

IV Seminario Internacional La Sostenibilidad un Punto de Encuentro  
Arquitectura y Construcción Sostenible

**EL CONCRETO CONFECCIONADO  
CON AGUAS LLUVIA COMO  
ALTERNATIVA PARA LA  
DISMINUCIÓN DEL IMPACTO  
AMBIENTAL GENERADO POR LA  
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**Carlos Andrés Medina Restrepo  
Carlos Mauricio Bedoya Montoya**



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# TEMA

## Construcción Sostenible



## Uso Eficiente del Agua Confección de eco-materiales



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



[blogdeambienteyderecho.blogspot.com](http://blogdeambienteyderecho.blogspot.com)



[cambio.com.co](http://cambio.com.co)



[ecofondo.org.co](http://ecofondo.org.co)



[ingenieriaambiental-huacho.blogspot.com](http://ingenieriaambiental-huacho.blogspot.com)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso al agua potable es uno de los temas más controversiales de la agenda ambiental internacional. El recurso hídrico es vital y estratégico, y su uso, manejo y aprovechamiento, trasciende temas como la vida, la salud, el desarrollo sostenible, el medio ambiente sano e incluso la soberanía nacional desde el punto de vista de los recursos claves que sustentan la supervivencia de los sistemas culturales y naturales en el territorio.

**ONU declara al agua potable "derecho fundamental"**



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

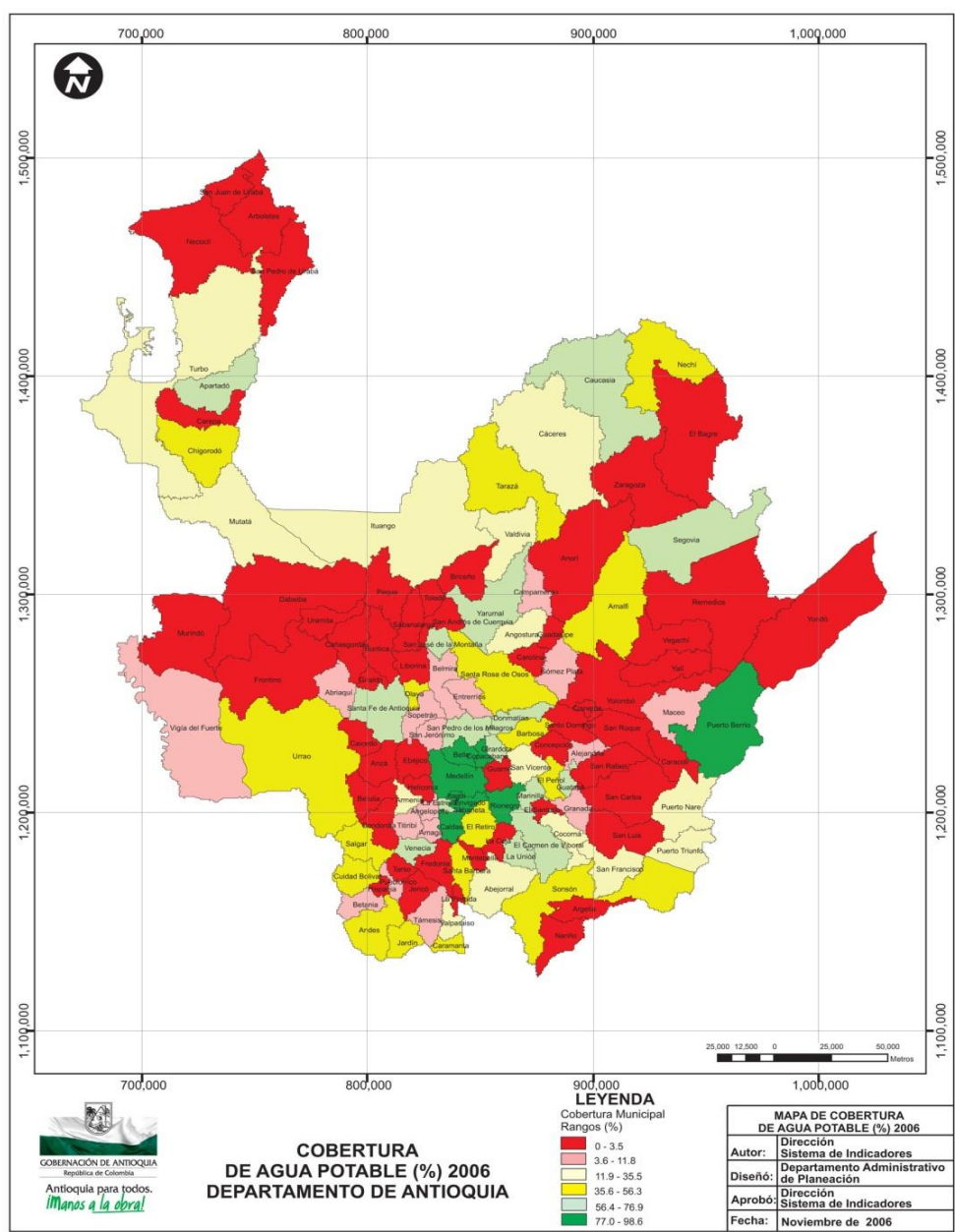
Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

FUENTE: [blogdeambienteyderecho.blogspot.com](http://blogdeambienteyderecho.blogspot.com)



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

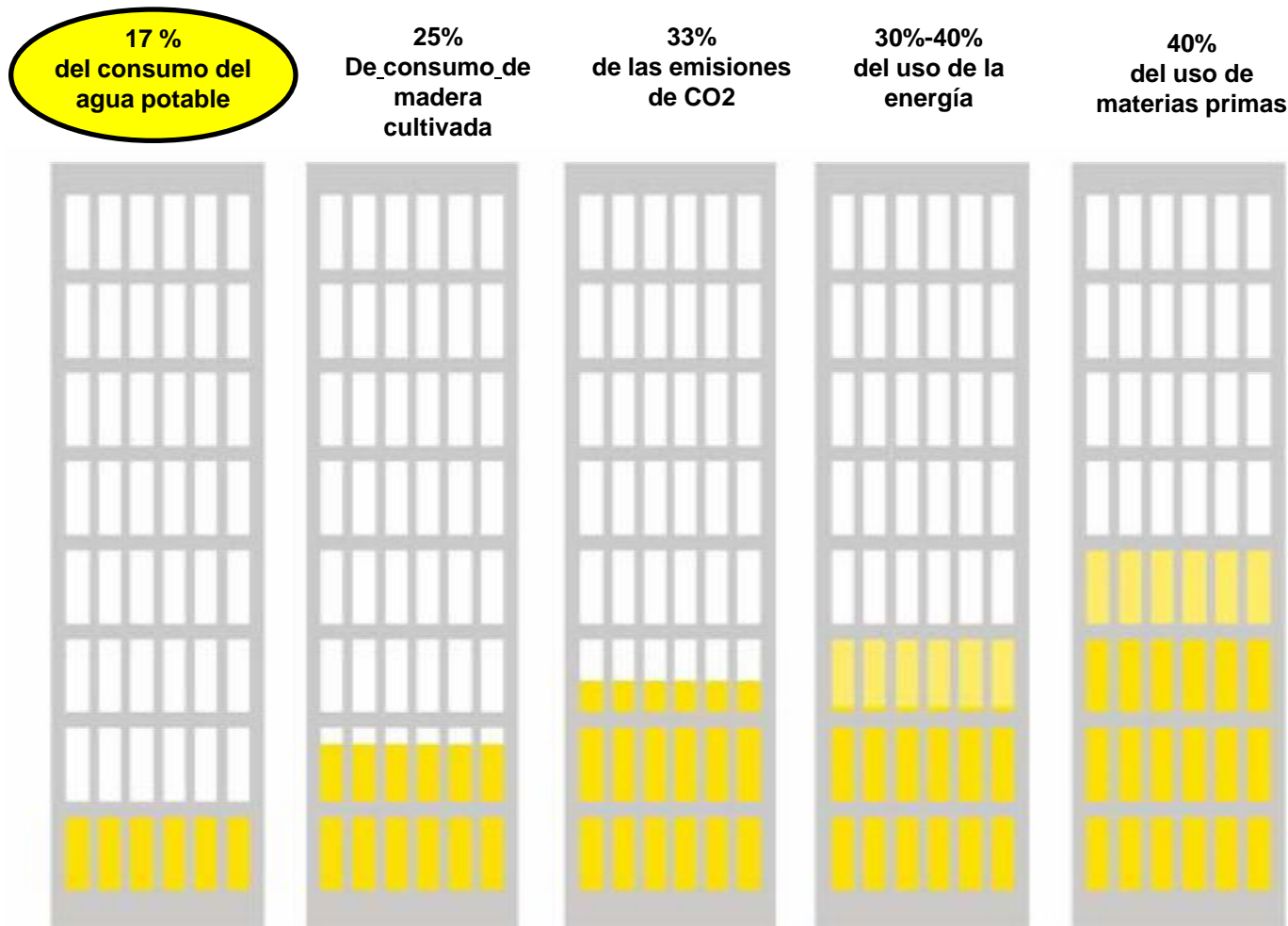
**Apoya:**



Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia



# AGUA POTABLE EN LA CONSTRUCCIÓN



FUENTE: WorldGBC, McGraw Hill 2008



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# ALGUNOS USOS DEL AGUA EN LA CONSTRUCCIÓN



civilgeeks.com



elcolombiano.com



mobydick.com



arquigrafico.com



Mezcla del concreto liviano aliven®

aliven.com.ve



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# NTC 3459 - AGUA PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Si es apta para consumo humano entonces se puede considerar aceptable para el concreto. Si no se dispone de tal calidad será necesario realizar ensayos químicos de acidez, alcalinidad, dureza, cloro, pH, sedimentos sólidos disueltos, turbidez y partículas en suspensión.

## NTC 3459, ASTM BS 3148



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

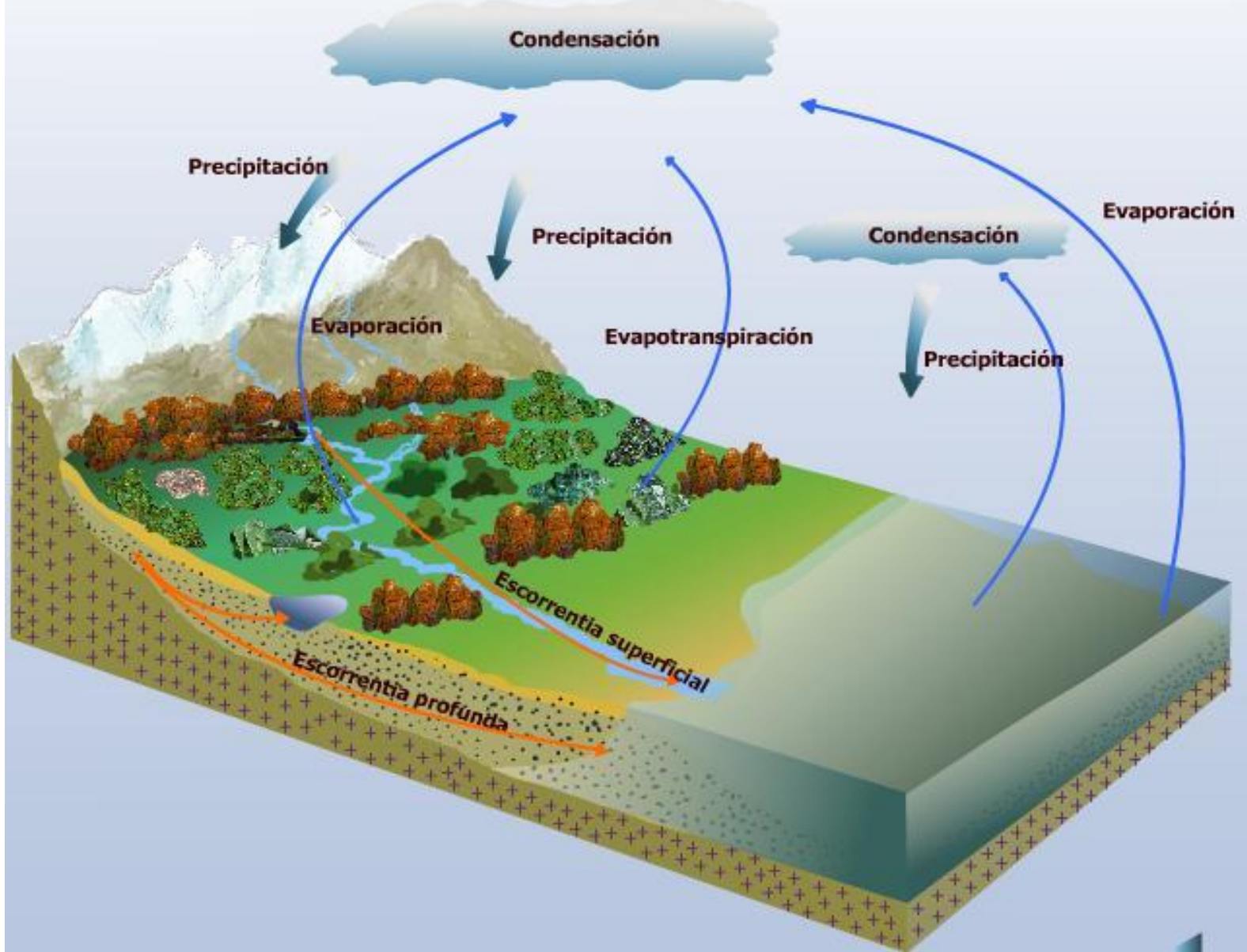
Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**





FUENTE: ucm.es



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



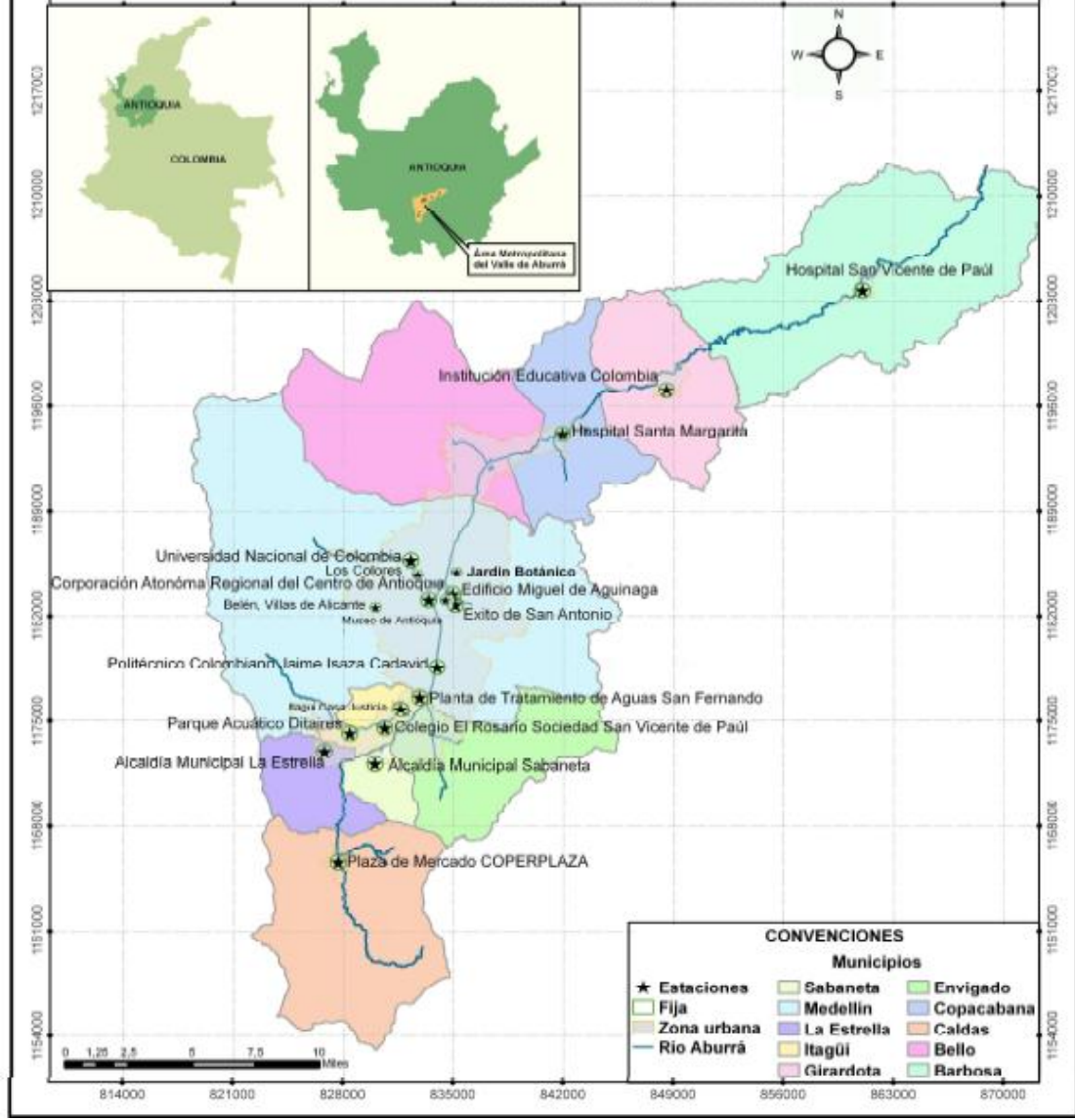
UNESCO Chair on Sustainability  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

## Ubicación Geográfica de las Estaciones Red de Vigilancia y Monitoreo de la Calidad del Aire Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Abril 2011 - Mayo 2012



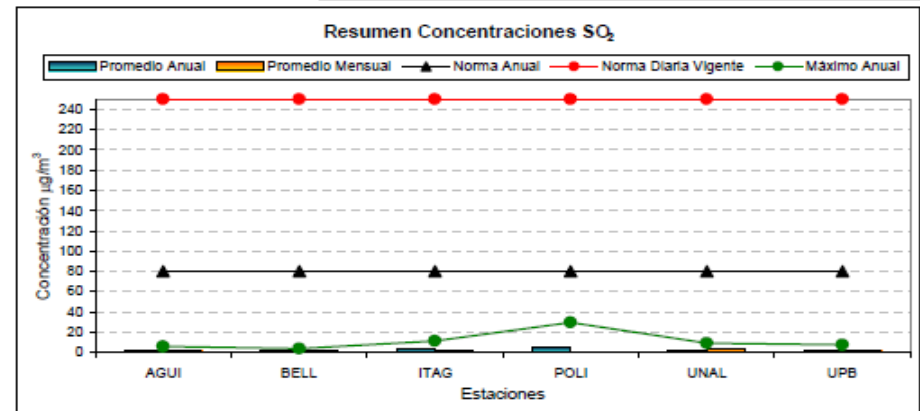
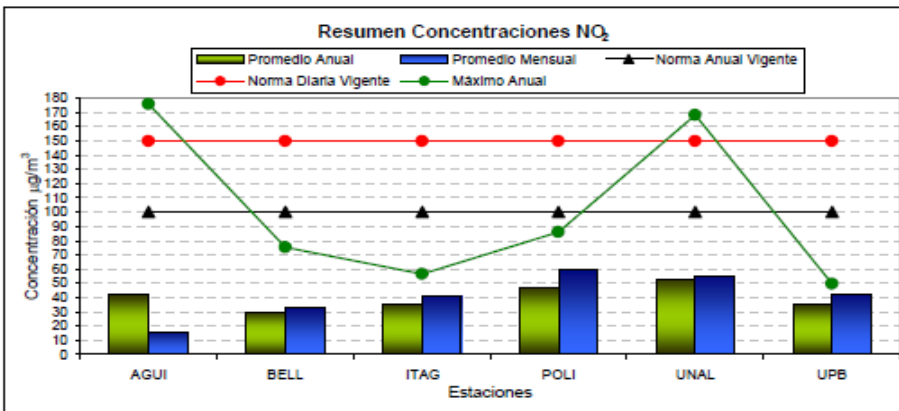
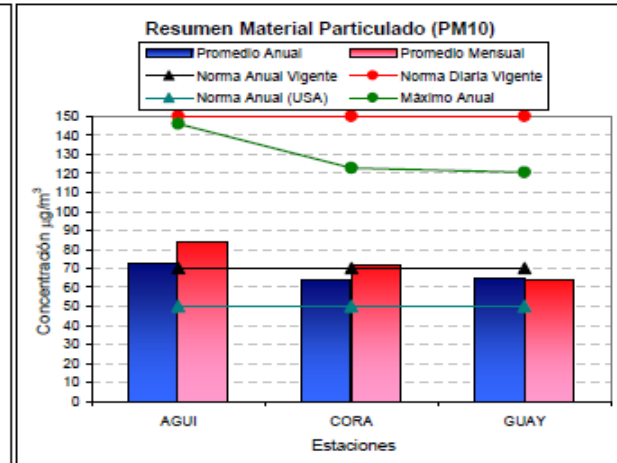
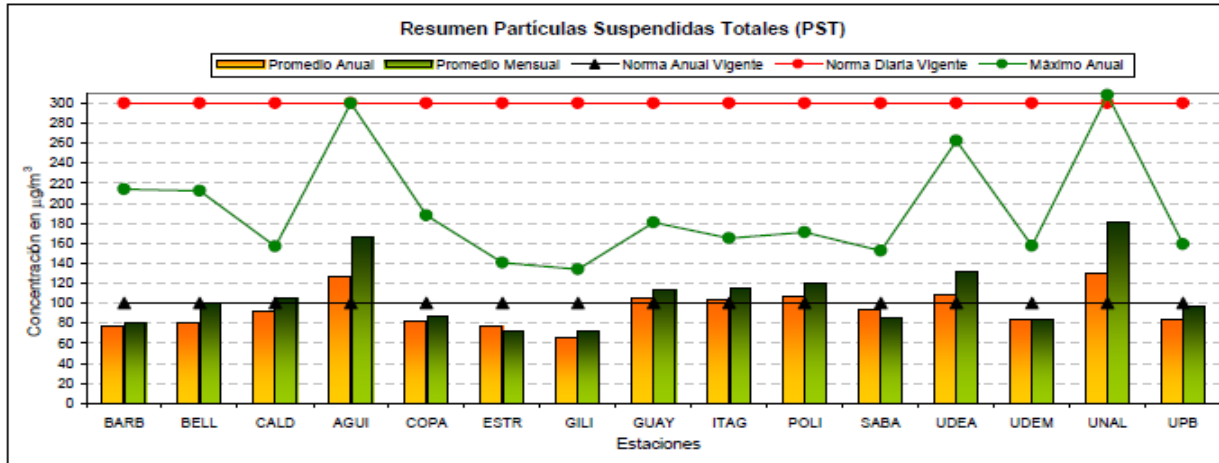
**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia





BARB: Barbosa

AGUI: Edificio Miguel de Aguinaga

CORA: Corantioquia

ENVI: Envigado

ESTR: Estrella

GILI: Girardota- Licoe MJS

GUAY: Guayabal

SABA: Sabaneta

CALD: Caldas

COPA: Copacabana

BELL: Bello

ITAG: Itagüí

POLI: Politécnico Colombiano JIC

UDEA: Universidad de Antioquia

UDEM: Universidad de Medellín

UPB: Universidad Pontificia Bolivariana

UNAL: Universidad Nacional de Colombia

Normatividad: Resolución 601 del 4 de Abril de 2006

Condiciones de Referencia:

Temperatura de aire de 25° C

Presión atmosférica 760 mmHg

Fuente: Redaire, e-mail: redaire@unalmed.edu.co, Telf: (4) 425 51 08



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

Apoya:



Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

Prosperidad  
para todos

# SISTEMA DE CAPTACIÓN



**Captación**

**Conducción**



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# SISTEMA DE CAPTACIÓN



**Recolección**



**Muestra**



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

CODIGO:	PS-FR-099	VERSIÓN:	00	PÁGINA	1 de 1
---------	-----------	----------	----	--------	--------

REFERENCIA 267- 12

Empresa Solicitante PROYECTO DE AULA: Aguas Iluvias		NIT 890980134-1		Contacto Joan Amir Arroyave Rojas	
Dirección Camera 78 # 46-65		Teléfono 4445611 Ext 152		Fax .....	
E-mail joan_arroyave@colmayor.edu.co					
Fecha y hora de recibo 01/06/2012 11:00 a.m	Fecha inicio de Análisis 01/06/2012	Fecha final de Análisis 06/06/2012	Fecha elaboración de informe 07/06/2012	Fecha pactada de entrega 08/06/2012	
Fecha y hora de Toma 31/05/2012 H:	Tipo de muestra Agua no tratada				
Lote	Fecha de Fabricación	Fecha de Vencimiento	Cantidad de muestra 1000mL		
Tipo de Envase-Empaque Botella de Polietileno		Condiciones de Llegada al laboratorio Refrigerada			
CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS					
ASPECTO	Líquido Transparente				
COLOR	Incoloro				
OLOR	Inoloro				

PRODUCTO	Agua Potable Res. 2115/2007
----------	-----------------------------

AREA	PARAMETRO	RESULTADO	LIMITE MINIMO	LIMITE MAXIMO	METODO
FISICOQUIMICO	Cloruro mg/L	7	.	250	Titulación Argentométrica
	Turbiedad Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	1,22	.	2	TURBIDIMÉTRICO
	pH a 20 °C (unidades de pH)	6,35	6,5	9	POTENCIOMÉTRICO
	Sulfatos expresados en SO4-2 mg/L	10,95	.	250	TURBIDIMÉTRICO
	Solidos Totales mg/L	56	.	.	GRAVIMÉTRICO
	Solidos Disueltos mg/L	52	.	.	GRAVIMÉTRICO

### CONCLUSION

La muestra recibida y analizada en el laboratorio cumple para los parámetros analizados confrontado con las especificaciones del decreto 1575 de 2007 y Resolución 2115/2007 del Ministerio de la Protección Social, Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano



*Margarita Gutiérrez Buritica*  
MARGARITA GUÍERREZ BURITICA  
Coordinadora LACMA  
Medellín, 08 de Junio de 2012  
— Fin de reporte —



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



UNESCO Chair on Sustainability




Libertad y Orden

Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**

República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

 <b>LACMA</b> <small>LABORATORIO DE CONTROL CALIDAD</small>		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>			
<b>CODIGO:</b>	PS-FR-099	<b>VERSIÓN:</b>	00	<b>PÁGINA</b>	1 de 1

**REFERENCIA**      267-12

<b>Empresa Solicitante</b> PROYECTO DE AULA: Aguas lluvias		<b>NIT</b> 890980134-1	<b>Contacto</b> Joan Amir Arroyave Rojas		
<b>Dirección</b> Carrera 78 # 46-65		<b>Teléfono</b> 4445611 Ext 152	<b>Fax</b> .....	<b>E-mail</b> <a href="mailto:joan.arroyave@colmayor.edu.co">joan.arroyave@colmayor.edu.co</a>	
<b>Fecha y hora de recibo</b>	<b>Fecha inicio de Análisis</b>	<b>Fecha final de Análisis</b>	<b>Fecha elaboración de informe</b>	<b>Fecha pactada de entrega</b>	
01/06/2012 11:00 a.m	01/06/2012	06/06/2012	07/06/2012	08/06/2012	
<b>Fecha y hora de Toma</b> 31/05/2012 H:	<b>Tipo de muestra</b> Agua no tratada				
<b>Lote</b>	<b>Fecha de Fabricación</b>	<b>Fecha de Vencimiento</b>	<b>Cantidad de muestra</b> 1000mL		
<b>Tipo de Envase-Empaque</b> Botella de Polietileno	<b>Condiciones de Llegada al Laboratorio</b> Refrigerada				

**CONCLUSION**

La muestra recibida y analizada en el laboratorio cumple para los parámetros analizados confrontado con las especificaciones del decreto 1575 de 2007 y Resolución 2115/2007 del Ministerio de la Protección Social, Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano

**CONCLUSION**

La muestra recibida y analizada en el laboratorio cumple para los parámetros analizados confrontado con las especificaciones del decreto 1575 de 2007 y Resolución 2115/2007 del Ministerio de la Protección Social, Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano



*Margarita Gutiérrez B.*  
**MARGARITA GUÉRRERZ BURITICA**  
 Coordinadora LACMA  
 Medellín, 08 de Junio de 2012  
 — Fin de reporte —



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
 COLEGIO MAYOR  
 DE ANTIOQUIA**

**Apoya:**



Departamento Administrativo de  
 Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
 República de Colombia

**Prosperidad  
 para todos**

# DISEÑO DE LA MEZCLA



$$\begin{aligned}
 & \text{Mat. } 1 \text{ m}^3 = 2 \text{ 1000 dm}^3 \\
 & \text{Permeabilidad / m}^3 \text{ m}^2 = P_c \\
 & A/c = 0,465 \text{ (perm)}: P_c = A/0,465 \\
 & 204,7 \text{ kg/m}^3 \text{ m}^2 / 0,465 = P_c = 440,22 \text{ kg/m}^2 \text{ m}^2 \\
 & \text{concreto / m}^3 \text{ m}^2 = V_c \\
 & - / V_c - V_c = \frac{P_c}{\rho_c} \rightarrow V_c = \frac{440,22 \text{ kg/m}^2 \text{ m}^2}{2,0 \text{ kg/dm}^3} \\
 & = 220,11 \text{ dm}^3 / \text{m}^2 \text{ m}^2 \\
 & \frac{1000 \text{ dm}^3}{\text{m}^3 \text{ de mezcla}} = V_c + V_A + (V_{AF} + V_{AT}) \\
 & \frac{1000 \text{ dm}^3}{\text{m}^3 \text{ de mezcla}} - V_c - V_A = (1000 - 220,11 - 204,7) = 575,19 \\
 & \text{m}^3 \text{ m}^2 = V_{AF} + V_{AT} = 575,19 \text{ dm}^3 / \text{m}^2 \text{ m}^2 \\
 & = V_{AT} - V_{AF} = 291,87 \text{ dm}^3 / \text{m}^2 \text{ m}^2 \\
 & \text{m}^3 \text{ m}^2 \text{ PAF} - \text{DAF} - V_{AF} \rightarrow 2,64 \text{ kg/dm}^3 - 256,35 = 741,87 \\
 & \text{m}^2 - \text{PAF} - \text{DAF} - V_{AF} = 2,64 \text{ kg/dm}^3 - 256,35 = 741,87 \text{ kg/m}^2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**



# CONFECCIÓN DEL CONCRETO



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
UNESCO Chair on Sustainability



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# CONFECCIÓN DEL CONCRETO



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# CONFECCION DEL CONCRETO



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# CILINDROS



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# RESULTADOS

## Resistencia a la compresión

Agua lluvia	Muestra			Agua potable	Muestra		
	1	2	3		1	2	3
Diámetro (cm)	10,24	10,15	10,21	Diámetro (cm)	10,19	10,13	10,16
Altura (cm)	20,3	20,1	20,2	Altura (cm)	20,3	20,3	20,2
Área (cm <sup>2</sup> )	82,35	80,91	81,87	Área (cm <sup>2</sup> )	81,55	80,59	81,07
Volumen (cm <sup>3</sup> )	1 671,8	1 626,36	1 653,84	Volumen (cm <sup>3</sup> )	1 655,46	1 635,98	1 637,67
Peso (g)	4 080	3 970	4 038	Peso (g)	4 064	4 059	4 036
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	2,440	2,441	2,442	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	2,456	2,481	2,464
Carga (kN)	231,5	156,9	226,7	Carga (kN)	195,0	208,1	201
Resistencia a compresión (Mpa) 7 días	28,67	19,77	28,23	Resistencia a compresión (Mpa) 7 días	24,38	26,33	25,28
Resistencia a compresión (Mpa) 28 días PROYECCIÓN	36,99	27,56	36,52	Resistencia a compresión (Mpa) 28 días PROYECCIÓN	32,44	34,5	33,39
PROMEDIO - Resistencia a compresión (Mpa) 7 días	<b>25,56</b>			PROMEDIO - Resistencia a compresión (Mpa) 7 días	<b>25,33</b>		
PROMEDIO - Resistencia a compresión (Mpa) 28 días PROYECCIÓN	<b>33,69</b>			PROMEDIO - Resistencia a compresión (Mpa) 28 días PROYECCIÓN	<b>33,44</b>		



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



UNESCO Chair on Sustainability



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**

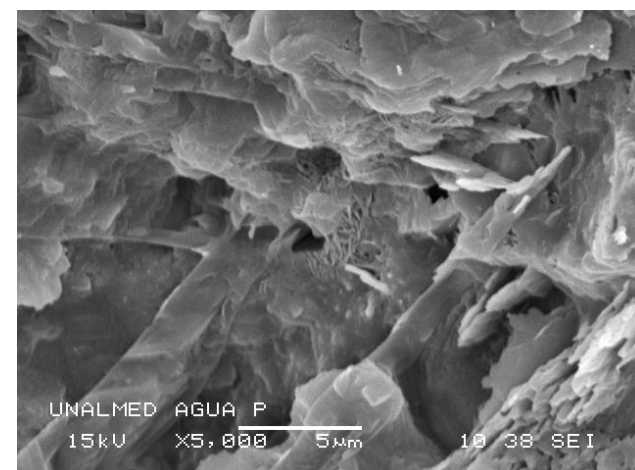
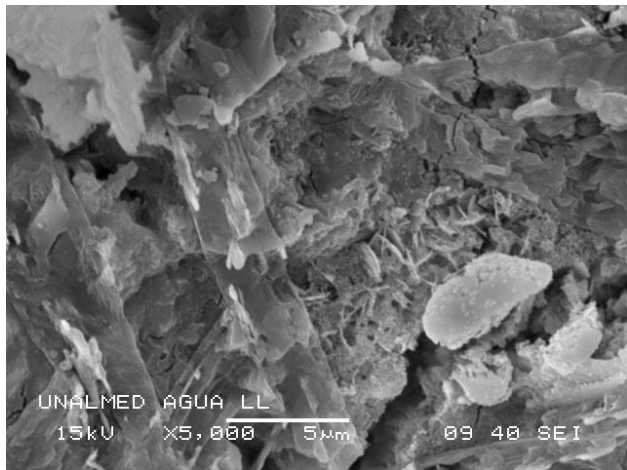
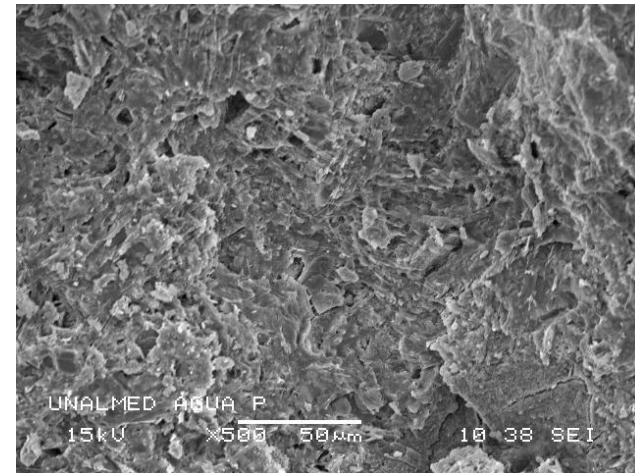
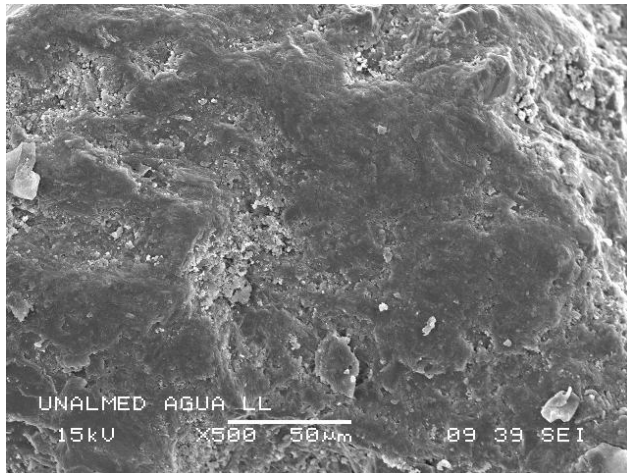
Libertad y Orden

República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# RESULTADOS

## Topografía de superficie y micro estructura de concreto



### Agua lluvia

### Agua potable



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

Apoya:

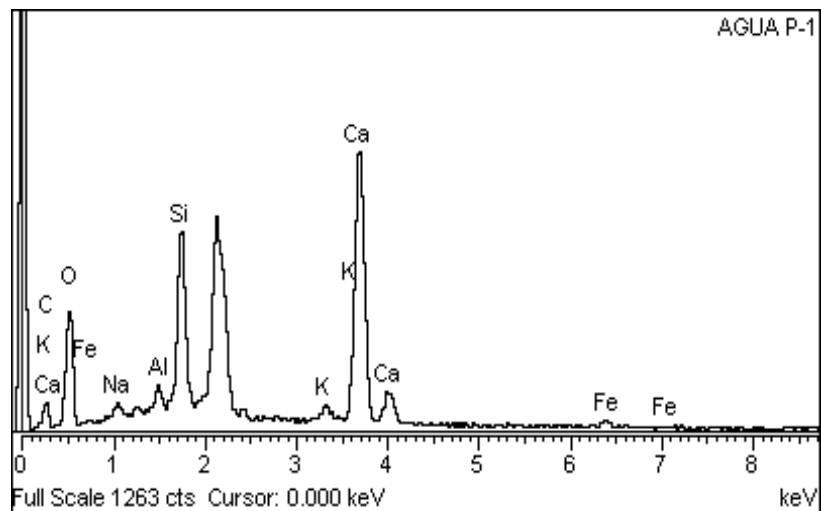


Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

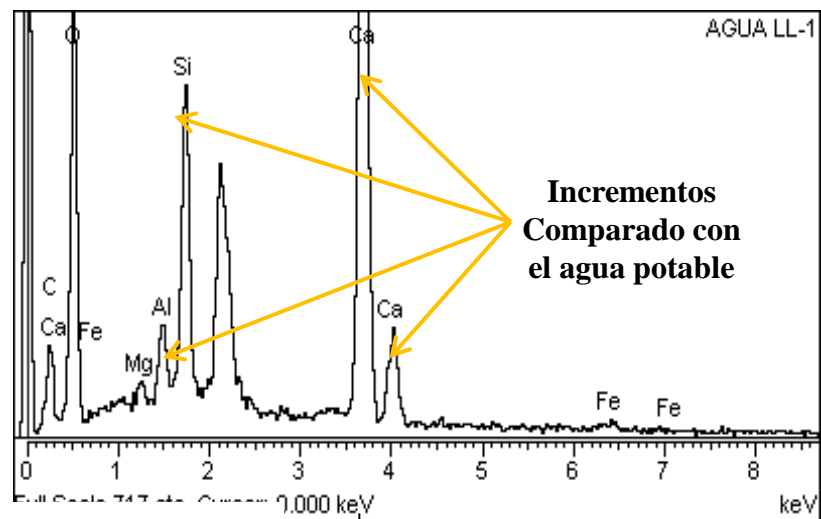
Prosperidad  
para todos

# RESULTADOS

## Análisis químico de la muestra de concreto



**Agua potable**



**Agua lluvia**



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



UNESCO Chair on Sustainability



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**

Libertad y Orden

República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# CONCLUSIONES

- **La confección del concreto con el uso de aguas lluvia no modifica sus características y resistencia del concreto negativamente, por lo tanto, se puede evaluar la factibilidad económica, ambiental y social de la implementación de este tipo de alternativas.**
- **El empleo de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico es una tecnología ambientalmente sostenible, pues en el presente estudio se evidencia que el agua lluvia se puede emplear para la confección de concreto, y de esta forma, se disminuyen los impactos ambientales sobre los recursos naturales y la demanda de agua de los ecosistemas aledaños al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.**



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**



# CONCLUSIONES

- La apariencia de los cilindros confeccionados con aguas lluvia es igual a la de los cilindros de concreto convencional, lo que permite su uso en acabados o estructuras a la vista, evitando sobre costos en revoques o estucos innecesarios.
- Estas alternativas y aplicaciones evidencian la importancia de la generación de proyectos de **construcción sostenible**, con la finalidad de disminuir la demanda de bienes y servicios ambientales de los ecosistemas aledaños a las obras de infraestructura, y la disminución de los impactos ambientales sobre los mismos.



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# BIBLIOGRAFÍA

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN – ICONTEC. Agua para la elaboración de concreto. Bogotá: ICONTEC, 1994 (NTC 3459).
- ARROYAVE R., Joan. A, Et al. Evaluación económica de la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Revista de Producción Más Limpia. 2011. Vol. 6, No. 1. p.76 – 84.
- HERNÁNDEZ M., F. Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria.
- ARANGO, Jesús H. Método práctico para la medición, mezclado y transporte del concreto. Instituto Colombiano de Productores de Cemento, ICPC, Notas técnicas N° 12.



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# AGRADECIMIENTOS

- A la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia y a la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**

# GRACIAS

**Contacto:**

**carlos.medina@colmayor.edu.co**

**cmbedoya@unal.edu.co**



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

**Apoya:**



Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
**Colciencias**  
República de Colombia

**Prosperidad  
para todos**