

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



cambio.com.co



ecofondo.org.co



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**

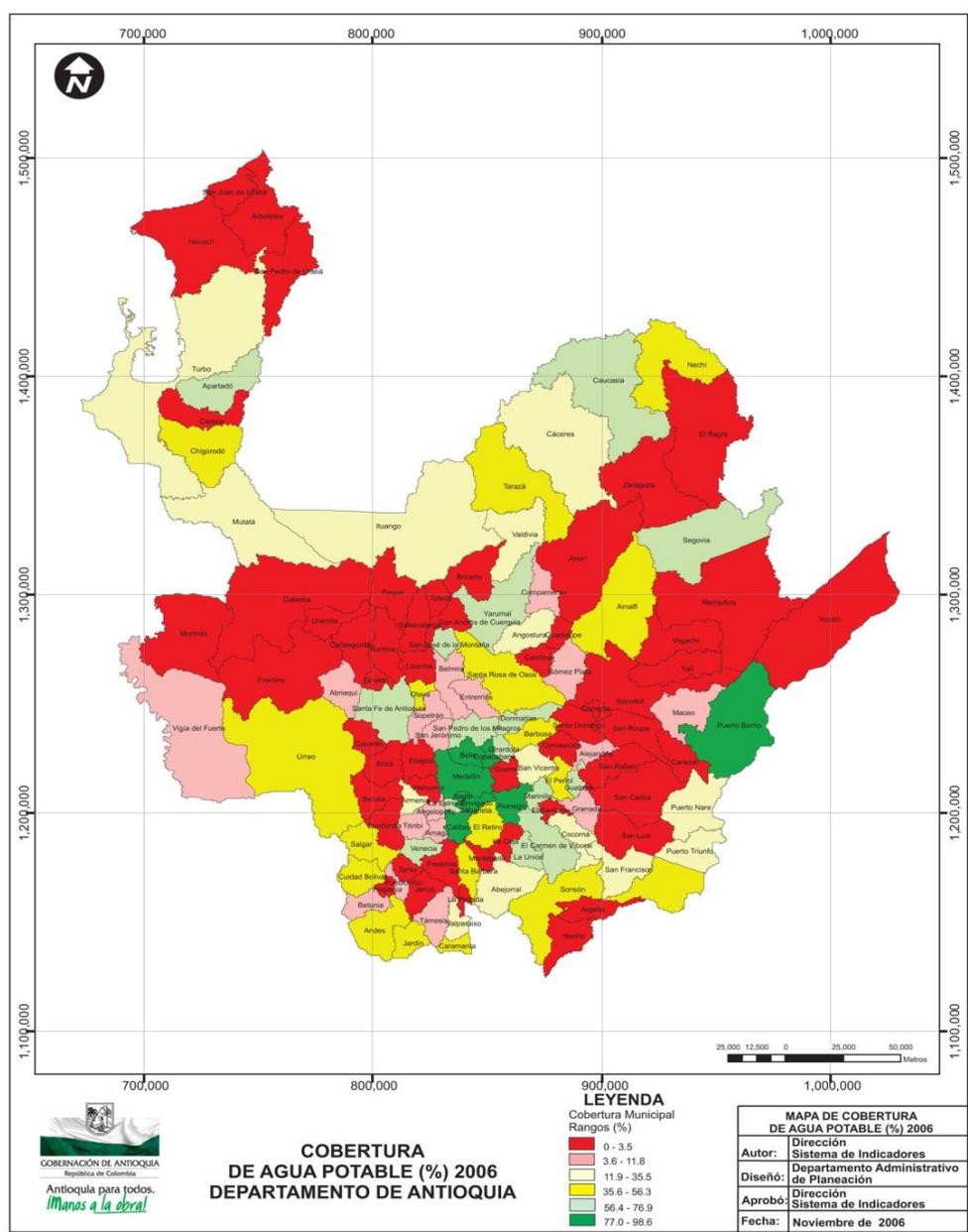
Apoya:



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

**Prosperidad
para todos**

FUENTE: blogdeambienteyderecho.blogspot.com



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



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



AGUA POTABLE EN LA CONSTRUCCIÓN

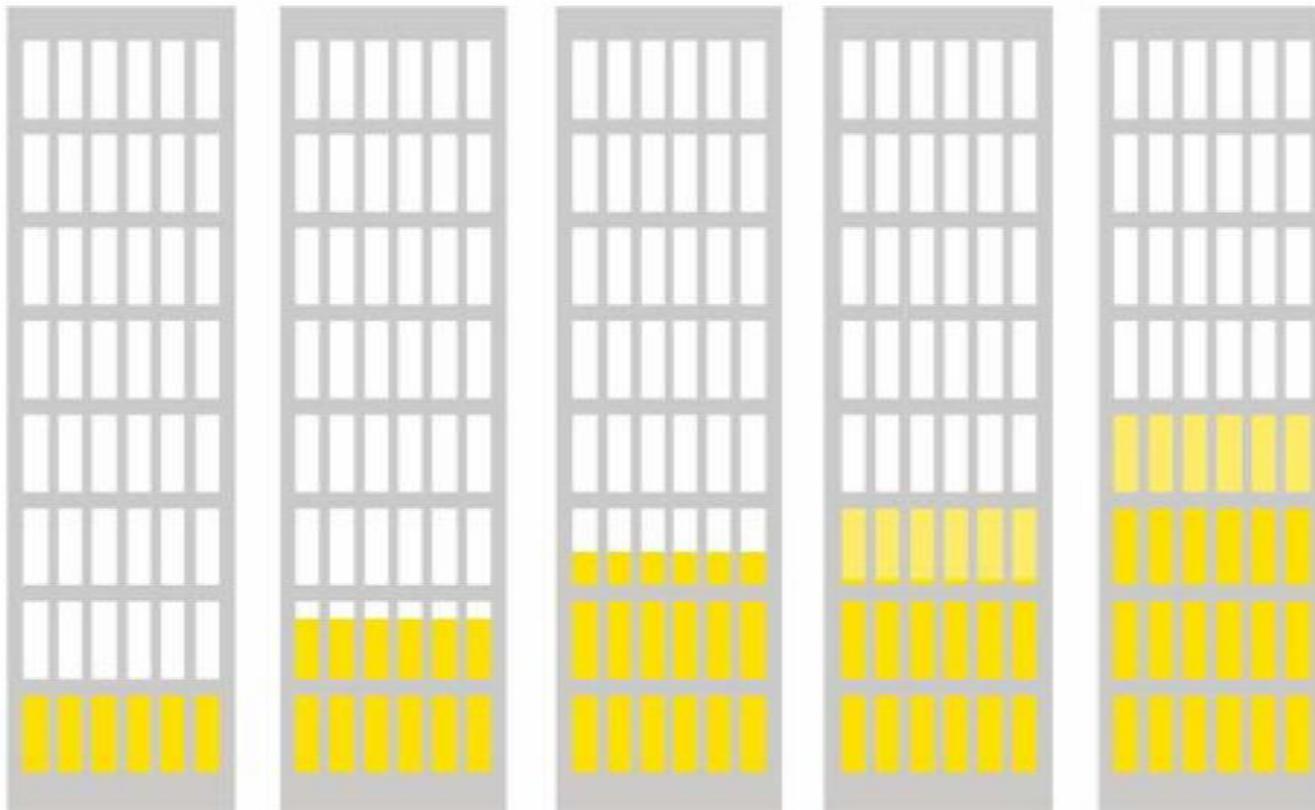
17 %
del consumo del
agua potable

25%
De consumo de
madera
cultivada

33%
de las emisiones
de CO2

30%-40%
del uso de la
energía

40%
del uso de
materias primas



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



aliven.com.ve



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
**COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



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



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



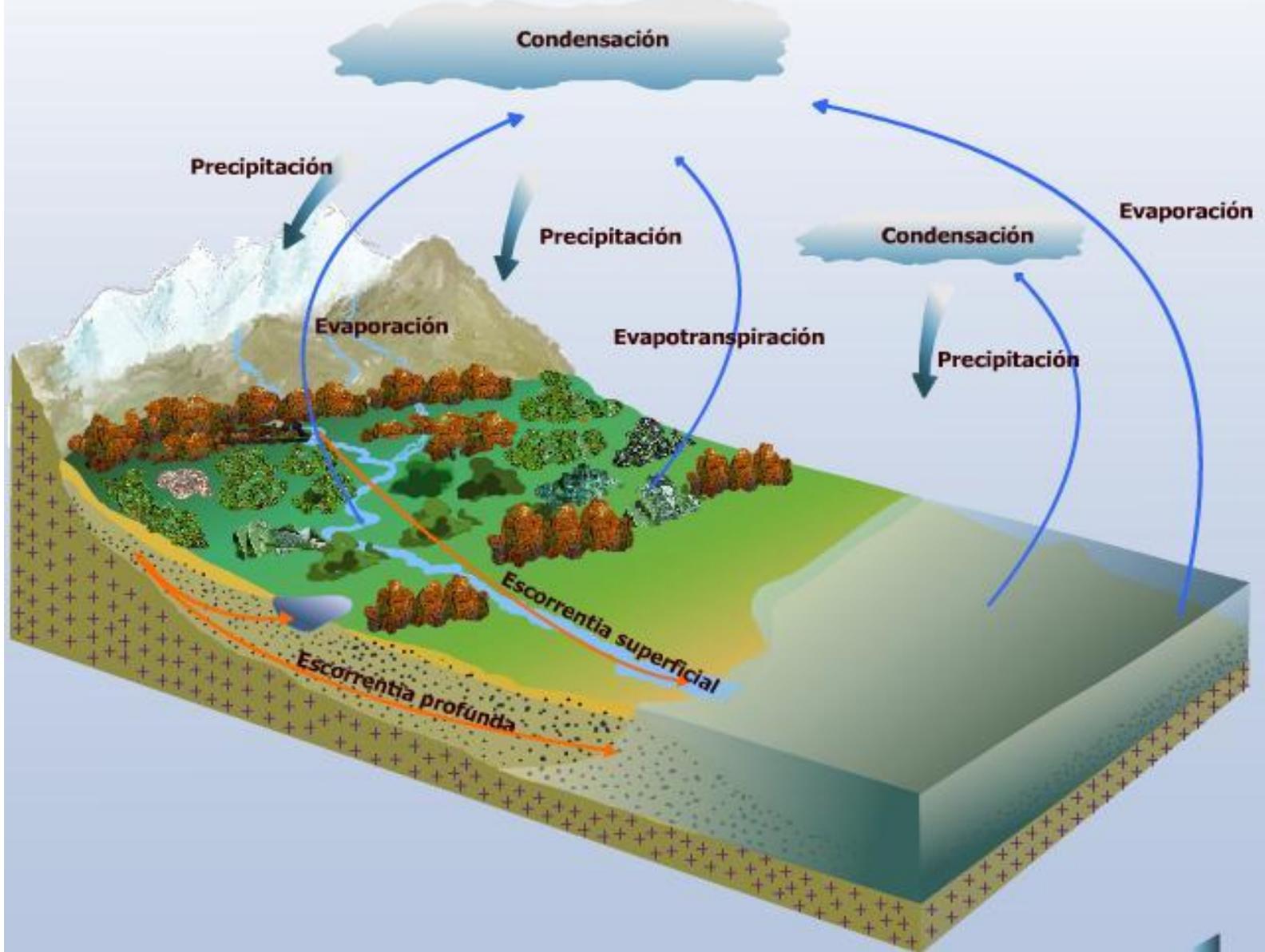
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA

Apoya:



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

**Prosperidad
para todos**



FUENTE: ucm.es



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
**COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA**

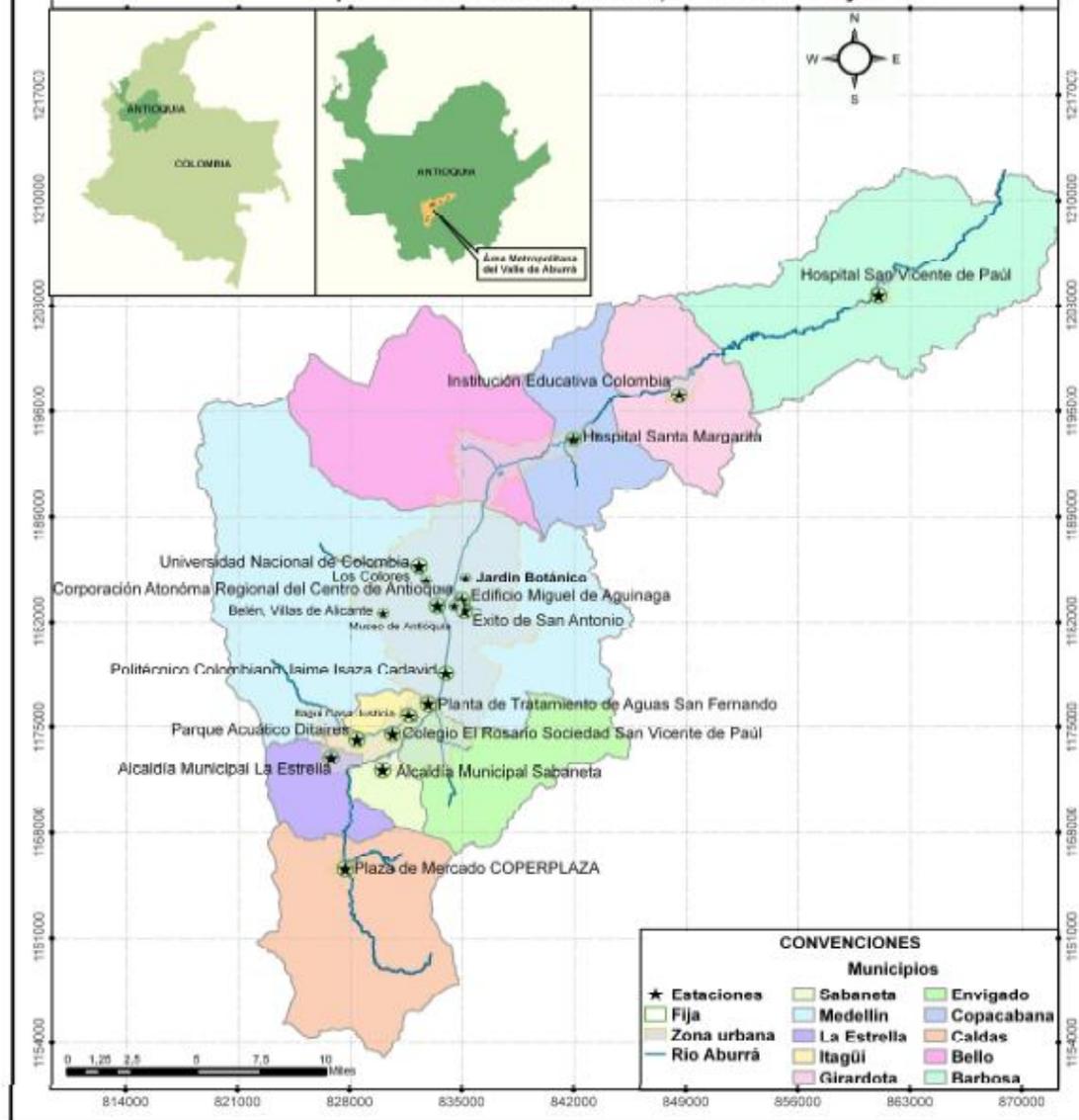
Apoya:



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



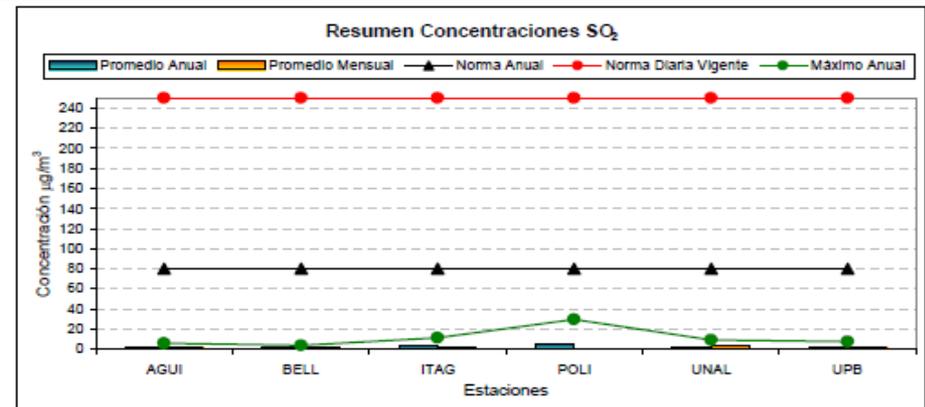
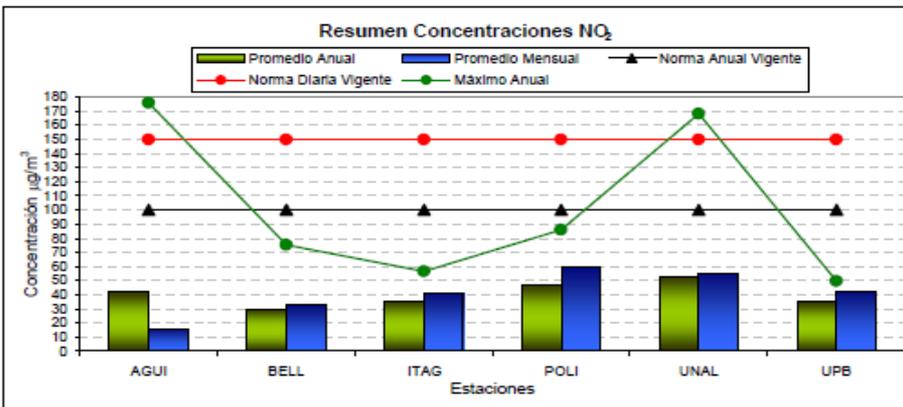
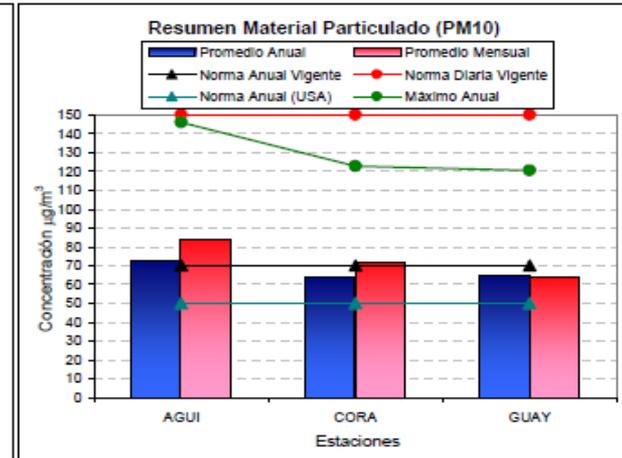
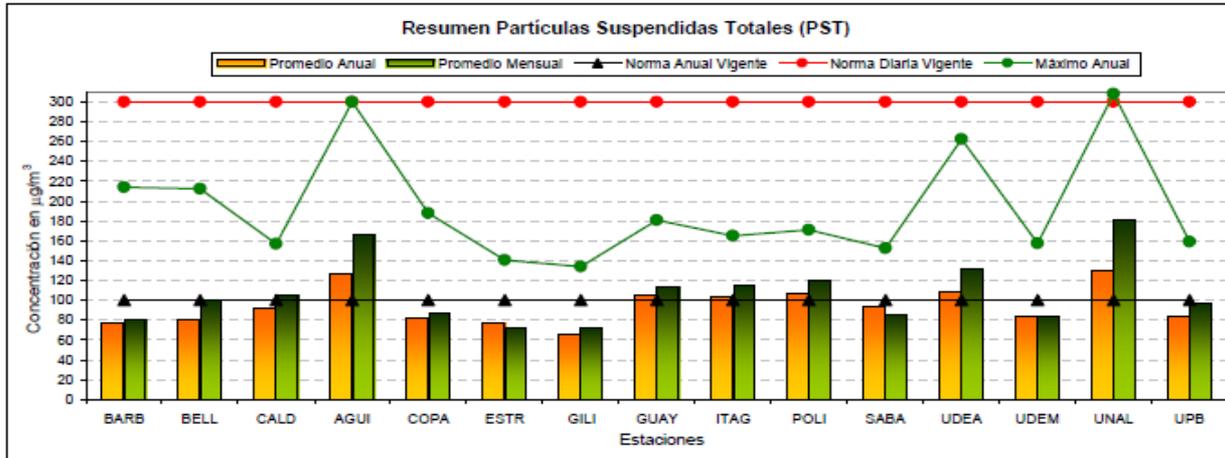
**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA**

Apoya:



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

**Prosperidad
para todos**



BARB: Barbosa

AGUI: Edificio Miguel de Aguinaga

CORA: Corantioquia

ENVI: Envigado

ESTR: Estrella

GILI: Girardota- Liceo 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:



United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization



UNESCO Chair on Sustainability



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**

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

REFERENCIA 267-12

Empresa Solicitante PROYECTO DE AULA: Aguas lluvias		NIT 890980134-1	Contacto Joan Amir Arroyave Rojas		
Dirección Carrera 78 # 46-85		Teléfono 4445611 Ext 152	Fax	E-mail joan.arroyave@colmayor.edu.co	
Fecha y hora de recibo	Fecha inicio de Análisis	Fecha final de Análisis	Fecha elaboración de informe	Fecha pactada de entrega	
01/06/2012 11:00 a.m	01/06/2012	06/06/2012	07/06/2012	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				

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 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



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



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 ²)	82,35	80,91	81,87	Área (cm ²)	81,55	80,59	81,07
Volumen (cm ³)	1 671,8	1 626,36	1 653,84	Volumen (cm ³)	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 ³)	2,440	2,441	2,442	Densidad (g/cm ³)	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	25,56			PROMEDIO - Resistencia a compresión (Mpa) 7 días	25,33		
PROMEDIO - Resistencia a compresión (Mpa) 28 días PROYECCIÓN	33,69			PROMEDIO - Resistencia a compresión (Mpa) 28 días PROYECCIÓN	33,44		



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
**COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA**

Apoya:

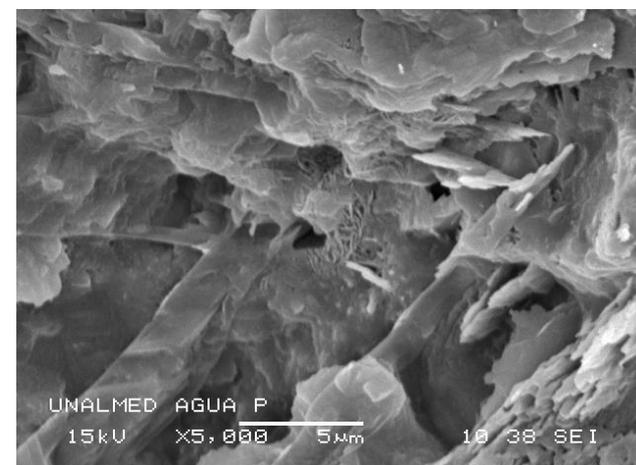
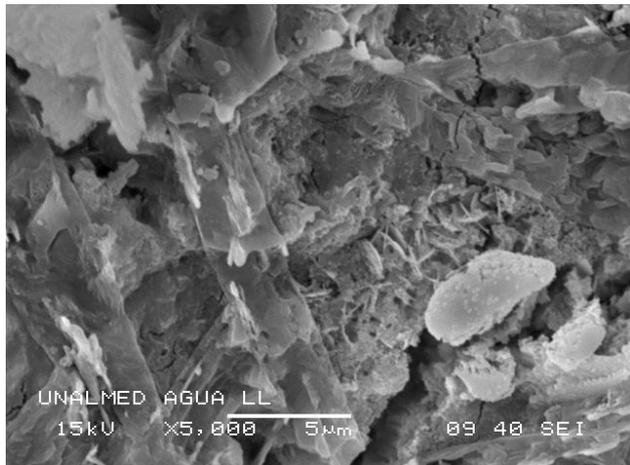
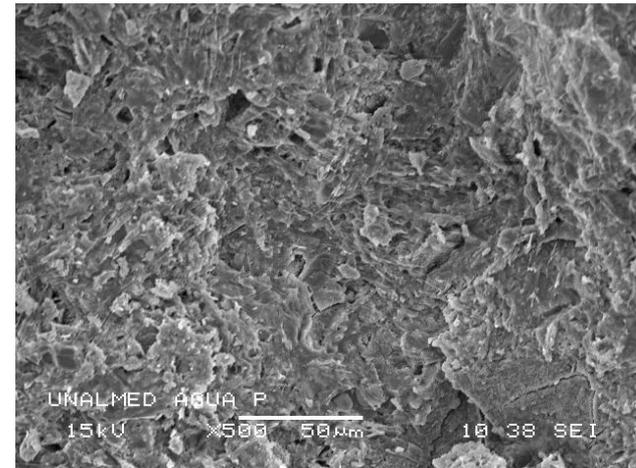
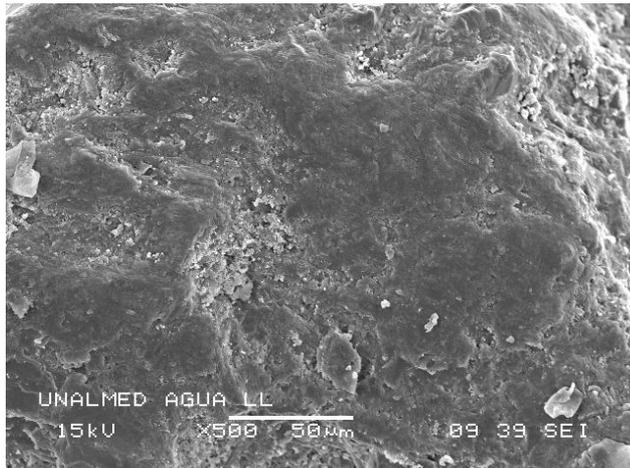


Departamento Administrativo de
Ciencia, Tecnología e Innovación
Colciencias
República de Colombia

**Prosperidad
para todos**

RESULTADOS

Topografía de superficie y micro estructura de concreto



Agua lluvia

Agua potable



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA

Apoya:

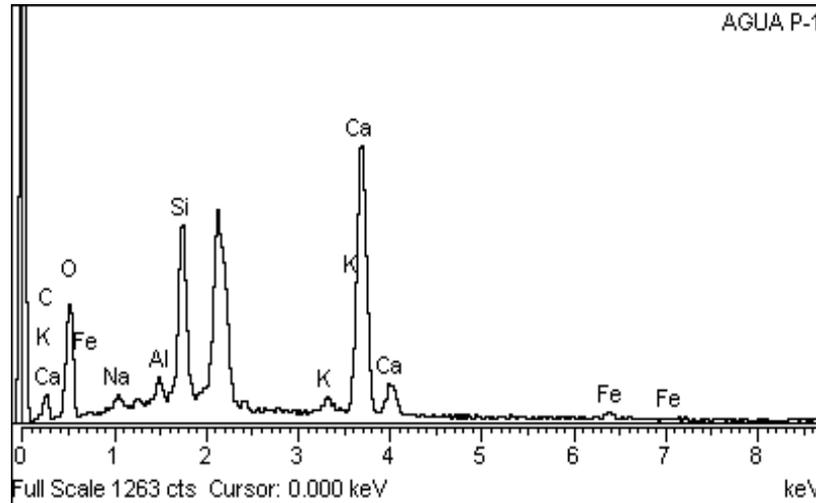


Departamento Administrativo de
Ciencia, Tecnología e Innovación
Colciencias
República de Colombia

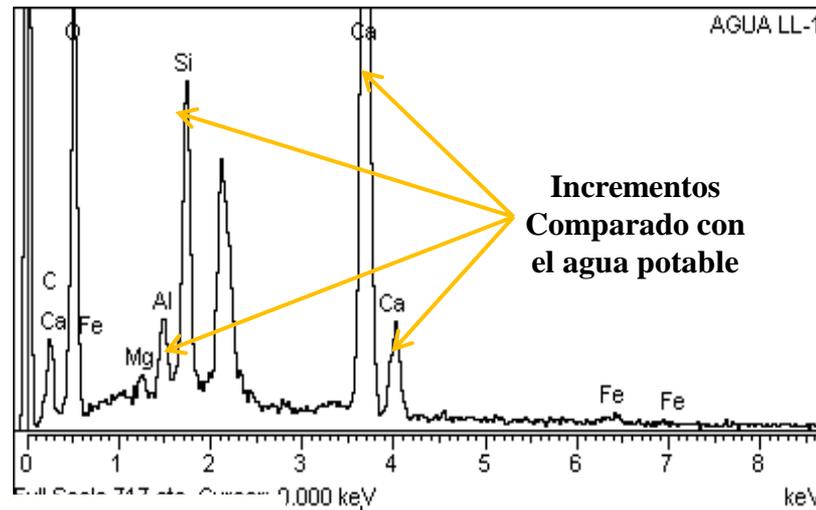
Prosperidad
para todos

RESULTADOS

Análisis químico de la muestra de concreto



Agua potable



Agua lluvia



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA

Apoya:



Departamento Administrativo de
Ciencia, Tecnología e Innovación
Colciencias
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:



UNESCO Chair on Sustainability



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**