico, turbidez, conductividad, pH, sólidos totales, disueltos y en suspensión, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, cianuro, nitratos y fosfatos–, metales pesados –Zinc, Cadmio, Plata, Selenio, Cromo, Níquel, Cobalto, Mercurio), para establecer una posible causa de la mutagenicidad y toxicidad de las muestras.



# 3

## Bioensayos y test de Ames

Los protocolos utilizados fueron: McInnis (1989) para *Lactuca sativa* y *Daphnia magna*, y Trottier et al. (1997) para *Hydra attenuata* y Maron y Ames (1983) para el test de Ames. Para la concentración de las muestras EPA 600/4-82-068 (1983). Dicha concentración se hizo con el fin de comparar si al concentrar metales pesados la mutagenicidad aumenta y de este modo explicar la posible causa de la genotoxicidad.

### 3.1 Encuesta de morbilidad sentida

Para determinar las condiciones de vida de la población y las enfermedades prevalentes que pudiesen estar relacionadas con la calidad del agua, se realizaron 149 encuestas en las cuales se indagó acerca de las características socioeconómicas de la población, las características del entorno, los hábitos de higiene y sus condiciones de salud.



## Resultados y discusión

### 4.1 Análisis de parámetros fisicoquímicos

A continuación (Tabla 1), se encuentran los resultados obtenidos en el análisis de parámetros físico químicos de las tres primeras estaciones de muestreo comparadas con el decreto 1594 de 1984, que define los parámetros de calidad del agua para potabilizar bajo sistemas convencionales, debido a que el agua de estas estaciones no es directamente consumida por la comunidad, pero si es la que se capta para ser tratada, en una planta de tratamiento que no cumple su función. Se encontró que en la estación Pueblo Gato no se cumple el parámetro de color en el primer muestreo, en la estación Tigui no se cumplen los niveles de cianuro, nitratos y color y en la Bocatoma se excedan los valores de cianuros, nitratos y color

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos en estaciones de agua para potabilizar, comparados con el Decreto 1594/84

Parámetros fisicoquímicos	P. gato			Tigui			Bocatoma rio			Normatividad DECRETO 1594 de 1984
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
pH	7,36	7,49	7,33	7,55	6,05	6,37	7,61	7,56	7,63	5,0-9,0
Turbidez (NTU)	396,15	85,53	101,32	41,35	44,57	169,53	122,52	238,01	69,17	N/A
DQO (mg/L)	32,67	0,001*	5,52	22,46	0,001*	24,17	29,63	40,72	4,82	N/A
Oxígeno disuelto (ppm)	7,19	6,48	7,22	7,46	7,51	7,49	7,33	7,45	7,36	N/A
Sólidos totales (g/10 mL)	0,0024	0,00165	0	0,0007	0,0058	0,0029	0,0001	0,00316	0,0005	N/A
Sólidos disueltos	0,001	0,00089	0	0,0003	0,0028	0,0016	0,0001	0,00073	0,0005	N/A
Sólidos suspensión	0,008	0,00071	0	0,0002	0,0016	0,0013	0,0001	0,00234	0	N/A
Conductividad $\mu$ S	54,2	45,4	5,8	62,7	44,5	277,3	65,5	69,8	6,4	N/A
Cianuros (mg/L)	0,025*	0,025*	0,025*	<u>1,02</u>	<u>1,32</u>	0,025*	0,025*	<u>1,57</u>	0,025*	0,2
Nitratos (mg/L)	0,15*	5,53	1,91	<u>13,48</u>	3,59	<u>264,03</u>	1,02	0,15*	<u>39,17</u>	10
Nitritos (mg/L)	0,025*	0,032	0,025*	0,041	0,061	0,025*	0,025*	0,032	0,025*	1
Fosfatos (mg/L)	0,5	0,71	0,15*	1,14	0,8	0,15*	0,15*	0,15*	0,24	N/A
Color (PCU)	<u>391</u>	33	27	<u>94</u>	60	34	<u>78</u>	<u>76</u>	33,5	75
mg/L: miligramo por litro      *: Menor al límite de cuantificación      N/A: No aplica      M: Muestreo PCU: Unidades color platino cobalto      ppm: partes por millón      NTU: Unidad Nefelométrica de Turbidez										

Los valores encontrados en casa y pozo comparadas con la resolución 2115 de 2007, muestran que en las muestras tomadas en tres casas diferentes, se exceden los parámetros de turbidez, cianuros, fosfatos y color, mientras que en los tres diferentes pozos, se exceden los parámetros de turbidez en el primer muestreo, fosfatos en el segundo muestreo y color en el tercer muestreo (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos en agua de consumo comparados con la Resolución 2115/07

Parámetros fisicoquímicos	Casa			Pozo			Normativa RESOLUCIÓN 2115 de 2007
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
pH	7,6	7,53	7,44	6,95	6,79	6,61	6,5,-9,0
Turbidez (NTU)	<u>64,02</u>	<u>166,56</u>	<u>57,72</u>	<u>3,72</u>	0,46	1,93	2
DQO (mg/L)	12,56	31,21	6,63	14,29	0,001*	6,21	N/A
Oxígeno disuelto (ppm)	7,36	7,89	7,39	7,65	7,24	7,68	N/A
Sólidos totales (g/10 mL)	0,0001	0,00236	0,0069	0,001	0,00184	0,0014	N/A
Sólidos disueltos	0,0001	0,00225	0,004	0,0001	0,00152	0,0009	N/A
Sólidos suspensión	0,0001	0,00011	0,0029	0,0001	0,00028	0,0005	N/A
Conductividad $\mu$ S	124,9	110,4	6,6	345,3	283,7	5,4	1000
Cianuros (mg/L)	0,025*	<u>1,11</u>	0,025*	0,025*	0,025*	0,025*	0,05
Nitratos (mg/L)	0,15*	0,15*	3,31	3,17	8,51	3,36	10
Nitritos (mg/L)	0,031	0,025*	0,025*	0,051	0,038	0,025*	0,1
Fosfatos (mg/L)	<u>1,01</u>	<u>0,64</u>	0,15*	0,37	<u>0,93</u>	0,15*	0,5
Color (PCU)	<u>41</u>	<u>141</u>	<u>39,5</u>	9	0	<u>49,5</u>	15
mg/L: miligramo por litro      *: Menor al límite de cuantificación      N/A: No aplica      M: Muestreo PCU: Unidades color platino cobalto      ppm: partes por millón      NTU: Unidad Nefelométricas de Turbidez							

Los resultados muestran que el agua de consumo no cumple con los parámetros establecidos para el agua potable y que el agua de la bocatoma no cumple con las condiciones necesarias para potabilizar el agua por un sistema convencional.

A continuación (Tabla 3), se comparan los valores de los metales pesados con el Decreto 1594/84 referente a aguas que serán potabilizadas por tratamiento convencional, observándose que el Cadmio, Cromo y Mercurio exceden los valores permitidos en algunas de las estaciones evaluadas. Más adelante (Tabla 4), se comparan los valores de los metales pesados analizados en las dos últimas estaciones de muestreo comparándolos con la Resolución 2115/07 referente a aguas

para consumo humano, observándose que el cadmio excede los límites establecidos por la normativa en cada muestreo.

Tabla 3. Análisis de metales pesados en las tres primeras estaciones de muestro comparados con el Decreto 1594/84.

Metales pesados	Muestreo 1			Muestreo 2			Muestreo 3			Normativa DECRETO 1594/84
	P. GATO	TIGUI	BOCATOMA RIO	P. GATO	TIGUI	BOCATOMA RIO	P. GATO	TIGUI	BOCATOMA RIO	
Cadmio (cd) (mg/L)	<u>0.05</u>	<u>0.03</u>	<u>0.02</u>	1x10 <sup>-2</sup> *	<u>0.02</u>	<u>0.02</u>	1x10 <sup>-2</sup> *	<u>0.02</u>	<u>0.01</u>	0,01
Cromo (Cr) (mg/L)	1x10 <sup>-6</sup> *	1x10 <sup>-6</sup> *	1x10 <sup>-6</sup> *	<u>0.06</u>	1x10 <sup>-6</sup> *	0,04	1x10 <sup>-6</sup> *	1x10 <sup>-6</sup> *	1x10 <sup>-6</sup> *	0,05
Mercurio (Hg) (mg/L)	0,0008	<u>0.0029</u>	0,0003	0,001	<u>0.0025</u>	0,0008	<u>0.0022</u>	<u>0.002</u>	0,0008	0,002
Níquel (Ni) (mg/L)	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	N/A
Zinc (Zn) (mg/L)	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	15
mg/L: miligramo por litro			*: Menor al límite de cuantificación			N/A: No aplica				

Tabla 4. Análisis de metales pesados en las muestras de casas y pozo comparadas con la Resolución 2115/07

Metales pesados	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3		Normativa RESOLUCIÓN 2115/07
	CASA	POZO	CASA	POZO	CASA	POZO	
Cadmio (cd) (mg/L)	1x10 <sup>-2</sup> *	<u>0.03</u>	<u>0.03</u>	1x10 <sup>-2</sup> *	<u>0.01</u>	1x10 <sup>-2</sup> *	0,003
Cromo (Cr) (mg/L)	0,02	1x10 <sup>-6</sup> *	1x10 <sup>-6</sup> *	1x10 <sup>-6</sup> *	1x10 <sup>-6</sup> *	1x10 <sup>-6</sup> *	0,05
Mercurio (Hg) (mg/L)	0,0004	0,0005	0,0003	0,0007	0,0003	0,0007	0,001
Níquel (Ni) (mg/L)	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	0,2
Zinc (Zn) (mg/L)	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	1x10 <sup>-3</sup> *	3
mg/L: miligramo por litro			*: Menor al límite de cuantificación				

Con base en estos resultados, se observa que hay una concentración importante de metales pesados en las muestras, los cuales pueden tener efectos adversos en la salud humana y explicar los resultados observados en los ensayos de toxicidad y test de Ames (MPS & MAVDT, 2007).

### 4.2 Bioensayos con indicadores animales

El ensayo de toxicidad con *Hydra attenuata* en los tres muestreos realizados presentó 0% de letalidad al 100%, lo cual significa que no es sensible a los contaminantes presentes en el agua. Debido a esto, se realizó en el último muestreo un bioensayo con *Daphnia magna* (Tabla 5), encontrándose 23% de mortalidad al 50% en la bocatoma, 17% de mortalidad al 75% en Tigui, 47% de mortalidad al 100% en el agua de las casas y 43% de mortalidad al 100% en los pozos.

Tabla 5. Resultados de bioensayo con *Daphnia magna* en el último muestreo

Muestras	Tercer muestreo
Tigui	17% mortalidad al 75%
Gato	33% mortalidad al 100%
Bocatoma	23% mortalidad al 50%
Casa	47% mortalidad al 100%
Pozo	43% mortalidad al 100%

Los resultados obtenidos con *Daphnia*, muestran sensibilidad de este organismo frente a la toxicidad del agua de río Boque. Catalá et al. (2015), realizaron un estudio evaluando la toxicidad de sedimentos y aguas en ríos usando a *Daphnia magna* como indicador animal junto con otro invertebrado (*Chironomus riparius*), evidenciando que *Daphnia* puede ser un mejor indicador para este tipo de muestras y que además es necesario seguir desarrollando los estudios de toxicidad con organismos de diferente nivel organizacional, que abarquen las distintas sensibilidades a los compuestos con distintos modos de acción. A pesar de que solo se evaluó un muestreo para *Daphnia*, estos resultados indican que es posible utilizar este organismo en aguas contaminadas por minería.

### 4.2.1 Bioensayo con *Lactuca sativa*

Tabla 6. Resultados de bioensayo con *Lactuca sativa*.

Muestras	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo
P. Gato	33% inhibición al 75%	27% inhibición al 100%	133% inhibición al 25%
Tigui	44% inhibición al 25%	24% inhibición al 25%	4% inhibición al 50%
Bocatoma	0% inhibición al 100%	27% inhibición al 100%	110% inhibición al 100%
Casa	34% inhibición al 25%	19% inhibición al 75%	6% inhibición al 50%
Pozo	35% inhibición al 50%	36% inhibición al 75%	6% inhibición al 75%

En *Lactuca sativa* la mayor inhibición que se observó fue en Tigui, del 44% a la concentración de 25%, y a su vez, se registraron valores de sobrecrecimiento que también pueden estar asociados a toxicidad por exceso de nitrógeno o fósforo presente en el agua.

Por otro lado, en cuanto al Mercurio, se observa que en la estación donde se exceden los límites del Decreto 1594/84 (Tabla 6), es decir, en Tigui, los porcentajes de inhibición son del 44% y 24% para los muestreos 1 y 2 en la concentración del 25% (v/v); lo cual también puede afectar el crecimiento de la semilla, pues donde hay mayor cantidad de mercurio se presenta mayor inhibición. Adicionalmente, Cáceres (2005), reporta que *Lactuca sativa* es más sensible a metales como el cromo. Sin embargo según se observa en la Tabla 3, en el segundo muestreo donde se presentaron los más altos niveles de Cr (0,06 y 0,04) para Puerto Gato y bocatoma respectivamente, fueron las estaciones donde las inhibiciones eran más bajas a la concentración del 100%.



## 45 | Tes de Ames

En el primer muestreo los puntos bocatoma, casa y pozo presentaron un IM (índice de Mutagenicidad), mayor a 2 en las concentraciones 75, 50 y 75% respectivamente con la cepa TA100. Con la cepa TA98 solo el pozo presentó IM mayor a dos a una concentración de 75% (Tabla 7).

En el segundo muestreo con la cepa TA100 (Tabla 8), se obtuvo un IM mayor a dos en todas las estaciones de muestreo; con la cepa TA98 se obtuvo un IM mayor a 2 para todos los puntos de muestreo en todas las concentraciones excepto en el pozo en donde a una concentración de 100% el IM no fue superior a dos. Para el tercer muestreo, con ambas cepas en todas las estaciones de muestreo presentaron un IM mayor a 2 en todas las concentraciones.

Tabla 7. Resultados del índice mutagénico para el test de Ames con la cepa TA98

Puntos de muestreo	Concentración (%)	Primer muestreo		Segundo muestreo		Tercer muestreo	
		Muestra directa	Muestra concentrada	Muestra directa	Muestra concentrada	Muestra directa	Muestra concentrada
Pueblo Gato	25	0,77	1.61	1.07	30.8	0,0	4
	50	0,86	0.58	0.81	39.3	0,2	4
	75	1,06	0.36	1.49	50.3	0,6	7
	100	1,12	0.38	1.93	23.1	1,0	10
Vereda Tigüi	25	0,97	0.3	0.7	3.5	0,0	3
	50	0,95	0.48	0.74	7.1	0,0	5
	75	1,12	0.3	1.14	9	0,1	6
	100	1,21	0.44	1.82	10.2	0,4	7
Bocatoma	25	1,17	0.5	0.39	10.2	0,3	2
	50	1,39	0.32	0.63	17	0,5	5
	75	1,41	0.55	0.47	30.4	0,6	0
	100	1,50	0.48	0.59	40.5	0,9	0
Casa	25	0,68	0.55	41.78	49.2	0,4	2
	50	1,00	0.45	48.89	60.4	0,6	2
	75	1,06	0.83	56.62	70.3	0,8	5
	100	1,24	0.53	58.31	2	1,1	6
Pozo	25	0,88	0.35	0.39	11	0,2	2
	50	0,88	0.67	0.5	17.5	0,5	3
	75	1,00	2.2	0.5	23.6	0,8	5
	100	0,55	0.38	0,64	0.1	0,9	7

Los valores con un IM mayor o igual a 2, se consideran mutagénicos

Tabla 8. Resultados del índice mutagénico para el test de Ames con la cepa TA100

Puntos de muestreo	Concentración (%)	Primer muestreo		Segundo muestreo		Tercer muestreo	
		Muestra directa	Muestra concentrada	Muestra directa	Muestra concentrada	Muestra directa	Muestra concentrada
Pueblo Gato	25	0,97	0.59	0.46	2.56	1,0	1
	50	1,09	1.19	0.68	3.12	1,2	2
	75	1,27	0.2	0.77	3.99	1,7	9
	100	1,51	0.11	1.14	0	2,4	13
Vereda Tigüi	25	1,37	1.3	0.2	1.62	0,6	3
	50	1,39	1.03	0.34	1.88	0,9	5
	75	1,48	0	0.33	2.3	1,0	7
	100	1,81	0	0.56	0	1,2	10
Bocatoma	25	0.94	0.69	0.27	1.71	0,6	2
	50	1,00	1.17	0.24	7.03	0,7	3
	75	1,21	3.98	0.35	13.29	1,1	0
	100	1,71	0.87	0.44	15.25	1,3	0
Casa	25	1,01	0.46	11.05	9.21	0,6	3
	50	1,17	7.34	12.39	13.17	1,0	6
	75	1,36	0.36	13.75	18.06	2,0	10
	100	1,70	0.01	15.09	0.25	2,5	13
Pozo	25	1,02	0.65	0.37	10.36	0,8	0
	50	1,16	0.83	1.21	12.43	1,2	1
	75	1,23	2.97	0.42	14.32	1,7	1
	100	1,28	0	0.64	0	2,0	2
Los valores con un IM mayor o igual a 2, se consideran mutagénicos							

En algunos casos se observó una disminución de los revertantes con el aumento de la dosis lo cual puede deberse a que se presentó toxicidad lo que impidió el crecimiento de la bacteria (Ames, et al., 1983). Sin embargo, con la mayoría de puntos de muestreo se observó una relación directa entre el número de revertantes y el aumento de la concentración, demostrando que es altamente probable la existencia en el río Boque de sustancias como metales pesados y compuestos orgánicos que causen mutaciones de pares de bases y cambio en el marco de lectura en el ADN de la bacteria.

En cuanto a la correlación estadística para los métodos evaluados, esta no se realizó debido a que a pesar de que los bioensayos y el test de Ames tienen como objetivo evaluar la toxicidad que puede generar el vertido de residuos de la explotación del oro en el río Boque en la salud de la población, son dos herramientas diferentes que no se correlacionan ya que nos dan datos en unidades diferentes. En el caso de los bioensayos se evalúa a través de representantes de la cadena trófica la toxicidad en términos de  $CL_{50}$  y  $CI_{50}$  por contaminantes presentes en el agua y en el caso del Test de Ames se hace por medio de una prueba de mutagenicidad con Salmonella. Se trata de dos herramientas diferentes que buscan evaluar el posible efecto tóxico del agua que va a ser consumida por la población.



6

Encuestas de morbilidad sentida

En la siguiente información, se presentan los resultados de la encuesta de morbilidad sentida (Tabla 9).

Tabla 9. Condiciones de salud de los integrantes de familia, población de Monterrey

Pregunta	Variable	Porcentaje
¿Algún miembro de su familia se ha enfermado en el último año?	Si	63.10%
	No	36.90%
¿Que enfermedades se han presentado en su familia en el último año?	Diarrea	21.80%
	Dermatitis	21.50%
	Infecciones oculares	4.70%
	Intoxicación alimentaria	0.60%
	Infecciones respiratorias	30.60%
	Otitis	0.80%
	Otras	20.10%
Síntomas de los que ha sufrido en el último año	Temblores	15.70%
	Insomnio	11.90%
	Dolor de cabeza	41.80%
	Problemas renales	10.30%
	Nauseas	7.30%
	Vómito	13.00%

De acuerdo con lo anterior, se encuentran los resultados más relevantes de la encuesta de morbilidad sentida, observando que las enfermedades prevalentes en la población en el último año se encuentran las infecciones respiratorias, dermatitis y diarrea las cuales son atribuidas a los microorganismos de origen fecal que se encuentran en el agua. Sin embargo, en

un estudio realizado por Ramírez en 2008, se demostró que la intoxicación mercurial debería ser considerada cuando una persona expuesta presenta náuseas, vómitos y diarrea. A su vez, el mercurio en mujeres embarazadas puede provocar daño directo al feto en dosis que no afectan a la madre. Entre los efectos se pueden mencionar: órganos o estructuras tisulares anormales, funcionamiento metabólico o químico deficiente y retardo mental (Zuluaga, et al., 2009).

Otro metal evaluado –Cadmio–, está fuera del rango; este es uno de los elementos más tóxicos al cual está expuesto el hombre ya que la acumulación del metal en el organismo es gradual y se incrementa con la edad debido a su larga vida media, mayor de 20 años (Tucker, 2008). Es por esto que al ingerir alimentos o tomar agua con niveles de Cadmio muy altos se produce irritación grave del estómago, generando vómito y diarrea, y en ciertas ocasiones, la muerte (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2000).

Finalmente, en cuanto al Cianuro, tiene efectos agudos en la salud humana como irritación de ojos, nariz y garganta; la alta exposición causa intoxicación por Cianuro con dolor de cabeza, debilidad, náuseas, latidos fuertes, coma e incluso la muerte. Las altas concentraciones de este encontradas en los tres muestreos son una alerta, pues la encuesta de morbilidad mostró que varios de los síntomas coinciden con los reportados como las náuseas y el dolor de cabeza; además, se deben tener en cuenta los efectos crónicos como las hemorragias nasales, lesiones en la nariz y puede causar agrandamiento de la glándula tiroidea interfiriendo en su función regular (NJDHSS, 2007). Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, las enfermedades y síntomas presentados por la población del corregimiento de Monterrey pueden ser causados por los metales pesados y el cianuro provenientes de la explotación aurífera.



## 7 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Existe una relación entre la calidad del agua y la situación de salud de la población de Monterrey, según los resultados del análisis de parámetros fisicoquímicos, pruebas de toxicidad, test de Ames y las encuestas de morbilidad sentida.

El agua consumida por la comunidad de Monterrey en el departamento de Bolívar no cumple con los estándares de calidad para un agua de consumo humano.

No se evidenció un efecto de toxicidad con *Hydra attenuata*, por lo tanto, no es el indicador más adecuado para aguas contaminadas por minería. Sin embargo, se evidenció un efecto de toxicidad para *Lactuca sativa*, el cual podría ser utilizado como modelo vegetal.

*Daphnia magna* parece ser el mejor candidato como modelo animal para evaluación de toxicidad en aguas de ríos contaminadas por minería.

El agua del río Boque presentó actividad mutagénica con las cepas TA98 y TA100 en las estaciones de muestreo Pueblo Gato, Vereda Tigui, bocatoma, casa y pozo.

El punto de muestreo casa, presentó la respuesta más alta al ensayo de mutagenicidad con las cepas TA98 y TA100 con y sin concentración de metales pesados.



# 8 | Referencias Bibliográficas

Agency for Toxic Substances and Disease Registry- ATSDR. (2000). Resumen de Salud Pública Cadmio CAS#: 1306-19-0. USA: (s.e).

Alcaldía Simití. (2011). Estudio de diagnóstico ambiental, social, económico de la cuenca del río Boque, municipio de Simití, en el departamento de Bolívar y elaboración participativa de la propuesta de ordenamiento de la misma. (s.c) (s.e).

Ames, B., Lee. D. & Durston W. (1983). An Improved Bacterial Test System for the Detection and Classification of Mutagens and Carcinogens. Proceedings - National Academy of Sciences, pp. 782-786.

MPS & MAVDT, (2007). Resolución 2115: características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: (s.e).

NJDHSS - New Jersey Department of Health and Senior Services. (2007). Fact sheet on hazardous substances. (s.c) (s.e).

- Olivero, J. (2014). Efectos de la minería en Colombia sobre la salud humana. Recuperado de: [[http://190.90.10.137/sites/default/files/forum\\_topic/3655/files/efectos\\_mineria\\_colombia\\_sobre\\_salud\\_humana.pdf](http://190.90.10.137/sites/default/files/forum_topic/3655/files/efectos_mineria_colombia_sobre_salud_humana.pdf)]
- Trottier, S, Blaise, C, Kusui T, & Johnson E. (1997). Acute Toxicity Assessment of Aqueous Samples using a Microplate-based *Hydra attenuata* Assay. *Environmental. Toxicology Water. Qual*, 12, pp.265-271.
- Tucker, P. (2008) .Case studies in environmental medicine: Cadmium toxicity 2008. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (s.c) (s.e).
- Zuluaga, M., Valencia, A. y Ortiz, I. (2009). Efecto genotóxico y mutagénico de contaminantes atmosféricos. *Medicina UPB*, pp. 33-41.



# 9 | Bibliografía

American Public Health Association. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington D.C.: (s.e).

Cáceres L. (2005). Potential of *Lactuca Sativa* and *Hydra Viridissima* as Indicators of Water Toxicological Risk Assessment. Ben-Gurion University of the Negev.

Català N., Kuzmanovic M., Roig N., Sierra J., Ginebreda A., Barceló D., Pérez S., Petrovic M., Picó y Schuhmacher M. & Muñoz I. (2015). Ecotoxicity of sediments in rivers: Invertebrate community, toxicity bioassays and the toxic unit approach as complementary assessment tools. *Science of the Total Environment* 540, pp. 297-306.



# **Logística verde en una cadena de suministro**

---

## ***Green logistics in a supply chain***

**Leidy Rocío Galindo Martínez**  
Estudiante Programa de Ingeniería Industrial  
Universidad Católica de Colombia y miembro del  
Semillero de Investigación SILOS.

## Resumen

La implementación adecuada de la logística verde requiere que las organizaciones identifiquen los costos de operación, las emisiones de escape y el ruido que emiten los procesos logísticos, con el fin de determinar su alcance sobre los niveles de ejecución, y a su vez, establecer los parámetros de medición que le permitan verificar la efectividad de esta metodología en el proceso logístico. Esta investigación se encuentra en curso y se enfoca en medir el impacto de la ejecución de la logística verde en la cadena de suministros en la Corporación de Abastos de Bogotá, de un producto agroalimentario colombiano: el tomate de árbol. Para ello, se han planteado tres objetivos: a) Caracterizar la cadena de suministro mediante la tipificación e identificación de los flujos de cada una de las etapas de la logística; b) Analizar la aplicabilidad de la logística verde en el proceso de abastecimiento y comercialización del producto agroalimentario en cuestión; c) Proponer indicadores que permitan comprobar la eficiencia sobre los costos y la oportunidad en el tiempo de respuesta de la cadena de abastecimiento objeto de estudio.

## Palabras clave

Cadena de suministro, eficiencia, indicador, logística, proceso.

## Abstract

Proper implementation of green logistics requires organizations to identify operating costs, exhaust emissions and noise emitted in the logistics processes, in order to determine its scope on execution levels and in turn, establish the measurement parameters that allow verifying the effectiveness of this methodology in the logistics process. This investigation is ongoing and focuses on measuring the impact of the implementation of the Green Logistics in the Abastos Corporation - supply chain in Bogotá, to a Colombian agricultural food product called tamarillo. To this end, they have raised three objectives: a) To characterize the supply chain by the classification and identification of flows in each of the stages of the logistics; b) To analyze the applicability of green logistics in the supply and marketing processes of the food product in question; c) To propose indicators that allow checking the efficiency on costs and the opportunity in response times of the supply chain under study.

## Keywords

Efficiency, indicator, supply chain, logistics, process.





# 1 | Introducción

En los últimos años, los temas relacionados con el medio ambiente se han convertido en un criterio de evaluación al momento de determinar la viabilidad de un proyecto o idea de negocio. Adicionalmente, para aquellas empresas y organizaciones que ya han iniciado sus actividades, pasa a ser un requisito y un reto de diferenciación que exige la combinación de la excelencia operacional, la optimización de los recursos y la disminución de los costos.

Con ocasión de estos cambios surge la posibilidad de minimizar el impacto ambiental desde las redes de logística y transporte. Este trabajo se fundamenta en la investigación realizada previamente por los estudiantes Camilo Andrés Gómez Bustamante y Héctor Esteban Caíta Arévalo en el marco del semillero SILOS –antes de 2015, GEGE–, quienes documentaron la información resultante en sus respectivos trabajos de grado. Los autores enfocaron sus esfuerzos en determinar el concepto, las variables y las posibles mejoras que pueden llegar a lograr las empresas que hagan uso de la logística verde; se evidencia una contextualización cualitativa de la filosofía y una descripción de los requerimientos necesarios para su implementación, sin embargo, no se determinaron los aspectos cuantitativos que esta conlleva ni algún modo que permita medir o hacer seguimiento a su efectividad y a su impacto sobre los costos en la organización. Acordes con esta situación, con el ánimo de continuar el proceso investigativo y

al considerar el desarrollo de esta práctica –*green logistics*– como una posible solución para reducir el impacto que genera al ecosistema las redes de logística y de transporte, consideradas como una de las mayores fuentes de contaminación, se resuelve diseñar un modelo cuantitativo que permita medir los efectos de la implementación de este enfoque.

La utilización de la logística en general, se viene dando desde la Segunda Guerra Mundial, época en la que era vista como una estrategia militar para procurar, mantener y transportar el material, las personas y las instalaciones. Seguidamente, ha presentado avances evolutivos que han involucrado la integración de las actividades hasta consolidar la cadena de suministros. Las industrias están compuestas por algunos procesos de alto impacto como: los de producción, los de distribución, los de aprovisionamiento y compras, la gestión de inventarios y los de soporte o administrativos; la unión de todos estos procesos que se llevan a cabo al interior de una empresa, que inician con el contacto con el proveedor hasta la entrega del producto terminado al cliente, se conoce como cadena de abastecimiento.

En materia ambiental, se acentuó la atención sobre la contaminación y sus consecuencias a partir de los años 60. A lo largo de las décadas siguientes surgieron un sinnúmero de regulaciones, normatividades, políticas y metodologías que buscan disminuir el impacto negativo de la cadena de suministros en el entorno en que se desarrolla, pero que implican altos costos y obligaciones para las empresas. Una cadena de abastecimiento sostenible se define como: «integrar el pensamiento ambiental con la administración de la cadena de abastecimiento, incluyendo el diseño del producto, selección y abastecimiento de materiales, proceso de manufactura, entrega del producto final a los consumidores

y la gestión del producto después de la vida útil» (Srivastara, 2007). Una cadena de suministros verde utiliza materiales reciclables, racionaliza los procesos de producción, minimiza los desperdicios con el propósito de lograr un beneficio en sus costos y generar un eficiente manejo de los recursos del entorno.

Dichos beneficios se trasladan a la sociedad, el medio ambiente, el sector productivo y a la economía en general, presentando resultados como:

- Reducción de la contaminación.
- Integridad de la cadena de suministros.
- Reducción de los costos de operación.
- Optimización de los procesos.
- Mejoramiento de la imagen de la organización.

La aplicación del concepto verde, es ahora, el valor agregado que las compañías pueden implementar para ser diferenciadas en el retador mercado que afronta la sociedad actualmente. En el proceso de desplazar materiales de producción, productos terminados y alimentar redes de distribución, la Logística Verde, es una apuesta para lograr la eficiencia del proceso y alcanzar el reconocimiento de la marca, mientras se disminuyen las emisiones de escape y el ruido que emiten los procesos logísticos (ONUFI, 2016).

Para validar el cumplimiento de los anteriores propósitos, se requiere establecer una forma de medición que permita hacer seguimiento y conocer las mejoras que puede obtener

una empresa en sus costos al aplicar el enfoque de la Logística Verde. En esta investigación se indaga sobre las diferentes formas de plantear un modelo cuantitativo que permita conocer el impacto de la Logística Verde en la cadena de suministros. La posibilidad de cuantificar la aplicación de este enfoque, puede ayudar a fortalecer su ejecución y a multiplicar su tendencia en el sector industrial. A su vez, aumentar la probabilidad que esta nueva forma de operación logística, sea una iniciativa para mejorar la cadena de suministro de las organizaciones dentro de un marco ecológico que satisface las políticas ambientales y de responsabilidad social.



# 2 | Metodología

La implementación adecuada de la logística verde requiere que las organizaciones caractericen sus cadenas de suministro, analicen las condiciones y los flujos que más impactan el medio ambiente, identifiquen los costos de operación y midan los desechos que emiten los procesos logísticos, con el fin de determinar el alcance sobre los niveles de ejecución y a su vez establecer los parámetros de medición que les permitan verificar la efectividad de la metodología en su ciclo de negocio.

Para el desarrollo de este trabajo, se acude a la técnica de investigación descriptiva con la cual se espera reunir la información que permita dar alcance al objetivo, basada en el relato de fenómenos, situaciones, contextos y/o eventos para especificar sus propiedades, características y o perfiles (Hernández Sampieri et al., 2010). Se apoya en el uso del método científico para recopilar, clasificar y analizar la información cualitativa resultante.

En consecuencia para el sector objeto de estudio, se espera construir un panorama sobre el impacto que tiene el fenómeno de la logística verde en los costos y la oportunidad de respuesta de la cadena de abastecimiento de productos agroalimentarios, actividad realizada en su fase inicial por agricultores del sector frutícola de la región del oriente boyacense y en su fase final por la Corporación de Abastos de Bogotá, S.A – Corabastos.

Para ello, la primera parte se enfocará en recopilar la información suficiente –de georreferenciación, datos técnicos y estadísticos–, que permitan caracterizar la cadena de suministro mediante diagramas de flujo para cada una de sus fases. Se realizarán visitas de campo con fines exploratorios, tanto a los cultivos como a la central de abastecimiento, para acceder a la información que pueda requerirse –aspecto demográfico, rutas, horarios de abastecimiento y desabastecimiento, formas de conservación, etc.– y que es propia del sector objeto de estudio; se aplicará un modelo de encuesta para obtener información detallada sobre el proceso de comercialización en la central de abastos.

Seguidamente, se realizará un análisis a los resultados obtenidos para cada flujo de la cadena con el fin de determinar en cuál o cuáles de ellos se puede aplicar la logística verde. Para dicho análisis se tendrá en cuenta el impacto que pueda tener en los costos y el tiempo de respuesta en la cadena.

Finalmente, se proponen los indicadores que permiten evidenciar la mejora lograda con la aplicación de la logística verde en los flujos críticos, basados en las relaciones de datos numéricos y cuantitativos que permiten evaluar el desempeño y resultado de cada proceso.

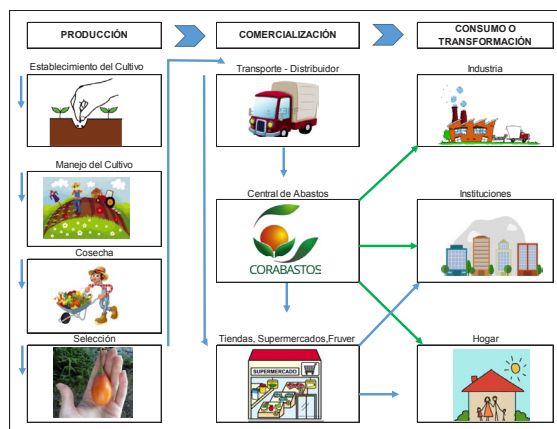


# 3

## Resultados y discusión

El desarrollo del trabajo investigativo en curso, permitió caracterizar la cadena de suministro (Figura 1) mediante la tipificación e identificación de los flujos logísticos que en ella intervienen, recopilando la información en distintas fuentes. Aquella relacionada con la georreferenciación, datos técnicos y estadísticos del fruto está soportada con fuentes bibliográficas, mientras que la información operacional es resultado de las descripciones obtenidas mediante el método de la observación en las visitas realizadas tanto a los campos de cultivo de tomate de árbol ubicados en la región del oriente boyacense donde se inicia la fase productiva de la cadena, como a la central de Corabastos en Bogotá donde se desarrolla el eslabon de comercialización.

Figura 1. Cadena de suministro del tomate de árbol



Fuente. Elaboración propia del autor, (s.f).

Los resultados obtenidos hasta ahora, evidencian que este producto agroalimentario se desenvuelve en un panorama rústico, deja ver un flujo informal y poco tecnificado de sus procesos, con presencia de puntos críticos en la disposición y manejo de los residuos de los productos herbicidas utilizados en el manejo del cultivo y la pérdida de fruta en el mismo, en el registro y control de los costos que intervienen a lo largo del flujo, en las condiciones laborales para la mano de obra que participa en el proceso y en el tratamiento y conservación de la fruta en su fase de comercialización.

Para estos puntos críticos, se requieren aplicar prácticas a corto plazo que implican: manejo y disposición de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, capacitación al personal productor y comercializador sobre el manejo de cargas, el uso de elementos de protección personal, buenas practicas para manipulación de alimentos y el registro y control de los costos en sus respectivos ciclos.

Los posibles indicadores que pueden plantearse para medir el impacto de la aplicación de la logística verde para el caso de estudio están relacionados con:

Indicadores financieros y operativos:

- Costos de capital.
- Costos operativos.

Indicadores de tiempo:

- Tiempo de tránsito
- Pronóstico de inventarios.

Indicadores de productividad:

- Capacidad utilizada.



# 4 Conclusiones

## Líneas de trabajo futuras

Como consecuencia del análisis realizado a la información en curso, se proyecta abrir líneas de trabajo como:

- La organización informal y rústica de este sector agroalimentario no cuenta con programas de higiene y seguridad industrial, tampoco con pagos de seguridad social ni programas de capacitación o mejoramiento de calidad de vida. Se percibe escasez de este tipo de mano de obra lo que genera retrasos en algunas fases de la cadena, especialmente en la productiva. Bajo estas condiciones en un futuro cercano el sector requerirá mejorar dichos aspectos con el fin de garantizar la permanencia de la mano de obra y cumplir con lineamientos legales.
- A pesar de que el fruto tiene poco gusto y reconocimiento comparado con otros productos de su sector, es posible evidenciar alta rotación del mismo a nivel local; sin embargo, con el fin de generar propuestas competitivas que favorezcan este sector productivo se debe considerar la posibilidad de ampliar el mercado a otros niveles, como el de la exportación. Ello requerirá realizar estudios de mercado, análisis técnicos de información nutricional al fruto y de los componentes de todas sus partes –semillas, corteza, tallo, hojas– para determinar otros posibles usos.

- Las tendencias productivas y logísticas venideras, basaran sus procesos en redes de valor que requerirán mas conexiones y canales de distribución organizados, el uso de tecnología, la automatización de las formas de trabajo y la generación de negocios en tiempo real para las cuales la mayoría de los sectores económicos colombianos no están preparados, entre estos, la cadena de abastecimiento del sector agroalimentario. Es importante empezar a crear estructuras de producción y distribución tecnificadas, en las que se lleve control de los costos, el personal, el mercado y el medio ambiente favoreciendo el cumplimiento en términos de satisfacción del cliente, eficiencia y flujo continuo de la cadena.



# 5 Referencias bibliográficas

Caíta, H. E. (2014). *Estado del arte de los problemas de ruteo de vehículos con variables de tipo ambiental*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Industrial). Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Chopra, S. (2008). *Administración de la cadena de suministro*. México D.F: Pearson, p. 3.

Hamilton, M. y Pezo, A. (2005). *Formulación y evaluación de proyectos tecnológicos empresariales aplicados*. Bogotá: Convenio Andrés Bello, pp. 111-113.

Garrido, J. (1999). *Impactos medioambientales y sociales del transporte*. *Geographicalia*, 1(1), p. 12.

Gómez, C. A. (2014). *Estado del arte sobre logística verde: aplicación en la industria colombiana*. Trabajo de Titulación a Ingeniero Industrial, Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F: MacGraw-Hill (5a. ed.), pp. 78-88.

Srivastara, S.K (2007). *Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review*. *International journal of management review*, 9(1), pp. 53 – 80.

ORGANIZACIÓN DE LA NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL (ONUDI). (2016). Introducción a la producción más limpia. Recuperado de: [http://www.unido.org/fileadmin/import/71360\\_1Textbook.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/71360_1Textbook.pdf)



# 6 | Bibliografía

Agencia Europea del Medio Ambiente. (2011). *Hacia una movilidad más limpia*. Recuperado de: <http://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2016/articulos/hacia-una-movilidad-mas-limpia>

Ballou, R. H. (2004). *Logística administración de la Cadena de Suministro*. México D.F: Pearson (5a ed.).

Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES). (1999). *Aprender a Investigar. Módulo 5, El Proyecto de Investigación*. Bogotá: Arfo Editores Ltda. (3a. ed.), pp. 45-63.

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). (2016). *Glossary of Terms. Illinois, United States: (s.e)*. Recuperado de: <https://cscmp.org/supply-chain-management-definitions>

García, L. A. (s.f). *Indicadores de la gestión logística. KPI Los indicadores del desempeño logístico, pp.26.*

# **Principales desafíos para la implementación de tecnologías verdes en los procesos industriales en Colombia (caso IT Green).**

---

***Challenges for the  
implementation of green  
technologies in industrial  
processes in Colombia  
(IT Green Case).***

**Luisa Fernanda Puerta González  
Karen Stephania Gómez González  
Universidad de La Salle**

## Resumen

El objetivo de esta ponencia es reconocer los principales desafíos en las tecnologías verdes con relación a la gestión realizada por las industrias durante sus procesos. El tema del cuidado medioambiental, es hoy en día, tema primordial de la agenda global. Acontecimientos como las conferencias realizadas por las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y desarrollo, han manifestado su preocupación hacia el calentamiento global y el deterioro acelerado de los recursos naturales. El uso adecuado de técnicas y herramientas como las tecnologías verdes en la producción industrial, puede mitigar o prevenir la destrucción del medio ambiente. Sin embargo, existen una serie de desafíos y factores que enfrentan las industrias que involucran prácticas de conservación y uso sostenible tales como la implementación de políticas públicas, costos de producción, competencia de tecnologías ya existentes y asimismo entrada de nuevos competidores. Colombia, como otros países, ha implementado regulaciones para proteger el medio ambiente, a modo de criterios de evaluación de la gestión pública ambiental de tipo preventivo frente a las industrias. En ese sentido, el caso IT Green, representa el caso empresarial colombiano comprometido al desarrollo sostenible y cuidado medio ambiental, ajustando sus prácticas a satisfacer las diferentes necesidades del mercado colombiano.

## Palabras clave

Biocomercio, tecnologías verdes, procesos industriales, desafíos y sostenibilidad.

## Abstract

The aim of this paper is to recognize the major challenges in green technologies with regard to the management that is conducted by industries in their processes. Environmental care is nowadays a major issue on the global agenda. Events, such as the conferences held by the United Nations on Environment and Development, have expressed concern towards global warming and accelerated deterioration of natural resources. The proper use of techniques and tools, such as green technologies in industrial production, can mitigate or prevent environmental destruction. However, there are a number of challenges and issues facing industries that involve conservation and sustainable use practices, such as the implementation of public policies, production costs, competence of existing technologies and also the inclusion of new competitors. Colombia, like other countries, has implemented regulations to protect the environment, as an evaluation criteria of the preventive environmental public management among Industries. In that sense, the IT Green case represents the Colombian business case committed to sustainable development and environmental care, adjusting their practices to meet the different needs of the Colombian market.

## Keywords

Biotrade, green technologies, industrial processes, challenges and sustainability.





# 1 | Introducción

Durante las últimas décadas la lucha contra la degradación ambiental ha sido un reto para las organizaciones nacionales e internacionales, así como para la mayoría de gobiernos en el mundo. La relación existente entre comercio y el medio ambiente es hoy uno de los temas centrales de la agenda global que ha ido adquiriendo mayor fuerza, donde se reconoce a nivel internacional la importancia de implementar prácticas de conservación y uso sostenible en el comercio exterior.

En este caso, cuando se habla de comercio exterior, se hace una alusión al intercambio comercial de un país con relación a los demás, es decir, en este caso el comercio exterior en Colombia y sus relaciones económicas con las diferentes naciones. Así, el comercio exterior de un país se fundamenta en un sector de la actividad económica que este realice, y las distintas funciones que posee siempre y cuando logre dar respuesta a los intereses nacionales en compañía del Estado y del gobierno.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), una de las instituciones que más énfasis hace en garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, ha planteado una serie de objetivos en los cuales uno de ellos abarca el tema medioambiental, donde busca que cada nación, incorpore principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales. Por ejemplo, la Unión Europea, tiene una política ambiental

fundada en la creencia de unas normas ambientales rigurosas que estimulan las oportunidades de innovación y negociación (COEPA), presentándose, de este modo, una responsabilidad empresarial para cuidar el medio ambiente; igualmente, se fomentan en la política pública la sustentabilidad en el comercio exterior de los países miembro.

El sector empresarial colombiano, parece tener actualmente distintos desafíos que la mayoría de veces, complican la posibilidad de acceder a tecnologías más eficientes y menos contaminantes, debido a que presenta obstáculos de tipo económico y financiero que restringen la inversión en materia ambiental y a la falta de programas de crédito blando (Ministerio de Ambiente, 2010, p. 16). Es decir, que estas restricciones hacen que las empresas no logren cumplir sus expectativas sostenibles por los altos costos que tiene obtener tecnología o recursos menos contaminantes.

A pesar de los múltiples esfuerzos para implementar la tecnología verde en los procesos industriales, los desafíos que representan los Estados en sus políticas y en las barreras económicas demuestran que aún existe una problemática para contrarrestar los daños que causan los procesos industriales. Sumado a esto, la carencia de contribución social por consumir nuevos productos tecnológicos, contribuye a que sea una de las mayores dificultades a corto plazo, y a pensar que a largo plazo se estima para varios países incluyendo Colombia, mejorar en las actividades de consumo.

Colombia, en 1991, logró adoptar una política de sustitución de importaciones, el cual llevó a que los productos y servicios que demandaban los consumidores nacionales debían ser suplidos por la oferta local y que las importaciones estuvieran sometidas a licencias que restringían el comercio

internacional (International Centre for trade and Sustainable Development, 2013). Como consecuencia de este hecho, Colombia solo contaba con exportaciones de café, carbón y petróleo; para ese entonces, la política proteccionista era uno de los principales lineamientos que proponía proteger toda la industria nacional.

De esta manera, en 1997, el país, mediante el establecimiento de la Política Nacional de Producción más Limpia (Política Nacional de Producción y Consumo, 2010), logró incentivar la gestión ambiental para prevenir la contaminación y optimizar la conservación de procesos productivos a partir una estrategia ambiental preventiva e integrada que busca reducir los riesgos del medio ambiente y los riesgos que afectan directamente al ser humano, además de esto se ha transformado en el control y regulación de los procesos industriales, influyendo en la cooperación que incentiva a las medidas ambientales.

Igualmente, a partir de 1999, Colombia pone en funcionamiento el Programa nacional de biocomercio, que aunque fue lanzado oficialmente por el programa UNCTAD en el año 1996 con el fin de facilitar la creación de negocios de biocomercio sostenible, buscaba el desarrollo sostenible acorde con la ley 99 de 1993, artículo 3, basado en el crecimiento económico del país, además de incrementar la calidad de vida y reducir los detrimentos a la naturaleza.

Este programa, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, busca superar las barreras que se tienen a la hora de hacer biocomercio en Colombia contando con dos herramientas claves de apoyo que son los planes de negocio y los planes de uso y aprovechamiento para que luego, se pueda acceder a las fuentes de financiación como el Fondo de Empresas de Biocomercio.

El objetivo general de esta investigación, es analizar los principales desafíos que presenta la implementación de tecnologías verdes en los procesos industriales en Colombia –caso IT Green–.

Por lo tanto, en primera instancia, se identificarán los principales desafíos que afrontan las industrias al momento de implementar tecnologías verdes en sus procesos industriales; consecuentemente, se observará la incidencia de las políticas públicas medioambientales en la competitividad de las industrias colombianas, para proseguir a un tercer punto basado en el reconocimiento del papel de la innovación y uso de las tecnologías verdes como elemento competitivo en la generación de beneficios tanto económicos como ambientales dentro de los procesos industriales. Por consiguiente, se abordará el caso IT Green, empresa basada en Colombia con un enfoque ambientalista y comprometida con el desarrollo sostenible del país. De este modo, finalizaremos con la presentación de resultados de aquellos procesos industriales que han implementado tecnologías verdes o son proyectos en pro del medio ambiente, y para finalizar se dará paso a las conclusiones de la investigación realizada.



## Planteamiento del problema y metodología

Durante las últimas décadas la lucha contra la degradación ambiental ha sido un reto para las Organizaciones nacionales e Internacionales, así como lo ha sido para la mayoría de gobiernos en el mundo según lo expresa el PNUMA (2011), fomentando una relación estrecha entre comercio y el medio ambiente el cual es hoy en día uno de los temas sustanciales de la agenda global.

La necesidad de preservar el ambiente a escala global permitió el desarrollo de numerosos informes y conferencias impulsadas por las Naciones Unidas desde 1992, para Colombia y el mundo la necesidad de preservar el medio ambiente ha manejado múltiples retos debido a procesos industriales que dominan el mercado mundial. Además de los retos económicos que impiden desarrollar por parte de las industrias las propuestas políticas.

Es así, como Elinor Ostrom, politóloga estadounidense ganadora del Premio Nobel de Economía en 2009, compartido con Oliver E. Williamson por su «análisis de la gobernanza económica, especialmente de los recursos compartidos» (Indiana University, 2012), analiza la interacción entre humanos y sistemas ecológicos donde busca crear un sistema formal que permita identificar y estudiar los elementos que influyen en la posibilidad de autoorganización por parte de las comunidades, con relación al desarrollo de relaciones socioecológicas sustentables (Ostrom, 2009).

La autora relaciona la teoría de la política como las acciones de diferentes individuos, reflejando dos tipos de personas: las primeras, son aquellas que no toman ninguna acción y abusan de los esfuerzos de otros sin cooperar; y las segundas, son las que no toman acciones. Como lo refleja Garrett Hardin, la situación de varios individuos son motivados solo por el interés personal, y actuando independiente pero racionalmente, terminan por destruir un recurso compartido limitado; aunque a ninguno de ellos, ya sea como individuos o en conjunto, les convenga que tal destrucción suceda (Stuart, 2003). No obstante, la contribución de los gobiernos establece relación en el comportamiento contribuyendo con acciones que mitigan el interés personal.

Es indudable que la ciencia y la tecnología juegan un papel importante en el desarrollo de las fuerzas productivas, pero no podemos perder de vista que éstas no son autónomas, que, por el contrario, su papel en el desarrollo lo ejerce en y desde determinadas condiciones socioeconómicas que determinan su carácter, funcionamiento e impactos (Schumpeter, 2004). Actualmente, el papel del desarrollo en los acuerdos ha sido exitoso, aun así, las iniciativas globales al momento de aplicarlas no han funcionado puesto que los gobiernos ignoran las medidas ratificadas.

Por lo anterior, el análisis en Colombia se arraiga a un problema político, involucrando a lo económico, determinando los aportes del gobierno hacia las iniciativas globales determinadas en leyes, y comparando estas iniciativas con los procesos industriales ya que son los retos que afrontan los países en la actualidad.

De este modo, y para lograr los objetivos, la investigación tendrá un enfoque metodológico de tipo cualitativo, ya que se realizó una revisión documental a partir de reportes de prensa, informes de agencias del gobierno y organizaciones internacionales. De igual forma, se realizan entrevistas a representantes de la empresa IT Green, Colombia.

La investigación consta de las siguientes etapas:

- Primero, se recopila la información a partir de los diferentes documentos analizados con el objetivo de evidenciar la implementación de tecnologías verdes en los procesos industriales e integrar la relación de los mismos para comprender los nuevos métodos de innovación.
- Segundo, se sistematiza la información con el objetivo de identificar los principales procesos industriales que afectan el medio ambiente en Colombia. A partir de esto, se evalúan las consecuencias del impacto de la contaminación natural en Colombia reconociendo las zonas más afectadas y los riesgos ambientales.
- Tercero, se realiza una entrevista con la compañía IT Green para observar los desafíos para implementar tecnologías verdes en Colombia. A partir de esto, reconocer los retos del país para mejorar la contaminación provocada y contribuir con la visión global sobre la mejora del medio ambiente en todo el mundo.



# 3 | Marco teórico

Es importante reconocer el papel que la tecnología juega la actualidad si se usa de una forma adecuada, llegando a ser bastante beneficiosas para el medio ambiente. En primer lugar, la tecnología verde hace referencia a la fabricación de instrumentos ecoeficientes que reúnen la tecnología actual con el medio ambiente permitiendo la eficiencia energética y el desarrollo sostenible y reducción de costos. Por otro lado, los procesos industriales representan la ejecución de proyectos que requieren la transformación de materias primas con el fin de suscitar un desarrollo económico y social, es decir, son aquellos bienes y servicios que mejoran la calidad del aire, del agua, del suelo o que buscan soluciones a los problemas relacionados con los residuos o el ruido, según lo expone el Centro de Comercio Internacional. De este modo, la implementación de tecnologías verdes a los procesos industriales es una de las mejores alternativas para alcanzar un desarrollo sustentable, social y económico.

Colombia, en 1991, logró adoptar una política de sustitución de importaciones, la cual llevó a que los productos y servicios que demandaban los consumidores nacionales fueran suplidos por la oferta local, y que las importaciones estuvieran sometidas a licencias que restringían el comercio internacional (International Centre for trade and sustainable Development, 2013). Como consecuencia de este hecho, el país solo contaba con exportaciones de café, carbón y petróleo; para ese entonces, la política proteccionista era una de las principales políticas que proponía proteger toda la industria nacional.

Sin embargo, el proceso de internacionalización fue interrumpido por la violencia, el narcotráfico, el conflicto armado, la corrupción y algunas crisis financieras que para esta época fueron el centro de atención, suspendiendo la inversión a proyectos de infraestructura y comercio (International Centre for trade and sustainable Development, 2013). No obstante, a pesar de este suceso, el tema del medio ambiente empezó a tomar relevancia en la política exterior de Colombia gracias a la cumbre de Rio de 1992, punto de inflexión para el país, donde se empiezan a adoptar avanzadas normas en el terreno ambiental. Así mismo, Colombia se suscribe a las convenciones internacionales sobre este tema (Misión Permanente de Colombia ante las Naciones Unidas, 2015).

En esta instancia, el biocomercio, el cual también se vio afectado por los factores mencionados anteriormente, es una forma de comercio que está dividido en ciertas categorías; en nuestro país, se encuentran productos que pertenecen a estas categorías que están siendo desarrollados por algunas empresas apoyadas por el biocomercio sostenible en Colombia, según lo anuncia un informe de la UNCTAD (Ramos, 2002).

El Plan Estratégico Nacional de Mercados Verdes (PENMV), se creó con el fin de que Colombia fuera más competitiva en temas de mercados verdes (Subgerencia General del Banco de la República, 2015). Este plan planea incentivar el biocomercio por medio de la sensibilización de los consumidores y productores colombianos sobre estos nuevos mercados. Igualmente, «Isagén y la Corporación Biocomercio Sostenible, suscribieron un convenio en el que se promueve el biocomercio no sólo como estrategia de conservación, sino también como una alternativa de generación de ingresos para las comunidades locales» (Jaramillo, 2015).

Para alcanzar el desarrollo sustentable se proponen siete criterios: a) Tendencia a un sistema industrial de ciclo cerrado; b) Ahorro en la extracción y uso de recursos naturales; c) Obtención de energía de fuentes renovables, ecoeficiencia; d) Desmaterialización de la economía; e) Inclusión de costos ambientales en los productos o servicios; f) Generación de redes entre las entidades participantes y el entorno; g) Generación y mejora de puestos de trabajo (Ortega Riosvelasco et al., 2015).

Es innegable que algunos empresarios han concientizado la necesidad de introducir tecnologías amigables con el medio ambiente. No obstante, la mayoría de las consideraciones medioambientales permanecen en segundo plano por debajo de los intereses económicos, debido a que la gerencia hacia el desarrollo sostenible, requiere de la implementación de una política ambiental basada en programas de concientización, normativas e incentivos (Sandrea & Boscán, 2010), con el fin de desarrollar esta compleja tarea lo antes posible con ayuda de diversos actores e instituciones.

De este modo, la transición hacia el desarrollo sostenible exige cambios drásticos en los patrones de producción y consumo (Maryana & Boscán, 2010), mejorando de esta manera el bienestar social. En este aspecto, el cambio tecnológico juega un papel clave en especial en la adopción de tecnologías limpias. Por esto que las empresas se responden de diversas formas ante la variable ambiental debido a que afecta sus operaciones y altera sus beneficios. El problema se constituye en la actualización tecnológica (Azqueta, 2002).



# 4 | Resultados

En la actualidad, existen ciertos programas e instituciones que trabajan en pro del medio ambiente, por lo cual, tras el desarrollo de este proyecto de investigación, se aspira a conocer sobre los principales desafíos para la implementación de tecnologías verdes en los procesos industriales en Colombia. De este modo, se presentarán a continuación unos resultados parciales sobre el tema que se está manejando.

La economía mundial actual está enfocada en una economía de Carbono, lo cual ha ocasionado grandes impactos negativos al medio ambiente. Por este motivo, Lester R. Brown, en su libro *Salvar el planeta*, propone que se cambie de la economía de Carbono a la economía de Hidrógeno. Compañías como Verde LLC Design Copyright, se han incorporado a esta iniciativa con la intención de mejorar la industria por medio de la creación de tecnologías que ayuden a un futuro más limpio y más eficiente; esto es a través del uso de la energía de Hidrógeno, la energía solar y eólica para llevar la electricidad a la demanda de una industria en crecimiento; algunas de estas tecnologías son:

- *Hydrogen, Nitrogen & Oxygen Generators*

Producto que cuenta con la última tecnología que permite la producción de Hidrógeno y Nitrógeno con una más alta capacidad y pureza (Verde LLC Design Copyright , 2009).

- *Renewable Energy Hydrogen Generators*

Este producto ofrece una solución por medio de la conversión eficiente de viento intermitente y la energía solar en Hidrógeno, y posterior almacenamiento de este último. Esta planta de Hidrógeno verde ayuda generar gas Hidrógeno de alta pureza con cero emisiones de gases de efecto invernadero para aplicaciones industriales, domésticas o de transporte (Verde LLC Design Copyright , 2009).

- *Hydrogen Fuel Cell*

Las pilas de combustible de Hidrógeno son semiintegradas, sistemas eficientes y confiables que reduzcan al mínimo el uso de periféricos. Como tales, son las células de combustible, auto humidificado refrigerados por aire más compactos y ligeros disponibles en el mercado (Verde LLC Design Copyright, 2009).

Igualmente, la compañía posee una planta de Hidrógeno verde genera gas Hidrógeno de alta pureza (> 99,999%) con cero emisiones de gases de efecto invernadero para aplicaciones industriales o vehículos industriales de transporte (Verde LLC Design Copyright , 2009) lo cual es evidencia del cambio positivo que genera con el medio ambiente.

En Colombia, se vienen implementando de igual modo, mecanismos para el cambio positivo que se necesita con el medio ambiente. No obstante, el biocomercio, una de las estrategias para lograr el cambio en el país, tiene «barreras de todo tipo. Unas legislativas, ligadas al aprovechamiento de los recursos, en donde la norma no está muy clara; limitaciones en innovación, y una carencia de incentivos, como créditos que estimulen pequeños emprendimientos» (Jaramillo, 2015).

Por lo tanto, a pesar de los múltiples esfuerzos para implementar la tecnología verde en los procesos industriales, Colombia maneja políticas que incursionan en las tecnologías verdes como prácticas industriales y en nuestra manera de consumir, por lo cual, a continuación se reconocerá la importancia del caso IT Green y de otros procesos industriales con éxito en el país.

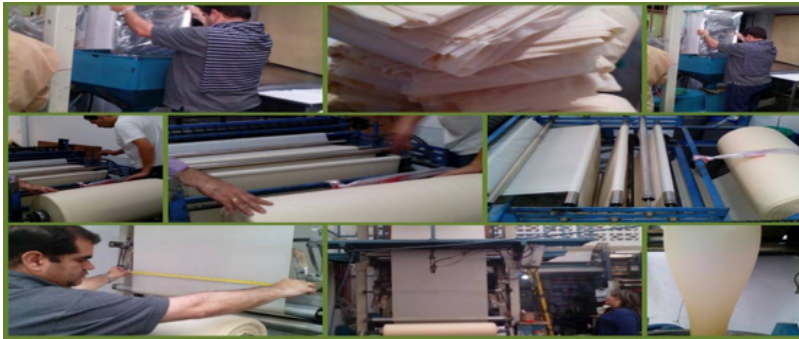


El bioempaque se maneja por medio de una materia orgánica natural, elaborado a base de maíz, sin interrumpir la vida alimenticia del mismo. Específicamente, lo que se toma del maíz es un subproducto, es decir, la masa de maíz – leche– seguido de una transformación a un pellet –producto totalmente natural / biomasa sólida–, llevándolo a un proceso con máquinas especiales a temperaturas acordes para la obtención de dicha película biodegradable.

Una de las principales funciones, es que el proceso de biodegradación empieza solamente en el momento en que el bioempaque se encuentre en contacto con microorganismos, al igual que al tener contacto con la tierra, agua salada o dulce, hace que los microorganismos consuman de ella y se deshaga.

Es de esta manera que la problemática ambiental generada por la distribución incontrolada de bolsas de plástico sea grande. Por ellos, se busca que la sociedad tome conciencia, tanto de los industriales como de los consumidores y empiece la utilización de empaques biodegradables (Ramirez, 2013). (Figura 1).

Figura 1. Proceso para la elaboración de las bolsas de maíz.



Fuente. Ramírez, (2013).

## 5.1 Primera casa solar en Colombia

La casa tiene una serie de paneles solares que garantizan el consumo energético, además de un ecomuro que recoge el agua lluvia para utilizarla en las actividades del hogar como lavar ropa. La decoración incluye elementos hechos con materiales reutilizables como botellas de plástico; mesas de TV, comedor y camas contienen este tipo de materiales. El objetivo de la casa es hacer uso de electrodomésticos e iluminación de bajo consumo y un sistema de ventilación cruzado con aberturas por toda la vivienda (RCN RADIO, 2015). (Figura 2).

Figura 2. Primera casa solar en Colombia realizada por estudiantes de la Universidad de La Salle.



Fuente. RCN RADIO , (2015).

## 5.2 Hospital Verde

El hospital está ubicado en Medellín a cinco minutos del Aeropuerto Internacional José María Córdoba. Está habilitado para prestar servicios de medicina especializada cuyo modelo de atención se encuentra centrado en el paciente y se basa en las políticas de hospital seguro. Ofrece las mejores condiciones en infraestructura para la atención de los pacientes y sus familias, y trabaja bajo conceptos ecoamigables, que fueron los objetivos iniciales al construir los Centros Especializados de San Vicente Fundación. Su estructura está diseñada para el aprovechamiento responsable de los recursos naturales y confluye con las ideas de progreso tecnológico e innovación (2014).



# 6 Conclusiones

Como conclusión, la tecnología verde ha llegado para mejorar la vida del ser humano al ser una herramienta que mitiga o impide la contaminación del medio ambiente, por esto, es importante implementarla en las empresas. Aun así, Colombia todavía maneja retos para lograr una competencia frente a comercio verde, a causa de que la mayoría de las empresas Colombianas en general siguen con su tecnología tradicional y convencional.

En cuanto a los desafíos tecnológicos verdes que traspasa el país hay que hacer notar que son efectuadas por los cambios tecnológicos que promueven las compañías, generando al consumidor múltiples opciones, a nivel familiar cuando incurrimos en el consumismo aumentamos nuestros gastos innecesarios comprando cosas que pudiéramos evitar o reducir; Y a nivel personal, las diferentes alternativas consumistas son menos saludables que las que no lo son. Esto genera un problema por parte del consumidor la cual será evaluada con mayor análisis en proceso del trabajo.

El caso colombiano, gracias a su ventaja competitiva frente a otros países con respecto a la biodiversidad, presenta acumulación de riqueza en productos madereros, no madereros, agrícolas; así mismo, debido a todo este potencial biodiverso, en Colombia, 30.610 hectáreas se encuentran dedicadas al ecoturismo bajo los principios y criterios del biocomercio, según lo informa el Biocomercio Andino.

Por otro lado, la contribución del Estado por cumplir con los estándares impuestos es generada en la constitución por medio de resoluciones como la resolución 1309 de 2010 y Resolución 2329 de 2012, entre otras, generan una ventaja a nivel político por su desempeño y contribución con el medio ambiente, pero las industrias de minerías, manufactura, energía eléctrica, gas y agua y electrónicas representan amenazas en sus procesos de producción, por lo cual se observaran los factores que afectan la implementación de las tecnologías en Colombia, además se reconocerá las empresas que han innovado en Colombia en la producción de plásticos, mencionando de esta manera el caso de la empresa IT GREEN.



# Referencias Bibliográficas

Azqueta, D. (2002) Introducción a la economía ambiental. Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana de España.

Indiana University. (2012). Elinor Ostrom, Nobel Laureate. Recuperado de: <http://elinorostrom.indiana.edu/>

International Centre for Trade and Sustainable Development. (2013). La política comercial de Colombia: del pasado al futuro. Recuperado de: <http://www.ictsd.org/bridges-news/puentes/news/la-pol%C3%ADtica-comercial-de-colombia-del-pasado-al-futuro>

Jaramillo, M. P. (22 de Julio de 2015). Biocomercio, una salida en el posconflicto. Recuperado de: <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/biocomercio-una-salida-el-posconflicto-articulo-574415>

Maryana, S., & Boscán, M. (2010). Gerencia ambiental en el sector zuliano. Espacio abierto cuaderno Venezolano de sociología , pp. 555-571.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. (2014). Negocios verdes y biocomercio, estrategias para la conservación y la sostenibilidad. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/sala-de-prensa/2-noticias/1411-negocios-verdes-biocomercio-estrategias-para-onservacion-y-sostenibilidad>

Ministerio de Ambiente. (2010). Política Nacional de Producción y Consumo. Recuperado de: [file:///C:/Users/Acer/Downloads/polit\\_nal\\_produccion\\_consumo\\_sostenible.pdf](file:///C:/Users/Acer/Downloads/polit_nal_produccion_consumo_sostenible.pdf)

Naciones Unidas (2010). Objetivos de desarrollo del milenio. Avances en la sostenibilidad ambiental. Recuperado de: <http://www.cepal.org/rio20/tpl/docs/3.odm-7.esp.pdf>

Ortega, P., Torres-Argüelles, V., Noriega, S., Gómez, Castaño, V., & Solís, S. S. (2015). Conceptos de una industria verde: revisión de literatura. *Cultura Científica y Tecnológica*, pp. 40-51.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, pp. 419-422. Recuperado de: <http://science.sciencemag.org/content/325/5939/419>

Plata, D. (2001). La gerencia ambiental en el desarrollo sostenible. *Revista CICAG del Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales*. Recuperado de: <http://www.urbe.edu./publicaciones/cicag> Consultado el 21-09-2016

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2005). Ecoturismo. Políticas y programas. Recuperado de: <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/ecoturismo/fortalecimiento-del-ecoturismo-en-parques-nacionales-naturales/politicas-y-programas/>

PROCOLOMBIA. (s.f.). Presidente Santos invitó a los colombianos a exportar para crecer en Macrorrueda 55. Recuperado de: <http://www.procolombia.co/multimedia/galeriadeimagenes/presidente-santos-invito-los-colombianos-exportar-para-crecer-en-macrorrueda-55>

Ramos, A. (2002). Disponibilidad de los consumidores a la compra de productos ecológicos. Bogotá: (s.e).

Ramírez, L. (2013). It green Colombia. Recuperado de: [http://itgreencolombia.wix.com/itgreencolombia#!\\_\\_quienes-somos](http://itgreencolombia.wix.com/itgreencolombia#!__quienes-somos)

RCN RADIO (2015). Jóvenes colombianos construyen primera casa solar en el país. Recuperado de: <http://icprefabricados.com/noticias/jovenes-colombianos-construyen-primera-casa-solar-en-el-pais/#sthash.qFXczE9v.dpuf>

Sandrea, M., & Boscán, M. (2010). Gerencia ambiental en el sector zuliano de manufacturas plásticas. Espacio Abierto, 19(3), pp. 555-574.

Schumpeter. (2004). Innovación y determinismo tecnológico . Scientia et technica, pp. 209-213.

Stuart, L. (2003). Garrett Hardin, 88, Ecologist Who Warned About Excesses. The New York Times, pp. 1-3.

Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). Mercados verdes. Recuperado de: [http://www.banrepultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/ciencias/mercados\\_verdes](http://www.banrepultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/ciencias/mercados_verdes)

Verde LLC Design Copyright. (2009). Verde LLC Design Copyright. Recuperado de <http://www.verdellc.com/Index.asp>



# Bibliografía

Agroambientalistas. (sf). Asociación Colombia de agroproductores ambientalistas. Recuperado de: <http://www.agroambientalistas.com/quienessomos.html>

Álvarez, C. A. (2007). La demanda de estas actividades no logra cubrir o satisfacer la oferta existente tanto en el comercio orgánico interno como el externo. Bogotá: (s.e).

Arcos, A. L. (2009). Análisis de las iniciativas empresariales de biocomercio. Recuperado de: [http://www.corpoamazonia.gov.co/images/Publicaciones/19%202009\\_Analisis\\_Biocomercio/2009\\_Analisis\\_Iniciativas\\_biocomercio\\_Empresas\\_Amazonas.pdf](http://www.corpoamazonia.gov.co/images/Publicaciones/19%202009_Analisis_Biocomercio/2009_Analisis_Iniciativas_biocomercio_Empresas_Amazonas.pdf)

Bancoldex. (2013). Que es bancoldex?. Recuperado de: <https://www.bancoldex.com/ProductosyServicios/Programas-especiales-de-Bancoldex.aspx>

Cancillería. (1991). Congreso de Colombia. Recuperado de: [https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/ley\\_0007\\_1991.htm](https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/ley_0007_1991.htm)

Castro, A. M. (2015). Ahorrar agua y energía hasta 2016. Recuperado de: [http://www.larepublica.co/ahorrar-agua-y-energ%C3%ADa-hasta-2016\\_309066](http://www.larepublica.co/ahorrar-agua-y-energ%C3%ADa-hasta-2016_309066)

De Greiff, A., & Nieto, M. (2005). Anotaciones para una agenda de investigación sobre las relaciones tecnocientíficas Sur-Norte. *Revista de Estudios Sociales*, 22, pp. 59-69.

El Universal. (2011). La biodiversidad es la mayor ventaja competitiva que tiene Colombia frente al mundo. Cartagena, Colombia: (s.e).

Lambardi, G. D., & Morca, J. J. (2014). Determinantes de la innovación en productos o procesos: el caso colombiano. *Revista de Economía Institucional*, pp. 251-262.

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (s.f). Biocomercio. Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/promamazonia/sbiocomercio/InformacionGeneral/biocomercio.htm>

Rodríguez, M. (1994). Comercio y medio ambiente: tema crítico en la agenda internacional. En M. Rodríguez Becerra, *Crisis ambiental y relaciones internacionales* (Capítulo III). Bogotá: Edición Fescol, fundación Alejandro Angel Escobar y CEREC. Recuperado de: <http://www.manuelrodriguezbekerra.org/bajar/cisisambiental/iii.pdf>

Witker Velázquez, J. A. (2011). Derecho del comercio exterior. En J. A. Witker Velázquez, *Derecho del comercio exterior*. Recuperado de: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/6/2951/pl2951.htm>.



# **Producción de biodiesel a partir de grasa de cerdo**

---

## ***Production of biodiesel from pork fat***

**Leidy Johana Campuzano González  
Paula Andrea González Rozo  
Universidad Manuela Beltrán**

## Resumen

El presente trabajo de investigación busca producir biodiesel a partir de grasa de cerdo –empella–, el cual cumpla con los parámetros establecidos por la normatividad colombiana para su uso en motores; esta investigación es muy importante debido al aumento descontrolado e inconsciente del uso de combustibles a base de hidrocarburos, es necesario para esta situación encontrar una solución parcial o definitiva que nos permita reducir las emisiones, ya que son varias las industrias, automóviles y maquinarias en todo el planeta que emplean combustibles fósiles generando emisiones que perjudican el ambiente y deterioran la existencia del hombre, puesto que aumentan las enfermedades respiratorias y de la piel (Atilio, s.f).

Para el desarrollo de la presente investigación, se realizará un diseño experimental iniciando con, donde se realizaran varias pruebas de laboratorio que permitan la caracterización del biodiesel obtenido, como la determinación de pH, densidad, humedad, etc. Con todo el proceso de investigación se busca conocer que tan viable es producir este biodiesel a partir de la grasa de cerdo y saber si trabaja correctamente en motores; de igual manera concluir si las propiedades de biodiesel obtenido en el laboratorio cumple con los parámetros fijos en la normatividad Colombiana.

## Palabras clave

Biodiesel, empella, hidrocarburos, transesterificación.

## Abstract

This research seeks to produce biodiesel from pork fat (lard), that meets the parameters that are established by the Colombian normativity for its use in engines. This research is very important due to the uncontrolled and unconscious increase in the use of hydrocarbon-based combustible; it is necessary to find a partial or final solution for this situation that allows us to reduce the emissions since there are several industries, automobiles and machinery on all the planet that use fossil fuels, generating emissions that damage the environment and deteriorate human existence, since they increase respiratory and skin diseases. (Atilio, s.f)

For the development of this research, an experimental design will be made, starting with the place where several laboratory tests that allow the characterization of the biodiesel that is obtained, such as the determination of pH, density, moisture, etc. The aim of all this research process is to comprehend how viable it could be to produce biodiesel from lard, and to know if it works properly in engines; likewise, to conclude whether the properties of the biodiesel obtained in the laboratory meet the fixed parameters in the Colombian regulations.

## Keywords

Biodiesel, empena, hydrocarbons, transesterification.





# 1 | Introducción

En la actualidad, son varios los problemas ambientales que debemos enfrentar, como la contaminación del aire, del suelo, del agua y el fenómeno del calentamiento global generados en gran parte por el uso de combustibles fósiles derivados del petróleo que en su proceso de combustión liberan en el ambiente CO<sub>2</sub>, óxidos de azufre, monóxido de carbono y otros gases que perjudican tanto la estabilidad del ambiente como la salud de las personas, causando graves enfermedades como bronquitis y hasta la muerte.(Atilio,s.f).

Es así, como a diario aumentan los niveles de contaminación debido a varios factores naturales y antrópicos, por ejemplo, el aumento de la población por movimientos migratorios hace que el espacio para cada persona disminuya y las demandas de recursos aumenten de igual manera. Según Countrymeters «la población actual es de más de 7 billones de habitantes», sin embargo, también existen la contaminación a causas naturales como erupciones volcánicas, erosiones, incendios forestales, etc., lo que aumenta la presión sobre los recursos naturales no solo a nivel de demanda sino de contaminación (Albert, s.f).

Por las razones anteriormente mencionadas, la presente investigación se enfoca principalmente en producción de biodiesel a partir de la grasa de cerdo, que se define como la implementación de un combustible no convencional para

disminuir la liberación de gases contaminantes al ambiente. La característica principal de este tipo de combustibles y la parte innovadora es el uso y aprovechamiento de un residuo de la industria cárnica como materia prima la cual no afecte el ambiente, dicha materia prima es la empella de cerdo debido a su alta cantidad de tejido graso, este por lo general se encuentra recubriendo los riñones y las costillas del cerdo, se caracteriza por tener un color blancuzco, sin manchas ni coloraciones (Arboleda, 2011).

Cabe resaltar que los biocombustibles son una alternativa viable y ecológica a los combustibles fósiles ya que son otra fuente energía y disminuye la dependencia que se tiene a los hidrocarburos, y más aún en el presente siglo XXI que se evidencia su alto consumo y disminución como es el caso del petróleo. Por ello se busca estimar la eficiencia del biocombustible obtenido empleándolo en una planta de energía portátil a gasolina y de igual manera y no menos importante verificar que este cumpla con la normatividad colombiana vigente para uso de biocombustibles para motores.

Sin embargo, años atrás, se han desarrollado estudios similares en busca de biocombustibles como es el caso de la Unión Europea que se ha posicionado como el mayor productor de biodiesel en el mundo (Lizana, s.f ). Todo inició en el siglo XIX cuando Rudolf Diesel, ingeniero alemán, inventó un motor de combustión alimentado con aceite de maní como energía; en 1970, el biodiesel tuvo un desarrollo significativo debido a la crisis energética. El incremento desmesurado en el costo del petróleo, fue en 1982, cuando en Austria y Alemania se desarrollaron las primeras pruebas para obtención de biodiesel; actualmente, son varios países los pioneros en biocombustibles como EEUU, Suecia, Alemania, Austria, Italia, Malasia y Canadá; desde hace poco tiempo en Sur América se han desarrollado estas prácticas como en Brasil y Argentina (Biodiesel Argentina, 2016)



# 2 | Metodología

Para este proyecto de investigación se aplicará un método experimental para el cual se compra la empella –tejido graso adherido a las costillas del cerdo– en un expendio de carne, de la cual se extrae la grasa, posteriormente. Al realizar todo el proceso de producción de biodiesel y tener el producto final, se realizan pruebas para determinar las propiedades físico-químicas que presenta, las pruebas son: pH, densidad, contenido de humedad, índice de acidez. Estas pruebas se llevan a cabo en los laboratorios de la Universidad Manuela Beltrán.

Esta metodología consiste en: el desarrollo de las pruebas de laboratorio para la obtención del biodiesel en donde se van a desarrollar las siguientes pruebas:

- Pre tratamiento: eliminación de los residuos presentes en la muestra de grasa.
- Transesterificación: proceso en el que se convierte el aceite en biodiesel y glicerina.
- Decantación: separación del biodiesel y la glicerina.
- Filtración del biodiesel: eliminar impurezas que estén presentes en el biodiesel además se puede observar alguna alteración que haya resultado después de la obtención.
- Lavado de biodiesel: eliminación de las impurezas para obtener un producto de excelente calidad.

La segunda parte consiste en la caracterización del biodiesel.

- Determinación del índice de acidez: cantidad de ácidos grasos libres en la muestra, según la norma.
- Determinación de humedad: determina el contenido de agua presente en el biodiesel el cual debe ser mínimo para evitar daños en los motores al momento de su uso.
- Determinación de pH: la determinación del pH es necesario debido a que lo establecido en la norma es de 7 –neutro–.

### **Reactivos**

- Alcohol etílico.
- Hidróxido de sodio.
- Metanol anhídrido.
- Fenolftaleína
- Grasa animal –empella de cerdo–.

### **Materiales**

- Agitadores magnéticos.
- Termómetros
- Buretas de 50 ml
- Probetas
- Vasos de precipitados 250 a 600 ml
- Balones aforados.
- pH metro.
- Espátulas
- Soporte universal.
- Erlenmeyer de 250 a 500 ml
- Embudos de decantación de 250 ml
- Mortero
- Pipetas volumétricas.
- Balanza analítica.
- Desecador
- Planchas de calentamiento.



## 3 | Resultados y discusión

El proyecto aún no cuenta con resultados debido a que está en desarrollo, por lo cual, lo que se espera al culminar es la obtención del biodiesel a partir de grasa de cerdo con el fin de conocer cuál es la cantidad adecuada de NaOH; lo anterior, permitirá aumentar el rendimiento del proceso. El proyecto que se está desarrollando se hace con base en el trabajo realizado por Escobar & Molano, (2009), quienes establecieron unas recomendaciones para tener mayores resultados al momento de producir el biodiesel. Debido a esto y como autoras del presente proyecto, nos basamos en estas recomendaciones para conocer si el biodiesel a partir de grasa de cerdo es una alternativa viable como combustible amigable con el medio ambiente.

Además de conocer la cantidad adecuada de NaOH, también se espera usar un catalizador que ayude a neutralizar los ácidos grasos libres, y después, hacer que estos reaccionen permitiendo aumentar el rendimiento del proceso, donde se espera realizar una análisis fisicoquímico al biodiesel obtenido para saber si se puede realizar pruebas en motores de plantas de energía portátil a gasolina, lo cual nos permitirá conocer si el biodiesel obtenido puede llegar a ser usado en otros tipos de motores y si de alguna manera da algún aporte positivo al medio ambiente.

Al realizar pruebas en motores, se espera conocer la eficiencia que puede tener esta alternativa como combustible en comparación con un combustible fósil con esto se espera poder conocer los impactos que traería el uso de este combustible al ambiente ya sea positivo o negativo, además de conocer el costo beneficio de su fabricación y su uso.



## 4 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Al finalizar el proyecto, se espera determinar si el biodiesel, a partir de grasa de cerdo, es una alternativa viable y que pueda llegar a reemplazar los comúnmente combustibles fósiles utilizados aportando nuevas alternativas que puedan llegar a disminuir la liberación de emisiones en la atmosfera.

Así mismo, se busca conocer si esta alternativa es viable dependiendo de su costo beneficio al momento de la producción y cuales pueden llegar a ser los impactos al momento de su uso.

Este proyecto tiene varios campos en los que se puede aplicar y para los cuales se podría ir mejorando cada proceso de obtención los cuales permitirían tener mayores resultados, y de esta manera, tener mayores resultados con respecto al uso de la materia prima –grasa animal– y de los reactivos utilizados.



## Referencias Bibliográficas

Arboleda, C. (2011). Desarrollo del manual de desposte de cerdo para la empresa Carne Vally S.A. Caldas: (s.e).

Atilio, E. (s.f). Contaminación. Universidad Nacional de Catamarca. (s.c): Editorial Científica Universitaria, Área de ecología. Recuperado de <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/007-contaminacion.pdf>

Albert, L. (s.f). Contaminación Ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. (s.c): BIAM. Biblioteca Ambiental Nacional. Recuperado de <http://blogcdam.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2012/03/Contaminaci%C3%B3n-ambiental-origen-clases-fuentes-y-efectos.pdf>

Biodiesel Argentina. (2016). Historia del biodiesel. Recuperado de: <http://biodiesel.com.ar/historia-del-biodiesel>

Escobar, A., & Molano, H. (2009). Obtención de biodiesel a partir de grasa animal a escala de laboratorio mediante catálisis básica. Recuperado de: [http://unicornio.umb.edu.co/tesis\\_ambient/2009/18109%20E746.pdf](http://unicornio.umb.edu.co/tesis_ambient/2009/18109%20E746.pdf)

Ministerio de Minas y Energía y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Requisitos de calidad de biocombustible para motores diésel denominado biodiesel para mezclar con los biocombustibles diésel. Obtenido de <http://www.fedebiocombustibles.com/files/90963.pdf>

Lizana, D. (s.f ). ECODSARROLLO.CL. Obtenido de [http://www.ecodesarrollo.cl/descargas/Antecedentes\\_Biodiesel\\_D.pdf](http://www.ecodesarrollo.cl/descargas/Antecedentes_Biodiesel_D.pdf)



# 6 Bibliografía

Arroyo, M. (2008). Nuevas fuentes de energías para un futuro sostenible ¿petróleo caro o protección del medio? Barcelona: Universidad de Barcelona. Recuperado de: <http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/143.htm>

FedeBiocombustibles. (2016). Normatividad general de los biocombustibles en Colombia. Recuperado de: <http://www.fedebiocombustibles.com/v3/main-pagina-id-29.htm#OrigenBiodiesel>

Guerrero, C. (2014). La revolución de las energías limpias. Revista Universidad EAFIT, pp. 32-35.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2007). Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles. San José, Costa Rica: Agris Dewey.

- Nicklen, P. (s.f.). ¿Qué es el calentamiento global? Obtenido de <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/calentamiento-global-definicion>
- Pardal, A. C. (2012). Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites vegetales: nuevos métodos de síntesis. Recuperado de: [http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/326/TDUEX\\_2012\\_Pardal.pdf?sequence=1](http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/326/TDUEX_2012_Pardal.pdf?sequence=1)
- Radio Noticias Casanare. (2013). En el peligro reservas de petróleo y gas en país por falta de actividad exploratoria: Presidente de ACP. Recuperado de: <http://radionoticiascasanare.com/inicio/2016/05/13/en-peligro-reservas-de-petroleo-y-gas-en-el-pais-por-falta-de-actividad-exploratoria-presidente-de-acp/>
- Romero, W., & Salas, F. (Junio de 2013). Estudio del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir del aceite de palma en un reactor por lotes. Recuperado de: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1011/1/443-969-1-PB.pdf>
- Stratta, J. (2000). Biocombustibles: los aceites vegetales como constituyentes principales de biodiesel. Recuperado de: [http://www.bcr.com.ar/Publicaciones/investigaciones/biocombustibles\\_stratta.pdf](http://www.bcr.com.ar/Publicaciones/investigaciones/biocombustibles_stratta.pdf)
- Tovar, C., Benítez, L., Ortiz, Á., y Rodríguez, L. (2013). Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n36/n36a02.pdf>
- Vivas, A. (2010). Estudio y obtención de biodiesel a partir de residuos grasos de origen bovino. Universidad tecnológica de Pereira. (Tesis). Recuperado de: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2038/1/6626V856.pdf>



# **Representación mediática de la mujer, un estudio de sostenibilidad social**

---

***Media representation  
of women, a study of social  
sustainability***

**Kevin Enrique Molina Tavera  
Corporación Unificada Nacional de  
Educación Superior - CUN.**

## Resumen

Sobre la sostenibilidad social se ha escrito muy poco; sin embargo, es preciso indicar que no se refiere únicamente a la integración de diversos grupos sociales, sino también a la formulación de estilos de vida que aseguren la supervivencia de las sociedades a largo plazo. Para esto, la sostenibilidad social requiere actores, que además de formular políticas de integración, refuercen adecuados modelos de relación con el otro y los introduzcan en los patrones mentales de la sociedad. En este sentido, los medios de comunicación son quienes ejercen esta tarea a cabalidad, debido a que se han convertido en la industria pesada de este tiempo y pueden movilizar masas a su antojo, legitimar opiniones, decirle a la sociedad sobre qué debe hablar e implantar ideas infladas durante la construcción noticiosa. Entonces, resulta de gran importancia analizar el discurso mediática con el fin de formular modelos de representación que contribuyan a la sana convivencia.

## Palabras clave

Sostenibilidad social, medios de comunicación, representación mediática, mujer, modelos de sostenibilidad.

## Abstract

Very little has been written on social sustainability; however, it should be noted that it not only refers to the integration of various social groups but also to the development of lifestyles that ensure the survival of long-term partnerships. To this end, social sustainability requires actors that, besides formulating integration policies, also strengthen adequate models of relationship with others, and introduce these policies into the mental patterns of society. In this sense, the media are those who fully exercise this task, because nowadays, they have become a heavy industry and can mobilize masses at will, legitimate opinions, tell society what to talk about, and implement inflated ideas during news construction. So it is very important to analyze the media discourse in order to formulate models of representation that contribute to healthy living.

## Keywords

Social sustainability, media, media representation, woman, models of sustainability.





# 1 | Introducción

Aunque hasta la fecha no existe una definición consensuada de lo que es sostenibilidad social, Polese y Stren (2000), elaboraron una definición con base en los hallazgos realizados por la UNESCO a partir del proyecto Sostenibilidad social de las ciudades. La definición reza así: la sostenibilidad social involucra –políticas e instituciones que tienen el efecto de integrar diversos grupos y prácticas culturales de una manera justa y equitativa–. Si bien es cierto que esto parece ser una definición con poco sustento teórico, ha recibido escasas modificaciones gracias al bajo interés que han demostrado los investigadores en el tema.

Encadenada a esta definición, los empresarios en todo el mundo empezaron a concebir la sostenibilidad social como caridad, esas pequeñas donaciones que realizan a las poblaciones vulnerables, llevadas a cabo como un acto de responsabilidad social con fines de mercadeo y publicidad. Después la empezaron a considerar como filantropía corporativa y, poco a poco, se fueron alejando de esta definición hasta construir una que les caía como anillo al dedo: estas son «políticas que motivan el involucramiento comunitario y el desarrollo de las comunidades locales» (Taylor, 2003).

Sin embargo, unos meses antes, Harrys y Goodwin señalaron una definición más acertada a partir de un estudio realizado por Pricewaterhouse Coopers (2002): «un

sistema sostenible debe alcanzar justicia en la distribución y las oportunidades, adecuada provisión de servicios sociales, incluyendo salud y educación, equidad de género y participación, y responsabilidad política».

A pesar de ser más sólida, Harrys y Goodwin olvidaron incluir los procesos requeridos para alcanzar altos niveles de sostenibilidad social. Se debe indicar que los procesos son medios que condicionan el resultado y suelen ser más importantes que los resultados (Dillard, Dujon & King, 2010). Conviene citar un ejemplo: altas tasas de alfabetismo alcanzadas por una sociedad involucrada en la democracia puede ser más sostenible socialmente que iguales o superiores tasas de alfabetismo alcanzadas en un sistema autoritario. Aquí, prima el proceso sobre el resultado.

Como nadie se ha dado a la tarea de separar las dimensiones de la sostenibilidad social, el siguiente trabajo se elabora con base en un consenso de definiciones trabajadas desde varios seminarios académicos:

- Las instituciones que orientan la sostenibilidad social.
- Los legitimadores de la sostenibilidad social.

En sus intentos por hacer de Colombia un país cada vez más sostenible socialmente desde la equidad de género y la participación, las instituciones nacionales se han provisto de leyes que paulatinamente han reconstruido el tejido social. Desde 1954, cuando las mujeres obtuvieron derecho al voto, el desarrollo social ha propendido a la inclusión de las mujeres en cargos de decisión política. La Constitución de 1991 no solo reconoció la igualdad entre hombre y mujeres, sino también la obligación de garantizar la participación de la mujer en política y, recientemente, gracias a la Ley de Cuotas,

las mujeres hasta el 2014 ocupaban el 35,97% de cargos decisorios en el país y el 52,5% de puestos en entidades del Estado (Caballero, 2015).

Paralelo a la formulación de políticas de integración, las mujeres colombianas se enfrentan a un largo proceso de reconstrucción del tejido social donde tienen el reto de aunar esfuerzos para sanar las heridas que han dejado más de medio siglo de guerra interna, recordando que las mujeres son los actores más afectados del conflicto. La buena noticia es que las mujeres tienen 25 años de adelanto reconstruyendo ese tejido social (Cáceres, 2015); de ahí que algunas sean artistas con influencia a nivel mundial, deportistas, empresarias, profesionales con cargos públicos y privados, y demás.

Si bien es cierto que estas políticas han beneficiado notablemente a la mujer, los siguientes datos demuestran que aún hay camino por recorrer: Según el Centro de Referencia Nacional sobre Violencia (2015), en el país cada dos meses son asesinadas 126 mujeres y 2.631 acuden a los institutos para ser valoradas por un presunto delito sexual. En el marco de la violencia intrafamiliar, 6.269 mujeres son víctimas de violencia protagonizada por su pareja, 119 mujeres mayores de 60 años son agredidas físicamente y 1.482 reciben abusos de otros familiares. Las regiones con mayor cantidad de feminicidios son Valle del Cauca, Bogotá, Antioquia y la costa Atlántica.

Hasta aquí queda claro que el trabajo de las instituciones requiere de mayores esfuerzo, pero ¿y qué hay de los legitimadores de la sostenibilidad social? En este sentido, los medios de comunicación son quienes mayor éxito tienen en alinear, orientar, manipular, condicionar y alterar los procesos de sostenibilidad, debido a que poseen el poder de movilizar

masas a su antojo, legitimar las opiniones de las audiencias, decirle a la sociedad sobre qué debe hablar, e incluso, implantar en el inconsciente de los individuos ideas filtradas durante la construcción noticiosa (Ramonet, 2003). A esto se le llama representación mediática.

Van Zoonen, uno de los teóricos clásicos con más mención en los trabajos modernos, define la representación mediática como “una práctica social en la que las creencias y mitos actuales sobre las mujeres y sexualidad son (re)construidos” (1994, p.27). En su trabajo identifica dos conceptos claves: la distorsión y los estereotipos. Sobre la primera aclara que no se trata de que exista una realidad que se debe mostrar tal cual, sino que refiere al dominio del medio sobre el discurso. De estos últimos admite que sí existen construcciones de lecturas sobre las experiencias de las mujeres. Dice esto: «De acuerdo a las feministas, la mujer mediática creada sería:

1. Esposa, madre y cuidadora;
2. Un objeto sexual utilizado para vender productos al público masculino; y
3. Una persona que busca ser bella para los hombres» (Van Zoonen 1994, p. 67).

Trabajando con base en los aportes de Van Zoonen, Rivilla concuerda en que las formas de representación impacta el comportamiento de las mujeres. Ella lo explica así:

Cómo los medios representan la violencia contra mujeres es importante no solo porque las noticias moldean nuestra visión y comprensión del mundo que nos rodea, sino también porque afectan cómo vivimos nuestras vidas (...) Las noticias advierten a las mujeres sobre qué acciones y locaciones son inseguras, influyendo en decisiones sobre dónde ir, qué

usar, cómo actuar, cuán tarde volver. Nos habla de cómo la sociedad ve los actos masculinos de violencia dirigidos contra las mujeres, delimitando lo que pueda ser un comportamiento aceptable o inaceptable para hombres y mujeres (2012).

Esta construcción limitada de la identidad femenina que se realiza desde los medios contribuye en gran medida a impedir un desarrollo social sostenible. Por ello, las feministas reclaman a los medios la inclusión de imágenes «no distorsionadas» y «más realistas» de las mujeres, mostrando una variedad mayor de roles, perfiles y experiencias, y otras definiciones de feminidad aparte de las que apuntan a la sumisión, el cuidado, la disponibilidad y la complacencia. En palabras de Quesada:

Los medios de comunicación pueden contribuir a neutralizar muchas corrientes culturales promotoras de violencia, como el culto al “macho”, o la glorificación de la competencia, y a borrar los estereotipos y la estigmatización de grupos marginados. También pueden promover la igualdad entre los sexos. Los poderosos medios de comunicación tienen a su alcance la oportunidad de promocionar los valores altruistas, la dignidad de la persona, la compasión hacia el sufrimiento ajeno y el valor de la vida (2005).

En este sentido, la representación mediática está determinada y constituida por la identidad ofrecida en los medios –objeto de difusión o noticia– y la identificación mediatizada –interpretación y orientación de la opinión pública–. Los procesos de exaltación y marginalidad están contenidos dentro de las representaciones y son la base de la generación de estereotipos positivos y negativos (Sampedro, 2004).

En la costa Atlántica, el machismo ha tenido formas peculiares en su manifestación: se encuentra tanto en el hombre de letras como en el analfabeta, en la literatura, en la prensa, los dichos y en la cultura popular. Si bien es cierto que se han evidenciado gran transformaciones, cabe citar un ejemplo: El periódico El Porvenir de Cartagena, en su publicación del 10 de agosto de 1849, asegura tajantemente:

La mujer es inferior al hombre y ha sido criada para su ayuda y compañía (...) No ha sido criada la mujer para gobernar a los hombres, para regir la sociedad, para dominar los mares, para establecer y mantener la unión de los mundos, sino para una vida quieta y modesta entre ocupaciones domésticas bajo el mando amoroso del hombre.

Frente a esta publicación, resulta de gran importancia conocer el actual discurso de los medios colombianos para destacar avances y también retos a través de los cuales se pueda llegar al nivel de sostenibilidad social deseado. Además, convendría promover nuevas prácticas periodísticas que aseguren la sana convivencia y el respeto por la diversidad.



# 2 | Metodología

Para la investigación se aplica una metodología mixta (cualitativa y cuantitativa) según la procedencia de los datos. La técnica de investigación es la observación estructurada, o sistemática.

El período de análisis se circunscribe a seis meses –de abril a septiembre–, durante los cuales se identifican todos los textos de representación de la mujer en el Caribe colombiano publicados por el periódico El Tiempo en [eltiempo.com](http://eltiempo.com). La elección de este período guarda relación con el proceso de rutinización que ha experimentado la mujer en la prensa colombiana a partir de 1997, año en que se introdujo al ámbito político. Se considera que la fundación del periódico Femeninas en Pereira, a manos de María Rojas Tejeda en 1914, fue el suceso que marcó el salto definitivo de las mujeres hacia la agenda informativa de los medios.

Del universo total se selecciona un corpus de noticias para realizar un tratamiento exhaustivo. Esta selección se realiza siguiendo las propuestas de Quesada (2005, p.16), para señalar que las muestras más apropiadas son aquellas que se componen de días no consecutivos, pues una semana correlativa puede sobre representar determinados eventos. Un patrón adecuado para componer una muestra es escoger un día cada  $n$  días, siendo  $n$  una constante distinta de siete, para que no se repita el mismo día de la semana. Concretamente,

para representar períodos de meses completos, las muestras más adecuadas serían aquellas tomadas cada 6, 12, 18, 24 o 48 días.

Siguiendo estos patrones se elabora el corpus utilizando la constante 6 días, comenzando el 1° de abril de 2016 y continuando la selección de manera periódica hasta septiembre de este mismo año –la última muestra corresponde al 27 de septiembre de 2016–. Por consiguiente, el corpus se compone de material de los seis meses –entre cinco y seis días por mes– y de todos los días de la semana.

Para el análisis solo aplican las noticias como género periodístico que tienen la región Caribe colombiana como espacio de desarrollo –departamentos de Bolívar, Córdoba, Sucre, Cesar, Magdalena, Atlántico, La Guajira e Isla de San Andrés–, y han sido publicadas en las secciones de Colombia, política, economía, deportes y entretenimiento, debido a que en las demás secciones opinión, tecnosfera, vida y clasificados, no cumplen con los criterios del análisis.

En primer lugar, se emplea un tamiz periodístico (Anexo 1) por cada noticia que permite identificar aspectos que nos ocupan, como la categoría de edad, la cantidad de mujeres, las zonas geográficas, los estereotipos explícitos e implícitos, el nivel de educación, la ocupación, y algunos otros. Este tamiz periodístico se elaboró con base en aportes realizados por Marín (2012) en el que se incluyen únicamente características que se desean analizar, aunque en el presente proyecto ha sido ampliado por la rigurosidad del mismo. Los criterios bajos los cuales se seleccionan los datos de la noticia están orientados por un libro de códigos.

Cada una de las noticias del corpus se tabulan en un documento de Excel con los datos que suministran las diferentes variables que involucra el tamiz con el fin de obtener información cuantitativa y porcentajes gracias a la previa configuración del documento. Con base en esas variables y porcentajes se elaboran gráficos que serán incluidos en el artículo académico resultado de la investigación.

Paralelo a este tamiz periodístico se sigue una propuesta teórica metodológica sugerida por Browne, Carvajal & Salinas (2011), tres investigadores pertenecientes al proyecto Análisis Crítico del Discurso: la prensa sensacionalista en contextos culturales colindantes. El caso de Ajá en Perú y la Cuartilla en Chile, como matriz basada en el Análisis Crítico del Discurso (ACD) de Van Dijk.

El ACD se aplica de forma deductiva –global-local– para identificar aspectos formales y de significado (Van Dijk, 2003), a través de dos planos y cuatro niveles (Tabla 1):

Tabla 1. Aplicación del ACD a través de dos plano y cuatro niveles.

Plano significado / texto	1, Nivel de significados globales 2, Nivel de significados locales 2.1 De carácter implícito o indirecto 2.2 De carácter explícito o directo
Plano formal / texto-contexto	1, Estructuras formales sutiles 2, Nivel contextual

Fuente. Elaboración propia de los autores, a partir de Dijk, (s.f).

Para aplicar la matriz del ACD se toman dos noticias de forma aleatoria con un único condicionante: una de las noticias debe acuñar estereotipos positivos, y la otra, estereotipos negativos con el fin de decodificar los mensajes ocultos en los discursos del medio.



# 3 | Resultados

No existen resultados parciales debido a que la investigación está en curso.



# 4 | Conclusiones

No existen conclusiones parciales debido a que la investigación está en curso.



# 5 | Referencias Bibliográficas

Browne, R., Carvajal, J. & Salinas, R. (2011). Análisis Crítico del Discurso: la prensa sensacionalista en contextos culturales colindantes. El caso de Ajá en Perú y la Cuartilla en Chile. Chile: Correspondencias & Análisis.

Caballero, L. (2015). En Colombia se avanza en participación de la mujer, pero aún hay retos. Periódico El Tiempo. Colombia.

Cáceres, H. (2015). ¿Cómo reconstruir el tejido social después del conflicto armado en Colombia? Colombia: Red Territorios por la Paz.

Centro de Referencia Nacional sobre Violencia. (2015). Boletín epidemiológico. Información estadística de violencia contra la mujer. Colombia.

Dillard, J., Dujon, V. & King, M. (2010). The Postcarbon Reader. Managing the 21st century's sustainable crises. California, Estados Unidos: Post Carbon Institute.

Marín, E. (2012). La juventud samaria y su representación en los contenidos informativos del periódico Hoy Diario del Magdalena: entre la exaltación y la marginalidad. Santa Marta, Colombia: Universidad Sergio Arboleda.

- Polese, M., y Stren, R. (2000). The social sustainability of cities: diversity and the management of change. Totonto: University of Toronto Press.
- PricewaterhouseCoopers. (2002). Social Sustainability Survey Report. (s.c) (s.e).
- Quesada, M. (2005). Representación de la violencia contra las mujeres en la prensa española (El País/El Mundo) desde una perspectiva crítica de género. Barcelona, España: Universidad Pompeu Fabra. Recuperado de: [http://www.dissoc.org/recursos/tesis/Tesis\\_Vallejo.pdf](http://www.dissoc.org/recursos/tesis/Tesis_Vallejo.pdf)
- Ramonet, I. (2003). El quinto poder. España: Le Monde Diplomatique.
- Rivilla, L. (2012). Análisis crítico del tratamiento dela violencia contra las mujeres en los informativos televisivos. La proximidad al hecho. España: Universidad de Málaga.
- Sampedro, V. (2004). Identidades mediáticas e identificaciones mediatizadas. Madrid, España: Fundación CIDOB.
- Van Dijk, T. (2003). La multidisciplinariedad del análisis crítico del discurso: un alegato a favor de la diversidad. Métodos de análisis crítico del discurso. Barcelona: Gedisa.
- Van Zoonen, L. (1994). Feminist Media Studies. Sage, Londres.



# 6 | Bibliografía

Bell, A. (1991). The language of new media. Blackwell, Oxford.

Israel, E. (2004). Comunicación intercultural y construcción periodística de la diferencia en la iniciativa de Comunicación. Recuperado de: <http://www.comminit.com/la/node/149884>

# Anexo 1

TAMIZ PERIODÍSTICO															
REPRESENTACIÓN DE LA MUJER EN EL CARIBE COLOMBIANO A TRAVÉS DE LA AGENDA INFORMATIVA DE ELTIEMPO.COM															
DATOS DE IDENTIFICACIÓN															
Formulario No.						Fecha									
Investigador						Sección									
MACROESTRUCTURA															
I TITULAR															
1. Antetítulo		Tiene		1											
		No tiene		2											
2. Título															
Margin	1	Observaciones													
Exalta	2														
Ninguno	3														
3. Sumario		Tiene		1											
		No tiene		2											
Observaciones															
II DESARROLLO															
1. Categoría de edad		Sí		1		Niña		1. 1		2. Cantidad de mujeres		Una		1	
						Adolescente		1. 2				Dos		2	
						Joven		1. 3				Tres		3	
				Adulta		1. 4		Cuatro				4			
				Anciana		1. 5		Más				5			
3. Asociada (s) a estereotipo (s)		Positivo		1		4. Barrio / sector / ciudad / país									
		Negativo		2											
3.1.1y2 Estereotipo específico															
5. Educación		Analfabeta		1		6. Oficio u ocupación		Ama de casa		1					
		Bachiller		2				Independiente / A empresa		2					
		Profesional		3				Artista / Deportista		3					
		No indica		4				Otro / No indica		4					
III APOYO DE LA NOTICIA															
1. Fotografía		Sí		1		2. Infografía		Sí		1		Observaciones			
		No		2				No		2					

# **Sistema de tratamiento biológico de aguas grises**

---

***Biological treatment  
system for gray water***

**Diana Carolina Villamil Pasito  
Adrián Esteban Torres Rivera  
Universidad Manuela Beltrán  
Monika Cristina Echavarria Pedraza  
Universidad de La Salle**

## Resumen

Las aguas grises se producen mediante el desarrollo de actividades como lavar ropa, lavado corporal y lavado de manos; están compuestas por surfactantes –detergentes, jabones–, y en menor medida, por presencia de fluidos corporales, cabello, grasas e incluso materia fecal (Franco, 2007).

El vertimiento de estas aguas genera un desequilibrio en los ecosistemas acuáticos, causando eutrofización, por lo que en esta investigación se plantea como pregunta de investigación ¿cuál es la eficiencia del sistema de tratamiento biológico de aguas grises a implementar mediante el diseño de un prototipo basado en el uso de los microorganismos *Pseudomonas sp* y *Bacillus subtilis*? Así, se diseña e implementa un prototipo bajo condiciones de laboratorio en la Universidad Manuela Beltrán –sede Bogotá– con el fin de tratar este tipo de aguas para el reúso de las mismas; se implementaron microorganismos que degradan grasas, jabones y detergentes como lo son *Pseudomonas sp* y *Bacillus subtilis*, disminuyendo de esta manera la contaminación en los cuerpos hídricos.

Finalmente, se obtiene una eficiencia de remoción de detergentes y jabones en un 83,26%, para el sistema de tratamiento que contenía pool, en un periodo de 17 días.

## Palabras clave

Prototipo, aguas grises, detergentes, tratamiento biológico.

## Abstract

Gray water is produced by developing activities such as washing clothes, body wash, hand wash; they consist of surfactants (detergents, soaps), and to a lesser extent, by the presence of body fluids, hair, grease and even fecal matter (Franco, 2007).

The dumping of these waters creates an imbalance in the aquatic ecosystems, causing eutrophication, so in this research, the investigation question to be presented is: What is the efficiency of the biological graywater treatment system to be implemented by means of the design of a prototype based on the use of the microorganisms *Pseudomonas* SP and *Bacillus Subtilis*?, for this, a prototype is designed and implemented under the laboratory conditions at the University Manuela Beltrán, Bogotá, in order to treat this type of water, so it can be reused; in which microorganisms that degrade grease, soaps and detergents, as the *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas* sp were implemented. Reducing the contamination in bodies of water.

Finally, the removal efficiency of detergents and soaps is obtained in a 83.26%, for the treatment system containing pool, in a period of 17 days.

## Keywords

Prototype, gray water, detergents, biological treatment.





# 1 | Introducción

Las aguas grises son derivadas de actividades como lavar ropa, lavado corporal, lavado de manos y aquellas donde involucran higiene y aseo personal; compuestas principalmente por surfactantes dentro de los cuales se encuentran los detergentes y jabones; en menor medida hay presencia de fluidos corporales, cabello, grasas e incluso materia fecal (Franco, 2007). A la hora de realizar el vertimiento de este tipo de agua se genera desequilibrio en los ecosistemas acuáticos, ya que por medio de escorrentía e infiltración llegan a cuerpos de aguas subterráneos y superficiales, causando eutrofización. Por otro lado, este tipo de agua causa riesgos en la salud debido al consumo de alimentos que han estado en contacto con aguas grises e ingesta de las mismas sin previo tratamiento, además estas generan condiciones óptimas para la transmisión de vectores (Franco, 2007).

En cuanto al tratamiento efectuado en la planta de tratamiento de aguas residuales El Salitre de Bogotá (PTARS, 2010), no se involucra a un porcentaje amplio de la población, situación presente en gran parte del territorio nacional. Teniendo en cuenta que el consumo diario por habitante en la ciudad de Bogotá es equivalente a 76,32 L según la información aportada por el Concejo de Bogotá en 2013, lo que implica una sobrecarga y disposición final a los cuerpos fluviales de aguas residuales domiciliarias incluyendo las aguas grises.

Esta investigación surge para mitigar dicho impacto, en donde se diseñó un prototipo bajo condiciones de laboratorio, en la Universidad Manuela Beltrán –sede Bogotá– para el reúso de estas aguas en el cual se implementaron microorganismos que degradan grasas, jabones y detergentes, como lo son *Pseudomonas sp* y *Bacillus subtilis*.

Fueron escogidas estas cepas para esta investigación, debido a que degradan jabones y detergentes, según lo reportado en la bibliografía estudiada, así como los estudios previos realizados; por ejemplo, el estudio *Cuantificación de la remoción de detergentes convencionales en aguas, mediante biorremediación con microorganismos*, realizado por Murcia (2012), los microorganismos utilizados para este estudio corresponden a las cepas *Pseudomonas sp* y *Bacillus subtilis*, los cuales demostraron adaptabilidad al medio, empleando el detergente como fuente de carbono para el crecimiento microbiano.

El prototipo consto de un tratamiento biológico de acuerdo a su composición basada en surfactantes, grasas, cabello, orina y material fecal en pequeñas proporciones, se realizó una caracterización fisicoquímica en la que se involucró parámetros como turbidez, conductividad, pH, sólidos totales disueltos (TDS), oxígeno disuelto, y concentración de surfactantes (SAAM). Además se determinó la presencia de coliformes en las muestras de aguas grises procedentes de lava manos, lavadora y regadera colectadas en la vereda Recodo Guaymaral al noroccidente de la ciudad de Bogotá. Por lo tanto el resultado final del tratamiento a efectuar consiste en disminuir el impacto que dichas aguas causan al medio ambiente.



# Objetivos

## 2.1 Objetivo general

Implementar un sistema de tratamiento biológico para aguas grises, bajo condiciones de laboratorio mediante el diseño de un prototipo.

## 2.2 objetivos específicos

- Diseñar un prototipo para el tratamiento de aguas grises a través de los microorganismos *Pseudomonas* sp y *Bacillus subtilis*.
- Caracterizar la muestra conformada por aguas grises tanto en el afluente como efluente del sistema de tratamiento.
- Evaluar la eficiencia de remoción de jabones, detergentes y tratamiento de aguas grises por el prototipo.



## 3 | Metodología

La presente investigación es de carácter descriptivo con un enfoque cuantitativo, debido a que se determina los valores de remoción de jabones, detergentes.



## 4 | Métodos

### 4.1 Muestreo

Las muestras de agua procedentes de lavadora, regadera y lava manos provienen de un domicilio de estrato dos ubicado al noroccidente de la ciudad de Bogotá D.C, en la UPZ de Guaymaral. Se recolectan y se preservan según lo estipulado por el RAS 2000 (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico).

Las muestras de aguas grises son de tipo compuesto, puntual y se efectúan de manera manual.

Como muestra compuesta debe entenderse la «sucesión de alícuotas recolectadas en un mismo punto en diferentes intervalos de tiempo» (Ministerio de Desarrollo Económico,

2000). Puntual: «tomada en un punto al azar para posteriormente realizar un análisis tanto *in situ* como *ex situ*» (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000); y manual: «no se requiere de equipos ni instrumentos automáticos» (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Posteriormente, se determinó los parámetros de turbidez –Turbidímetro HANNA–, STD, pH –pH metro HANNA–, conductividad –Conductímetro HANNA– y oxígeno disuelto –Oxímetro HANNA–, a nivel fisicoquímico, de forma *ex-situ*, y a nivel microbiológico, se realizaron siembras en EMB –eosina azul de metileno–, XLD –Xilosa, Lisina, Desoxicolato–, Violet Red Bile (VRB).

## 4.2 Elaboración de los prototipos

Se realizan cuatro prototipos para el tratamiento de aguas grises, con medidas de 11,5 cm de diámetro y 54 cm de alto cada uno; tres de los cuatro prototipos constan de varias secciones: malla, siendo este un elemento que permite retener sólidos suspendidos; en seguida hay un compartimiento donde se encuentra la muestra de agua en contacto con los microorganismos *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas sp*, con el fin de que estas cepas degraden el jabón y detergentes presentes en la muestra, posteriormente cuenta con una capa de (Antracita + Arena), el otro prototipo corresponde a la atenuación natural.

## 4.3 Determinación de eficiencia

Referente al porcentaje de remoción de sólidos suspendidos, detergentes y jabones, se determinaron y registraron valores

para el afluente y efluente de los parámetros de turbidez (UNT) y Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) (mg/l), respectivamente.

En cuanto al parámetro de turbidez, se determinó la eficiencia mediante la ecuación propuesta por el RAS 2000:

$$\text{eficiencia (\%)} = \frac{(\text{Turbiedad (afluente)} - \text{Turbiedad (efluente)})}{\text{Turbiedad (afluente)}} * 100$$

# 5 | Resultados

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica ex situ de agua gris compuesta por agua de lava manos, lavadora y regadera.

Muestra inicial-parámetros fisicoquímicos ex situ	Valor
Turbidez (UNT)	798,00
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	915,67
STD (ppm)	377,00
Oxígeno disuelto (ppm)	3,96
Oxígeno disuelto (%)	47,57
PH	7,77

Fuente. Elaboración propia de los autore, (s.f).

Tabla 2. Microorganismos presentes en la muestra de aguas grises procedentes de lavamanos, lavadora y regadera

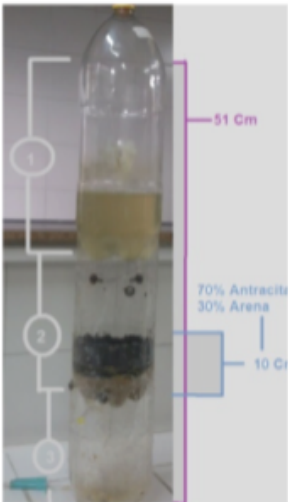
Medio	MICROORGANISMOS
VRB	Coliformes fecales
XLD	Salmonella
EMB	E. coli

Fuente. Elaboración propia de los autores, (s.f).

### 5.1 Diseño de prototipos

Figura 1. Prototipo para el tratamiento de aguas grises

- Comportamiento biológico (1)
- Segundo compartimiento (2)
- Sección de desinfección (3)



Fuente. Archivo de los autores, (s.f).

Tabla 3. Eficiencia de remoción de detergentes y jabones, según los datos registrados mediante la prueba colorimétrica, prueba SAAM

Prototipo	Remoción de surfactantes (%)
Poll	83,25525526
B-subtillis	83,06306306
Pseudomona sp.	81,76576577
Control	45,72972973

Fuente. Elaboración propia de los autores, (s.f).



## 6 | Discusión

Las aguas grises de tipo residual se caracterizan por contener surfactantes, rastros de materia fecal, porciones de orina y vellosidades, por lo cual requieren tratamiento para ser empleadas en sistemas de riego y programas de reutilización (Allen, 2015). En un principio, sus condiciones de heterogeneidad de acuerdo a los hábitos culturales y estratificación social en cuanto a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos han conllevado a una difícil estandarización de este tipo de agua; por ello, al realizar la respectiva caracterización fisicoquímica de una muestra problema extraída de un domicilio de estrato dos, se evidenció valores superiores de conductividad respecto a la turbidez donde la presencia de iones como fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ), Sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) y oxígenos de nitrógeno relacionados con el contenido de agentes tensoactivos representa una composición alta de fracciones con tamaño inferior a  $5\text{ }\mu\text{m}$ , es decir presencia de Sólidos disueltos superior a la concentración de sólidos suspendidos (Franco, 2007).

En cuanto a la contaminación fecal reflejada por la presencia de coliformes como *E.coli*, *Salmonella* y *Shigella*, a partir de los medios de cultivo selectivos EMB y XLD respectivamente, se observó la supervivencia a condiciones de estrés, incidencia en el intestino del hombre, alta duración de vida en ambientes húmedos y productos alimenticios y desarrollo a temperaturas entre  $8^\circ\text{C}$  y  $45^\circ\text{C}$  (Aguilar & Escolástica, 2003). Por lo tanto,

en el afluente o flujo de entrada los valores de absorbancia son asociados con la concentración celular, en base a la turbidez y la reducción de la luz de transmitida (Díaz, 2011).

Ahora bien, la cepas implementadas para la degradación de agentes tensoactivos como *Pseudomonas sp* y *Bacillus Subtilis*, lograron en 17 días remoción de solidos suspendidos superiores al 86% para un flujo inicial con turbidez equivalente a 798 UNT aproximadamente, como resultado de la presencia de plásmidos catabólicos encargados de transformar estructuras complejas en sencillas mediante la actividad enzimática para degradación biológica de agentes tensoactivos como alquisulfonatos lineales (LAS) (García & Guerrero, 2004).

Así mismo, la remoción de jabones y detergentes, se evidenció mediante la reducción de surfactantes a partir del cambio presentado entre el flujo de entrada y salida a causa del tratamiento biológico, donde la mayor eficiencia se logró en el consorcio integrado por los microorganismos *Bacillus Subtilis* y *Pseudomonas sp* debido a las habilidades metabólicas, cooperación entre poblaciones microbianas, comunicación entre cepas bacterianas mediante la transferencia de metabolitos, intercambio de señales moleculares y adaptación al medio; por su parte, en cepas individuales las comunidades no lograron superar períodos con límites en nutrientes, situación reflejada en la medición de densidad óptica (Salazar & Sánchez, 2011).



# 7 Conclusiones

- La muestra de agua posee, en el afluente, un pH de 7 a 8; presenta turbidez superior a 200 UNT y a nivel microbiológico se encuentran cepas de E.coli, Coliformes fecales y Salmonella
- Se diseñó un prototipo con tres compartimientos – biológico, lecho filtrante compuesto por arena + antracita, y desinfección– para el tratamiento de aguas grises.
- El prototipo con mayor eficiencia de remoción de jabones y detergentes, corresponde al que contenía pool en el comportamiento biológico, con una eficiencia de 83,26%.
- Respecto al parámetro de turbidez, se obtiene una eficiencia de remoción de 86%, para el prototipo que contenía el consorcio.



## Referencias Bibliográficas

Franco, M. V. (2007). Tratamiento y reutilización de aguas grises. Recuperado de: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104596/franco\\_m.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104596/franco_m.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

PTARS. (2010). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). El Salitre. Recuperado de: [http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/resources/PTAR/guia\\_concPTARSalitre.pdf](http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/resources/PTAR/guia_concPTARSalitre.pdf)

Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Recuperado de: [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710\\_ras\\_titulo\\_e\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf)

Murcia, Y. J. (2012). Cuantificación de la remoción de detergentes convencionales en aguas, mediante biorremediación con microorganismos. (s.c) (s.e).

# Procesos sociales y culturales en la significación del borde urbano

*Social and cultural  
processes in the urban  
edge significance*

**María Camila Castellanos Escobar  
Marielena Medina Ruiz  
Kelly Johanna Perilla Agudelo  
Fabián Adolfo Aguilera Martínez**

**Grupo de Investigación  
HÁBITAT SUSTENTABLE Y DISEÑO INTEGRATIVO  
Semillero de investigación  
IMAGINARIOS SOCIALES Y REPRESENTACIONES  
Universidad Católica de Colombia. Bogotá (Colombia)  
Facultad de Diseño. Centro de investigación CIFAR**

## Resumen

Los procesos excesivos de urbanización y la falta de control en los fenómenos de expansión de ciudad, son consecuencia para que hoy las ciudades sean ocupadas de manera irregular sobre los bordes periurbanos; incidencia de marginalidad y condiciones de inhabitabilidad. Estos lugares son escenarios sin un significado, un imaginario e imagen que pueda ser propia de quien habita el territorio, convirtiéndose en extensiones de tierra sin dolientes, sin apropiación y de un desarraigo comunitario. Significar el territorio, es decir, darle propiedad a ese lugar, es una tarea que, desde el diseño como estrategia, puede lograr estímulos de pertenencia, interés por el lugar que se habita; pero sobretodo, la creación de una nueva imagen colectiva de ese escenario que se convierte en el barrio, un laberinto de significados e imágenes urbanas que, desde la historia, puede recuperarse como identidad colectiva. Aquí se manifiesta cómo el ejercicio del diseño urbano centrado en la persona, dentro de estos espacios patrimoniales naturales que han sido ocupados a la fuerza, pueden recuperarse desde el carácter de la vinculación y el empoderamiento.

## Palabras clave

Comunidades vulnerables, diseño participativo, patrimonio natural, imaginario urbano, límite urbano.

## Abstract

The Excessive urbanization and lack of control in the city expansion phenomena are accordingly so that today cities are occupied irregularly on the “peri-urban” edges; incidence of marginalization and uninhabitable conditions. These places are scenarios without meaning, and an imaginary image that can be of someone who inhabit the territory, becoming tracts of land without suffering, without a community ownership and rootlessness. Mean the territory, that is, give property to that place, it is a task that, from the design as a strategy, you can achieve membership stimuli, interest in the place it inhabits; but above all, the creation of a new collective image of that scenario becomes the neighborhood, a maze of meanings and urban images from history, can be recovered as collective identity. Here it is manifested as urban design exercise centered on the person, within these natural heritage sites that have been occupied by force, can be recovered from the nature of bonding and empowerment.

## Keywords

Vulnerable communities, participatory design, natural heritage, urban imaginary, urban limit.





# 1 | Introducción

Este proyecto, como resultado de investigación, hace parte del proceso desarrollado al interior del semillero de jóvenes investigadores “Imaginarios Sociales y Representaciones”, de la Facultad de Diseño de la Universidad Católica de Colombia; espacio de reflexión alrededor de temas de ciudad, su imaginario y apropiación sobre casos de estudio en el borde periurbano.

El contexto propio para hablar de significación sobre el borde urbano, se asocia a la necesidad de reconocer los escenarios de apropiación sobre el territorio; zonas que, por su marginalidad y segregación, han sido lugares con deficiencia en términos de calidad de vida refiere. La significación está asociada a la imagen mental, al concepto de idea que se representa desde la identidad, los procesos culturales, los signos propios del espacio y lugar; códigos que enmarcan y que yacen en la ocupación del territorio (Pergolis, 1995).

Hablar de significación sobre el espacio, es tener presente conceptos propios como son el significado y el significante. El primero asociado a la realidad desde la representación de la cosa, es el concepto de la idea y la imagen que desde el signo va entendido desde sí mismo, desde la misma idea de la imagen. El significante es la parte sensible a través de los sentidos, es la materialidad del signo, desde su naturaleza física, es lo que hablamos, vemos o leemos, quizás, es el objeto o la imagen (Barthes, 1993)

La transformación del espacio a través del tiempo ha demostrado que las ciudades parten desde asentamiento sea formal o informal organizan el territorio; el urbanismo como disciplina, dentro de las ciencias sociales, se encarga de analizar y estudiar el comportamiento humano, dentro del territorio, la organización en comunidades y la apropiación del entorno. Como consecuencia de estos procesos de urbanización, es evidente el crecimiento de la población urbana en el siglo XX, transformando las ciudades desde dimensiones funcionales –infraestructura–, condiciones socio económicas y ambientales. Conocer la historia de un lugar brinda la posibilidad de reconocer un periodo de memoria, unos imaginarios sociales, las representaciones individuales y colectivas; permite entender, además, los procesos socioculturales que trascienden en la vida actual.

Podemos entonces, con lo anterior, reconocer las posturas de Abramo (2013) quien desde sus criterios de ciudad afirma que debemos orientar nuestras preguntas de investigación a relacionar el ¿de dónde vengo? y ¿a dónde voy? Cobran relevancia e importancia en el trazado de una urbe y al mismo tiempo están cargadas del significado. También, reconocer que si se observa cómo se vive la ciudad y como esta sufre procesos de mutación con el tiempo, es posible comprender como el crecimiento demográfico y económico en un territorio urbanizado donde la cotidianidad de la población es acelerada, genera fenómenos físico espaciales cambiando la forma de la ciudad; sus imágenes, iconos y signos, van generando espacios y concentraciones con distintas actividades propias al lugar que se habita (Pergolis & Moreno 1998).



## Escenarios urbanos desde el fenómeno sociocultural, un problema de expansión urbana

El crecimiento de las ciudades surge principalmente de las necesidades que van apareciendo sin realizar una planeación de la ocupación del espacio, esto trae consigo el crecimiento informal y descontrolado en las periferias de la ciudad. Aunque es bien sabido, que la función del urbanismo se orienta al diseño de ciudades funcionales y en condiciones de habitabilidad, también esta direccionada al diseño del espacio, propicios para incrementar la interacción, que permiten experimentar, reunirse y realizar actividades cotidianas y al mismo tiempo poder recordar su historia y orígenes, activando el imaginario. Entonces, el contacto, el intercambio y la comunicación entre organismos resulta ser vital para el desarrollo de una ciudad puesto que permite un control y regularización del estilo de vida de esta (Delgadillo, 2013).

La expansión de las urbes es cada vez más preocupante, pues la ciudad no puede ir extendiéndose en el territorio sin controlar sus límites por lo cual genera problemáticas en la calidad de vida de los habitantes, produciendo mayor deterioro, degradación social y física, contaminación y un crecimiento desmesurado en el consumo creando un déficit ecológico y económico, que es generado por una nula planificación de infraestructura y servicios que se ha manifestado en la creación de sectores fragmentados sin ningún tipo de articulación con

la ciudad. Razón por la cual estas agrupaciones ubicadas en la periferia de la ciudad, las llamadas urbanizaciones ilegales resultan ser comunidades vulnerables, en donde un grupo de personas presentan capacidades disminuidas de hacerle frente a conflictos de diversos caracteres; los procesos de urbanización descontrolada como resultado evidente, ha sido el resultado del agotamiento de las zonas naturales y de suministro agrícola, transformando la condición de un suelo natural y productivo, a un uso del suelo netamente urbanizado, inhabitable, ineficiente y para nada equitativo (Dubau, 2013).

Es por ello, que podemos relacionar a nuestras ciudades latinoamericanas como verdaderas urbes que se enmarcan al modelo de ciudad difusa ; un escenario de ruptura de relaciones de quienes allí habitan, su forma de crecer de manera dispersa y muchas veces desordenada, fomenta esta situación, fundamentándose de manera insostenible por el gran coste frente a los recursos y tiempo que necesita ella como sus habitantes para suplir las necesidades de calidad de vida. De esta forma genera la aparición de diversos asentamientos hacia las periferias que por su falta de conexión y vinculación con la urbe nunca logran constituir un atisbo de ciudad, dando origen a las urbanizaciones ilegales, que resultan ser autoasentamientos organizados por accione comunitarias fuertes que a medida que crecen van generando mayor sentido de pertenencia frente al lugar incrementado y acelerando el proceso de consolidación y adaptación (Rueda, 1997).

Las personas constituyen su hábitat y lo viven con las diversas vulnerabilidades, carencias y desequilibrios, afectados por las dinámicas sociales, culturales, físico-espaciales y ambientales, reflejado en las adaptaciones de las poblaciones en la construcción de nuevas formas de habitar», tal como lo expresa García (2013). Estas comunidades

vulnerables, que se encuentran en condiciones precarias de habitabilidad, en cuestiones de calidad de vivienda, hacinamiento, problemas económicos, no logran satisfacer las necesidades por lo tanto resulta indispensable conocer las razones culturales y sociales de quienes habitan estas para así lograr plantear en ellas soluciones. Así, mediante un proceso de sensibilización y percepción, el conocer nuestras raíces e historia para la construcción de la identidad y convivencia, considerando condiciones de equidad y seguridad, a mira de satisfacer las necesidades de sus habitantes de manera sustentable.

Es justo reconocer que las sociedades humanas son asombrosamente complejas, las instituciones sociales son entidades dotadas de finalidad y propósito, entendiendo esto, es como podemos imaginar y proponer cambios que hagan las instituciones más eficientes en el logro de los fines socialmente deseables Mas allá del bienestar de la renta básica de la ciudadanía como innovación social basada en la evidencia. Es así, que para poder generar una sucesión de aprovechamiento del lugar y a su vez sea una adecuada respuesta a las problemáticas del contexto, resulta imperante crear vínculos con el lugar habitado y que en ellos encuentren todo aquello que permita satisfacer las necesites que surgen de sus individuos. También, es importante determinar con la mayor claridad posible cuales son los fines que la sociedad desea alcanzar, mediante qué modelo de sistema institucional se propone hacer, a que sistema de instituciones reales da lugar y cuáles son sus logros y objetivos, para de esta forma facilitar el cambio social positivo (Palleja, 2006).

Tomamos entonces como orientación, los conceptos dentro del desarrollo de las acciones urbanas, que planean dar orden a la ciudad, a través, de la conformación de la estructura

urbana, asumiendo este criterio, como soporte conceptual al desarrollo de la presente investigación, en donde el conjunto de relaciones distintas que componen la ciudad, nos llevan a buscar líneas orientadoras al diseño de comunidad y significación del habitar en las zonas periféricas de la ciudad, lo que comúnmente lo llamamos el borde periurbano.

Cabe preguntarse entonces ¿cómo las dinámicas culturales de la población permiten el desarrollo y la reactivación de los bordes en la ciudad? Dando como respuesta la necesidad de crear un modelo que permita concebir un aumento de la complejidad de sus partes internas que es la base para obtener una vida social cohesionada y una plataforma económica competitiva, al mismo tiempo que se ahorra suelo, energía y recursos materiales y se preservan los sistemas agrícolas (Rueda, 1997).



# 3

## Metodología para la significación del borde urbano, escenario de apropiación y arraigo

Ir de un lugar a otro, realizar actividades en los planos cardinales del territorio, viajar, moverse, caminar, pensar y soñar, permite a quién habita el lugar, estar dentro de un estado de conciencia quizás para entender, quienes somos y de qué y quienes estamos rodeados. Es rutina cotidiana de quién habita la ciudad, un territorio en constante transformación.

Es necesario entonces, reconocer la relación existente en la construcción de los conceptos de hábitat y vulnerabilidad a partir de las relaciones estructurales que el ser humano teje con su entorno (Palleja, 2006). Se afectan los diferentes espacios sociales como lo son la construcción de identidad, la convivencia, la equidad y seguridad de los habitantes del sector, pero especialmente de los niños y jóvenes quienes no se enteran de lo que pasa en la sociedad y no sienten la curiosidad por los diversos problemas políticos, económicos, sociales y culturales. Como consecuencia son evidentes las problemáticas que afectan el entorno e integridad física, todo esto porque se adquiere un imaginario distinto de la realidad y tienden a emprender un viaje en busca de su identidad basada en sus vivencias y de un pasado que muchas veces es ajeno.

Es evidente que en las comunidades vulnerables, ubicadas en los bordes de la ciudad, se presenta una pérdida de identidad; un escenario de trabajo relevante para poder actuar, por lo tanto, para intervenir en estos territorios

denominados disadvantaged neighborhoods, es indispensable hacer uso del «diseño participativo centrado en la persona». Metodología de trabajo con comunidad, para escuchar, crear y materializar. En estos territorios, donde el índice de exclusión social y segregación, además de la marginalidad es considerablemente alto; el incrementar el desarrollo de las relaciones de apropiación e interpersonales, donde el arraigo asume un papel importante y donde mediante el trabajo con la población vulnerable, entre sus mismos, los jóvenes, se puede implementar el diseño para la especialización de un nuevo territorio, donde espacios complementarios pueden favorecer la educación abierta y acompañada, fomenta los encuentros ciudadanos, a través del contacto y la palabra, como significado.

### **3.1 Del trabajo del diseño centrado en la persona**

Con el fin de mejorar el desajuste y desarrollo inadecuado de las capacidades de los jóvenes y niños que les impide aprovechar la estructura de oportunidades de integrarse socialmente provocando mayor exclusión y marginación; se propone desarrollar un plan de emprendimiento desde una innovación social con el fin de crear escenarios que permitan brindar calidad de vida, empoderamiento y generar un vínculo con esta comunidad vulnerable. Para esto resulta fundamental abordar tanto a la comunidad como a su problemática desde una mirada socio-cultural, para de esta forma transformar las dinámicas sociales de la comunidad preservando la memoria colectiva y las tradiciones propiciando la creatividad y expresión artística. Esto debido a que la historia no es todo lo pasado, pero tampoco lo que queda del pasado, si se quiere junto a una historia escrita, se encuentra una historia viva

que se perpetúa o renueva a través del tiempo (Halbwachs & Lásen Díaz, 1995).

Para generar equilibrio social en estas comunidades vulnerables, los niños y jóvenes necesitan recordar quienes eran, quienes son y redescubrir quienes quieren llegar a ser en su territorio, sin dejar de pensar en el territorio ajeno. Es así como mediante la creación de un escenario de alto impacto que sea capaz de proveer a los jóvenes herramientas necesarias para crear procesos de transformación generando una cadena de actividades de sensibilización y percepción del entorno en el que viven; a partir de la implementación de talleres participativos para adolescentes se plantea el reconocimiento del hábitat en que viven, es decir reconocer en primera instancia los valores de la familia el entorno para reconocer los diferentes valores personales. Constituyendo de esta forma un hábitat sustentable donde sean capaces de fortalecer la identidad mediante espacios urbanos que fomenten la integración y la interrelación. Por lo tanto, el desarrollo de los espacios urbanos además de permitir la reunión, da la posibilidad de facilitar la individualidad de cada ser para así crear su propia visión de donde se encuentra. (Aguilera Martínez & Bolaños Palacios, 2014)



# 4 | Resultados iniciales del proceso

## 4.1 De la construcción de la memoria colectiva desde el diseño centrado en la persona

Dentro de los procesos de ocupación y de expansión que la ciudad mantiene constante, se vinculan a menudo distintos agentes, quienes deben participar junto a la comunidad en el proceso de diseño del territorio; aquí como resultante, se manifiesta el desarrollo económico y social del lugar, además de elementos propios como la valorización, el efecto de mejoramiento y aumento de elementos en términos de calidad de vida.

Para la validación de la investigación y de los procesos propios de apropiación social y circulación de conocimiento, además de la responsabilidad social, este proyecto se vinculó al Programa Institucional Yomasa de la Universidad Católica de Colombia; su objetivo general debe ser un espacio a contribuir a la recuperación de la dignidad, restablecer valores, fortalecer autonomía y desarrollar propuestas sustentables en personas que viven en situación de fragilidad social (Figura 1).

Figura 1. Borde periurbano de Gran Yomasa en la localidad de Usme – Bogotá



Nota. Territorio que hoy es ocupado por población desplazada por el fenómeno de violencia.

Fuente. Archivo propio de las autoras.

Como caso de estudio, se identificó el sector de Gran Yomasa zona de interacción entre los causes de las quebradas Bolonia y Yomasa, abajo del parque Entre Nubes, en sectores como Tocaimita y Compostela. Gran Yomasa, es una de las zonas más densas y más poblada en términos de urbanización irregular, se encuentra en la periferia sur de la ciudad de Bogotá; se concluye entonces, desde los análisis diagnósticos que el sector es vulnerable a las manifestaciones sobre el ambiente, la condición ecológica, la fragilidad social, el desarraigo y falta de pertenencia sobre el territorio por la condición de borde de ciudad y la no atención en términos de prioridad por el Distrito (Figura 2).

Figura 2. Signos y códigos territoriales y de localización de población infantil en el territorio.



Fuente. Archivo propio de las autoras.

Resulta imperativo elegir puntos estratégicos del barrio. El fundamento del imaginario y la significación del territorio está en la selección de “códigos y signos”, que las mismas personas eligen y representan dependiendo de la importancia y relevancia que establecen sobre el territorio; el imaginario colectivo como imagen, como espacio y lugar estará condicionado como fenómeno de significación. Los objetos, imágenes y espacios vinculan su actividad y pertenencia sobre el territorio. El ejercicio con la población, en este caso con la comunidad infantil, parte de los procesos de reflexión y sensibilización sobre la realidad del territorio y la necesidad de reconocer el problema como oportunidad. Un espacio para escuchar y dialogar, centrados en el tema medio ambiental «reconocer mi barrio como ecosistema» y excusa para generar vínculos de confianza en materia de emprendimiento (Figura 3).

Figura 3. Espacio de sensibilización con comunidad. Grupo de jóvenes de Gran Yomasa.



Fuente. Archivo propio de las autoras.

También, validar los signos y códigos que tienen de su territorio, los espacios seguros, las zonas que evitan, orientando el pensamiento inducido a la construcción de escenarios como puntos estratégicos enfocados a impulsar actividades para generar conciencia de las cuatro problemáticas fuertes resulta ser la prioridad. Esto con la finalidad de enseñar técnicas e incentivar la importancia de aprender a emprender a la juventud desde la pedagogía, para así crear relaciones fuertes y crear espacios públicos que se sientan como un hogar incrementando la interacción social, el arraigo y el empoderamiento. Por lo que impulsar actividades económicas que mejoren la condición de vida y al mismo tiempo fomentar la recuperación de los parques como lugares de estancia es una responsabilidad conjunta. Es aquí donde vemos la gran importancia de generar espacios basados en la temporalidad, es decir espacios basados en la temporalidad, es decir espacios cargados de significación capaces

de perdurar cronológicamente, que cambien la trascendencia del entorno sin olvidar su origen y procedencia (Figura 4).

Figura 4. Reconocimiento del imaginario del territorio. Grupo de jóvenes de Gran Yomasa.



Fuente. Archivo propio de las autoras.



# 5 Conclusiones y reflexiones

Los habitantes constituyen un potencial invaluable para asegurar un hábitat popular más estable y con mejores condiciones de habitabilidad de manera que brinde a las personas una existencia digna y segura, pero esto no es fácil de conseguir, la concientización y la capacitación constante deberían estar acompañadas de mecanismos de vigilancia y control que aseguren al menos el mantenimiento de las condiciones logradas en este tipo de intervenciones (Moncada, 2006). La ciudad está cargada de historia, en ella cada lugar tiene una importancia en el tiempo y es esta la que permite comprender el valor de la misma. Es de esta forma como los bordes deben estar encaminados a permitir la fluidez y convergencia de información, entendida esta no solo como las nuevas tecnologías y estrategias de crecimiento previstas si no como la identidad cultural de cada lugar en específico.

El empoderamiento ciudadano puede ser el resultado de consolidar espacios defendibles, zonas seguras, vigiladas, activas, con dinámicas integradas al espacio público, donde verdaderamente se construye el sentido de ciudad, por lo que se puede ver que los espacios que son apropiados por las comunidades se encuentran llenos de identidad, donde los miembros se sienten pertenecientes aumentando los vínculos afectivos y sociales entre los integrantes (Gehl, 2009). Entonces, para incentivar el sentimiento de arraigo es importante transformar el imaginario colectivo de los habitantes del sector, por lo que la realización de adecuadas intervenciones que permitan transformación de lugar pareciera ser la respuesta frente al olvido

y deterioro del sector. De esta forma se pretende que el borde sea constituido como articulador de la comunidad, que permita y fomente la inclusión, solidaridad y a su vez la apropiación. Así, mediante una arquitectura que lidere la humanización del borde se reestablecerán los flujos naturales y sociales (Escovar, 2011) interviniendo el lugar, el espacio saliendo del estándar de arquitectura social y empezar a generar arquitectura humanizada.

El objetivo de formular un proyecto de significación y de memoria desde la participación comunitaria, que permita descubrir el interés y la capacidad de la comunidad por construir un territorio desde las experiencias significativas en contexto de borde urbano, debe seguir orientado al desarrollo de una serie de actividades que permitan el acercamiento a la comunidad, si bien, caracterizar y entender los significados desde la memoria, que la comunidad tiene de sus experiencias al habitar el territorio y los fenómenos de ocupación irregular de las comunidades sobre el borde urbano, permite definir ciertas estrategias, también es importante generar estas desde la participación comunitaria, permitiendo así, crear espacios significativos para la construcción de contexto de memoria en experiencias cotidianas y arraigo sobre el territorio.

Mediante un adecuado acercamiento con la comunidad el proyecto Procesos sociales y culturales en la significación del borde urbano, impulsa la dinámica social del sector es importante conocer las experiencias de cada integrante, por lo que la implementación de un taller de intercambio de vivencias es el primer paso para lograr identificar el imaginario social e historia, y así desarrollar actividades de capacitación encaminadas a la cultura del emprendimiento para que los jóvenes logren identificar hasta donde son capaces de llegar, acrecentando sus capacidades de creatividad e innovación para que de esta forma estén en la capacidad de autoabastecerse y fomenten la sustentabilidad en su comunidad.



# 6

## Referencias Bibliográficas

Aguilera Martínez, F., & Bolaños Palacios, A. (2014). Caracterización del modelo de aprendizaje a partir de laboratorios de diseño con énfasis en factores sociales. Universidad Católica de Colombia, *Revista de Arquitectura*, 1(18), 26-37.

Barthes, R. (1993). *La aventura semiológica*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.

Delgadillo, V. (2013). *Hábitat popular en la ciudad de México: entre la producción habitacional masiva y la exclusión social*. En: Los lugares del hábitat y la inclusión. Quito: Rispergraf, pp.123-143.

Dubau, E. (2013). *La ciudad informal ¿precariedad persistente o hábitat progresivo?* En: Los lugares del hábitat y la inclusión Quito: Rispergraf, pp. 59-85.

Escobar, D. F. (2011). Más allá del borde, un reto para el mundo. Pontificia Universidad Javeriana, Coloquio INJAVIU.

García, W. G. (2013). *Hábitat y vulnerabilidad, reflexiones desde lo conceptual*. Luna Azul.

Gehl, J. (2009). *La humanización del espacio urbano*. Barcelona, España: Editoria Reverté S.A., .

- Halbwachs, M., & Lásen Díaz, A. (1995). Memoria colectiva y memoria histórica. Reis: *Revista Española de investigaciones Sociológicas*".
- Moncada, M. I. (2006). *El programa de mejoramiento de vivienda: una aproximación desde la investigación cualitativa*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- Palleja, R. P. (2006). *Más allá del bienestar. La renta básica de la ciudadanía como innovación social basada en la evidencia*. Barcelona: Icaria.
- Pergolis, J. (1995). *Express: arquitectura - literatura - ciudad*. Bogotá, Colombia: Editorial Presencia Ltda.
- Pergolis, J., & Moreno, D. (1998). *El barrio, el alma inquieta de la ciudad*. En: Carvajalino Bayona, El barrio fragmento de ciudad. Bogotá, Colombia: Barrio Taller, pp. 35-43
- Rueda, S. (1997). *La ciudad compacta y diversa frente a la urbanización difusa (s.c) (s.e)*.