



Maestría en   
Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente



UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

# MEMORIAS

**5** Congreso  
Internacional  
por el **Desarrollo  
Sostenible y el  
Medio Ambiente**



***El pensamiento y las acciones estatales, universitarias,  
empresariales e investigativas al servicio de la sostenibilidad.***

# **Evaluación de la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia\***

Joan Amir Arroyave Rojas<sup>1</sup>, Juan Camilo Díaz Vélez<sup>2</sup>, Diana Marcela Vergara<sup>3</sup> y Natalia David Macías<sup>3</sup>.

## **Resumen**

**Introducción:** Existen tecnologías sostenibles que no sólo procuran disminuir la contaminación, sino que tratan de prevenir las problemáticas ambientales; los principios fundamentales recomendados para los proyectos tecnológicos de aprovechamiento y depuración de agua, se basan en la máxima reutilización de aguas limpias y semilimpias, reducción de caudales, separación inmediata de residuos donde se producen, sin incorporarlos a las corrientes de desagüe, para tratarlos separadamente. Este proyecto de investigación evaluó el potencial de captación de agua lluvia como fuentes alternativas y tecnologías ambientalmente sostenibles para reducir la demanda del recurso hídrico en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia, en caminadas a desarrollar la cultura del uso eficiente y ahorro del agua al interior de la institución, además de la implementación a futuro de los

---

\* Artículo producto del proyecto de investigación "Determinación de las estrategias de producción más limpia, fuentes alternativas y programas de ahorro y uso eficiente de recurso hídrico en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia".

1 Ingeniero Sanitario, Especialista en construcción sostenible, Docente e investigador, Grupo de Investigación Ambiente y Hábitat, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

Dirección: Carrera 78 No. 65 - 46 Medellín. Teléfono: (4) 4445611 Ext. 152. Dirección electrónica: joan.arroyave@colmayor.edu.co

2 Estudiante de Construcciones Civiles, Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales – SICA, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

3 Estudiante de Ingeniería Ambiental, Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales – SICA, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

proyectos y programas que potencialmente se puedan realizar en la infraestructura física de la edificación, para mejorar el desempeño ambiental de la institución y disminuir los impactos y la demanda sobre el recurso hídrico. **Objetivo:** Evaluar técnica y económicamente la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. **Materiales y métodos:** Se recopiló información histórica de los consumos y demanda del agua en la institución, se planteó la búsqueda de posibles fuentes alternativas de recurso hídrico para lo cual se cuantificó la cantidad de agua lluvia que potencialmente se puede captar por el sistema de aguas lluvias de la edificación para su posterior almacenamiento y distribución en la institución. Por otro lado, se realizó un análisis y una proyección económica de la implementación de este tipo de fuente alternativa, para determinar la sostenibilidad económica, social y ambiental de la implementación del proyecto. **Resultados:** Se determinó que acuerdo al régimen de precipitación, se posee una capacidad potencial de captación de agua lluvia como fuente alternativa de agua para ser almacenada y distribuida en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia, lo que conlleva a una reducción en la demanda y consumo de agua potable del acueducto de la Empresas Públicas de Medellín, esto se traduce en una reducción de costos vía cuentas de servicios públicos para la institución de aproximadamente \$768.250 mensuales, y una disminución en la demanda de bienes y servicios ambientales asociados al recurso hídrico de 384 m<sup>3</sup>. **Conclusiones:** La implementación de proyectos de construcción sostenible en torno al recurso hídrico y al aprovechamiento de aguas lluvias como fuente alternativa del recurso; pueden ser viables económica, social y ambientalmente de acuerdo al análisis que se realice del contexto en el cual se quiera implementar el proyecto.

**Palabras Clave:** Recurso hídrico, Precipitación, Construcción Sostenible, Demanda de agua, Fuente alternativa de agua, Reuso, Aprovechamiento, Ahorro y uso eficiente del agua.

**Determination of alternative sources and conservation and efficient use programs for water resources in the Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia**

**Abstract**

**Introduction:** There are not only sustainable technologies that seek to reduce pollution, but try to prevent environmental problems, the fundamental principles recommended for use technological projects and water treatment are based on maximum reuse of clean water and clean semi, reduced flow, immediate removal of waste where they occur, without incorporating a drain currents for treating them separately. This research project evaluated the potential of rainwater harvesting as alternative sources and environmentally sustainable technologies to reduce demand for water resources in the I.U. Colegio Mayor de Antioquia, on the way to develop a culture of efficient and water saving within the institution, and the future implementation of projects and programs that potentially can be made in the physical infrastructure of the building, to improve environmental performance of the institution and reduce the impact and demand on water resources. **Goal:** To evaluate economically the rainwater harvesting as alternative source of water resources at the university College of Antioquia. **Materials and Methods:** We analyzed historical data of consumption and demand of water in the institution was raised seeking alternative sources of water resources for which quantified the amount of rainwater that can potentially be captured by the water system rains of the building for storage and subsequent distribution within the institution. Moreover,

an analysis and an economic projection of the implementation of such alternative sources, to determine the economic, social and environmental impact of project implementation. **Results:** We found that under the regime of precipitation, has a capacity of rainwater harvesting as an alternative source of water to be stored and distributed in the I.U. Colegio Mayor de Antioquia, which leads to a reduction in demand and consumption of drinking water from the aqueduct of the EPM, this translates into a reduction of costs through utility bills for the institution of approximately \$768.250 per month, and a decrease in demand for environmental goods and services related to water resources of 384 m<sup>3</sup>. **Conclusions:** The implementation of sustainable construction projects around water resources and rainwater harvesting as an alternative source of the resource can be economically viable, socially and environmentally, according to analysis performed on the context in which it wants to implement the project.

**Key words:** Water resource, precipitation, sustainable construction, water demand, alternative source of water, reuse, use, saving and efficient use of water

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales renovables más importantes para el desarrollo de la humanidad, es el elemento fundamental para las funciones metabólicas de los seres vivos. Históricamente, se ha trabajado sobre el tema del agua realizando gestión sobre su calidad y previniendo, gestionando o tratando el grado de contaminación<sup>1-4</sup> que puede presentar un cuerpo de agua o un vertimiento<sup>4-8</sup>; sin embargo, en la actualidad se pone de manifiesto la necesidad de gestionar la disponibilidad del recurso hídrico asociada esta a diferentes problemáticas ambientales como la deforestación, cambio en los usos del suelo, incremento en la demanda de agua, cambio climático, etc. De acuerdo a lo

anterior, se requiere de un cambio cultural y en la forma de producción que reoriente los patrones insostenibles de producción y consumo por parte de los diferentes sectores de la sociedad, lo que contribuiría a reducir la contaminación, conservar los recursos, favorecer la integridad ambiental de los bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad y los ecosistemas, que a su vez contribuiría a mejorar la competitividad empresarial y de la calidad de vida<sup>8</sup>.

A partir de la reunión de Marrakech impulsada por la Organización de Naciones Unidas (ONU), se busca mejorar el desempeño ambiental de los sectores productivos, para lo cual se han desarrollado estrategias como la Producción más Limpia que han trabajado sobre los temas de la ecoeficiencia<sup>10</sup>, la contaminación y la acelerada pérdida de recursos Naturales, lo que constituye un indicador de ineficiencias en la producción y en el uso de productos y servicios. En la medida en que estas ineficiencias sean evitadas a través de la instrumentación de alternativas preventivas, los sectores mejoran su desempeño ambiental y al hacerlo obtienen beneficios económicos<sup>11,12</sup>.

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento<sup>11,12</sup>. El agua de lluvia es interceptada, recolectada y almacenada en depósitos para su posterior distribución y empleo de acuerdo a los usos para los cuales se disponga. En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie de la planta de techos para la captación, esto contribuye a minimizar la contaminación del agua por la cercanía para el consumo. Adicionalmente, los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para la producción de algunos alimentos que puedan complementar su dieta<sup>11</sup>.

La captación del agua para uso agrícola necesita de mayores superficies de captación, por lo que se requiere de extensas superficies impermeables para recolectar la mayor cantidad posible de agua, todo esto asociado a una mayor demanda de agua dependiendo de los requerimientos de los cultivos que se desean abastecer por esta fuente.

De esta forma, se realiza un análisis para la implementación de un sistema de captación de agua lluvia como fuente alternativa para la I.U. Colegio Mayor de Antioquia, que sin duda alguna conlleva a mejorar el desempeño ambiental de la institución asociado al recurso hídrico y a la implementación de programas de producción más limpia mediante la incorporación de tecnologías amigables con el ambiente o ambientalmente sostenible<sup>8</sup>, al incorporar el aprovechamiento de recursos y fuentes alternativas de los mismos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizó el levantamiento de información histórica de consumos de agua potable para la I.U. Colegio Mayor de Antioquia para los periodos comprendidos entre 2008 – 2011, de acuerdo a las facturas de los servicios públicos domiciliarios. Paralelamente, se adquirió la información historia promedio de la precipitación para el área de estudio. Posteriormente, se realizó un análisis y una proyección económica de los beneficios de la implementación de este tipo de fuentes alternativas, para determinar la sostenibilidad económica, social y ambiental de la implementación del proyecto teniendo en cuenta el área superficial de la planta de techos de la I.U. Colegio Mayor de Antioquia (3.500 m<sup>2</sup>).

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de dicha metodología para la realización del presente estudio.

## RESULTADOS OBTENIDOS

En la tabla No 1 se consignan los datos de consumo promedio mensual para cada uno de los años para el periodo de estudio señalado, número de personas que componen la comunidad académica de la institución y el valor mensual de la factura de los servicios públicos asociados al consumo de agua potable del acueducto de las Empresas Públicas de Medellín.

Tabla 1. Consumos históricos de agua potable promedio mensual en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia entre 2008 y 2011.

<b>Año</b>	<b>Cantidad (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Costo (\$/mes)</b>	<b>Personas/mes</b>
2008	250	\$ 232.825	1759
2009	297	\$ 250.629	1910
2010	607	\$ 624.550	2627
2011	613	\$ 637.145	2902

Como se aprecia en la tabla 1, la I.U. Colegio Mayor de Antioquia para el periodo de observación posee una población académica promedio de 2.299 personas y un consumo promedio de agua potable de 442 m<sup>3</sup>/mes de la red de acueducto de las Empresas Públicas de Medellín; por lo anterior, se tiene un consumo per cápita de agua potable de 6,4 L/persona/día; el consumo promedio per cápita arrojado es aproximadamente 8 veces más bajo comparado con la dotación per cápita requerida por la Norma Técnica Colombia 1500 – Código de Fontanería<sup>13</sup>, que reporta una dotación de 50 L/persona/día. De esta forma, se aprecia que los consumos de agua potable reportan un valor de sostenibilidad ambiental comparados con la NTC 1500<sup>13</sup> para la I.U. Colegio Mayor de Antioquia.

Adicionalmente, se observa una tendencia creciente en la demanda de agua en la institución, esto asociado al incremento de la población académica, la cual ha crecido aproximadamente un 13,7% en los últimos cuatro años, debido al

cumplimiento del Plan de Desarrollo Institucional<sup>14</sup> y a su línea estratégica de incremento de cobertura; lo anterior, ha generado un incremento en la demanda de agua para la institución en un 31,7% aproximadamente para el mismo periodo de estudio.

En la figura 1 se muestra la planta de cubiertas de la I.U. Colegio Mayor de Antioquia, la cual sería el área aferente de captación potencial que se tendría para la implementación de la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico y estrategia de producción más limpia.

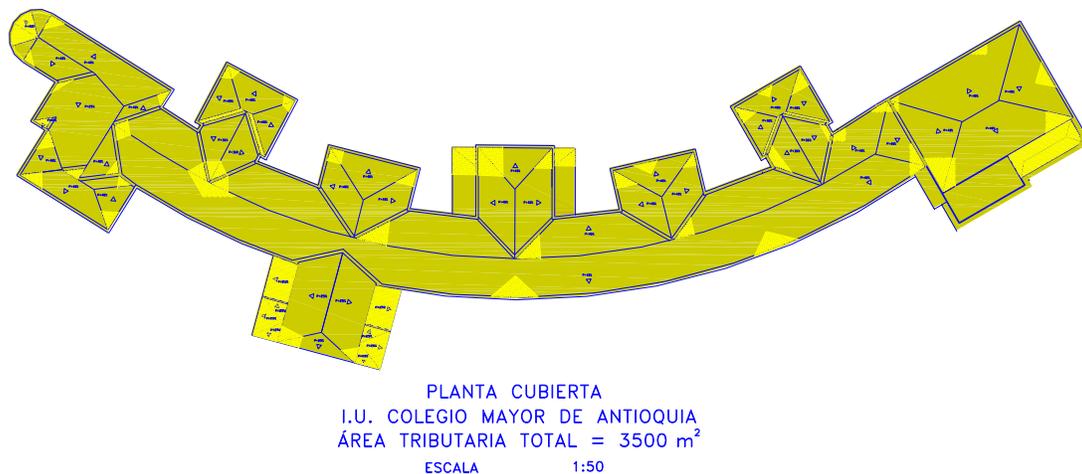


Figura 1. Plano planta de cubiertas de la I.U. Colegio Mayor de Antioquia

En la tabla 2, se presentan los datos de precipitación promedio mensual para la zona de estudio, teniendo en cuenta esta información histórica y el área aferente de captación de agua lluvia, se calculo el volumen potencial de agua lluvia que se podría captar; el cual corresponde a un volumen promedio anual de 483 m<sup>3</sup> de captación potencial.

Tabla 2. Calculo de capacidad de captación agua lluvia en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia.

<b>Mes</b>	<b>Precipitación promedio (mm)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volumen Total Agua (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Enero</b>	55	3500	193
<b>Febrero</b>	77	3500	270
<b>Marzo</b>	114	3500	399
<b>Abril</b>	179	3500	627
<b>Mayo</b>	191	3500	669
<b>Junio</b>	153	3500	536
<b>Julio</b>	108	3500	378
<b>Agosto</b>	154	3500	539
<b>Septiembre</b>	178	3500	623
<b>Octubre</b>	218	3500	763
<b>Noviembre</b>	150	3500	525
<b>Diciembre</b>	79	3500	277

En la tabla 3, se presenta los cálculos de los beneficios económicos asociados a la captación potencial de agua lluvia para la I.U. Colegio Mayor de Antioquia, teniendo en cuenta el consumo promedio mensual de 442 m<sup>3</sup> de agua potable.

De acuerdo a los resultados consignados en la tabla 3 se observa que existiría un déficit de agua para los meses de enero, febrero, marzo, julio y diciembre, los cuales tendrían que suplirse mediante suministro de la red de acueducto, como se hace en la actualidad. Por lo tanto, la captación del agua lluvia se plantea como una oportunidad de fuente alternativa del recurso hídrico, por lo que se evidencia que la institución no sería completamente autónoma para el consumo de agua por la captación de agua lluvia, debe existir la posibilidad del suministro por la conexión al acueducto de las Empresas Públicas de Medellín.

Tabla 3. Beneficios económicos asociados a la fuente alternativa de agua lluvia en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia.

<b>Mes</b>	<b>Volumen Total Agua captada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo Promedio Institucional (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Diferencia Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ahorro (\$)</b>
<b>Enero</b>	193	442	249,5	\$ 192,500
<b>Febrero</b>	270	442	172,5	\$ 269,500
<b>Marzo</b>	399	442	43,0	\$ 339,000
<b>Abril</b>	627	442	-184,5	\$ 442,000
<b>Mayo</b>	669	442	-226,5	\$ 442,000
<b>Junio</b>	536	442	-93,5	\$ 442,000
<b>Julio</b>	378	442	64,0	\$ 378,000
<b>Agosto</b>	539	442	-97,0	\$ 442,000
<b>Septiembre</b>	623	442	-181,0	\$ 442,000
<b>Octubre</b>	763	442	-321,0	\$ 442,000
<b>Noviembre</b>	525	442	-83,0	\$ 442,000
<b>Diciembre</b>	277	442	165,5	\$ 276,500

Lo anterior traducido en tarifa del servicio de acueducto traería un ahorro de \$384.125 mensuales en promedio, además, se lograría ahorros por el no pago de la tarifa del saneamiento básico, debido a que este se cobra de acuerdo a la medición de los consumos de agua potable para las instalaciones hidrosanitarias, por lo tanto, este valor no tendría base de cálculo ni de cobro. El valor se promedio aproximado de ahorro sería de \$384.125 mensual. Por lo anterior, se obtendría un ahorro en las tarifas de servicios públicos de acueducto y saneamiento básico para la institución de aproximadamente \$768.250 mensuales en promedio.

Analizando la demanda de bienes y servicios ambientales de la institución se obtendría una disminución promedio de 384 m<sup>3</sup> mensuales, que se evitarían captar, trasvasar, tratar y distribuir de las fuentes naturales de las cuales captan el agua las plantas de potabilización asociadas al sistema de acueducto de las Empresas Publicas de Medellín.

Adicional a esta evaluación se plantea la necesidad de realizar un programa de educación ambiental asociado al uso eficiente y ahorro del recurso hídrico para la institución, la dotación de sensores eléctricos en los sanitarios y llaves de agua, y la implementación de dispositivos ahorradores.

Como consecuencia de la evaluación económica del presente proyecto, se ha construido un sistema piloto de captación de agua lluvia en el que se pretende evaluar la cantidad de agua almacenada en los eventos de precipitación que se dan, además, de la cuantificación de los niveles de calidad del agua lluvia, caracterizada por los parámetros de pH y turbiedad, como parámetros de calidad del agua para consumo humano. Para lo anterior, en la figura 2, se observa el sistema de captación piloto construido en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia.



Figura 2. Sistema piloto de captación y almacenamiento de agua lluvia en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia.

A futuro se pretende emplear el sistema presurizado de la red contra incendio de la institución, el cual está construido y que se encuentra instalado para la eventualidad de un siniestro, pero que por lo general, este tipo de infraestructuras

se encuentran subutilizada, por lo tanto, se puede emplear para realizar la distribución del agua lluvia captada y almacenada, de acuerdo a la propuesta del sistema de recolección de agua lluvia de la institución; sin embargo, se debe tener el cuidado de dejar el volumen requerido de la reserva de la red contra incendio. El proyecto contempla el empleo de agua lluvia para consumos domésticos que no requieran que las personas ingieran agua potable, es decir, para el lavado de zonas comunes, limpieza, descarga de sanitario, entre otros.

Otro beneficio ambiental que conlleva el aprovechamiento del agua lluvia es el asociado al tema de los drenajes urbanos, debido a que el almacenamiento del agua lluvia incrementa los tiempos de concentración en las cuencas de las zonas urbanas, disminuyendo la vulnerabilidad de las avenidas torrenciales, desbordamiento de cauces y la disminución de los caudales pico de las lluvias, traduciéndose todo esto en estrategias de adaptación y de gestión de riesgos de desastre ante el cambio climático.

## **Conclusiones**

Se evidencia que la implementación de proyectos de construcción sostenible en torno al recurso hídrico y al aprovechamiento de aguas lluvias como fuente alternativa del recurso; pueden ser viables económica, social y ambientalmente, de acuerdo, al análisis que se realice del contexto en el cual se quiera implementar el proyecto.

Para el contexto de la I.U. Colegio Mayor de Antioquia, se concluye que la implementación del sistema de captación, almacenamiento y distribución de agua lluvia logra afianzar la cultura del uso eficiente y racional del agua, la igual que mejorar el desempeño ambiental de la institución, además de asociar disminución

de costos económicos vía tarifa de los servicios públicos por un monto aproximado de \$768.250 mensuales, además, de los beneficios ambientales de la disminución de la demanda de bienes y servicios de los ecosistemas aledaños que suministran el agua para el área metropolitana del Valle de Aburra.

Sin embargo, se plantea el empleo del agua lluvia como una fuente alternativa y no total para el suministro de agua para consumo, debido a que la disponibilidad de este recurso dependerá de las variaciones de la precipitación en el lugar del contexto que se desee realizar.

### **Agradecimientos**

A la I.U. Colegio Mayor de Antioquia, por la financiación para el desarrollo del proyecto de investigación “Determinación de las estrategias de producción más limpia, fuentes alternativas y programas de ahorro y uso eficiente de recurso hídrico en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia”; a los profesores Jhony Alveiro Pérez Salazar y Luis Alejandro Builes Jaramillo por su colaboración en la realización del proyecto; al personal del proceso de infraestructura, en especial a los señores Edilson Vélez y Víctor Mario Galeano por el acompañamiento durante el montaje del sistema piloto de captación y almacenamiento de agua lluvia.

### **Bibliografía**

1. Arroyave R., J. A., Garcés G., L. F., y Arango R. A. (2009). Mineralización del colorante Tartrazina mediante un proceso de oxidación avanzada. *Revista Lasallista de Investigación*. 6(2), 27 – 34.

2. Arroyave R., J. A., Garcés G., L. F. y Mejía T., J. (2009). Empleo del reactivo de fenton para la degradación del colorante tartrazina. *Revista Lasallista de Investigación*. 6(1), 27 – 34.
3. Arroyave R., J. A., Garcés G., L. F. Arango R. A, Agudelo L., C. M. y Martínez R., C. A. (2008). Degradación del colorante tartrazina mediante fotocatalisis heterogénea empleando lámpara de luz ultravioleta. *Revista de Producción Más Limpia*. 3(2), 21 – 32.
4. Arroyave R., J. A., Garcés G., L. F. Arango R. A, Agudelo L., C. M. y Martínez R., C. A. (2008). Degradación del colorante tartrazina mediante fotocatalisis homogénea empleando lámpara de luz ultravioleta. *Revista de Producción Más Limpia*. 3(1), 25 – 35.
5. Arroyave R., J. A., Garcés G., L. F. Arango R. A y Agudelo L., C. M. (2008). Photo degradation of the tartrazine dye by means of photofenton, using an ultra violet light lamp. *Revista Lasallista de Investigación*. 5(2), 6 – 12.
6. Arroyave R., J. A., Garcés G., L. F., Arango R., A. y Agudelo L., C. M. (2008). La Tartrazina, Un colorante de la industria agroalimentaria, degradado mediante procesos de oxidación avanzada. *Revista Lasallista de Investigación*. 5(1), 20 – 27.
7. Arroyave R., J. A., Garcés G., L. F. y Cruz C., A. F. (2007). Comparación de tecnologías avanzadas de oxidación (TAO's) para la degradación del pesticida Mertect. Memorias: 50° Congreso de ACODAL y 12° bolivariano de AIDIS integración, productividad y responsabilidad ambiental. Santa Marta D.T.C.H- Colombia

8. Arroyave R., J. A. y Garcés G., L. F. (2007). Tecnologías Ambientalmente Sostenibles. *Revista de Producción Más Limpia*. 1(2),78 – 86
9. Gonzales D., M.E., et al. Degradación del colorante Rojo Punzó por medio de lodos anaerobios. NOVA – Publicación Científica en Ciencias Biomédicas. ISSN 1794 – 2470. Vol. 8 No. 14 (Julio – Diciembre) 2010. 229 – 236 pag.
10. Ministerio de vivienda, ambiente y desarrollo territorial. (2010). Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá, Colombia.
11. Palacio C., N. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de Caldas, Antioquia. Colombia.
12. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS (2001). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Lima, Perú. 18 pag.
13. ICONTEC (2004). Norma técnica colombiana NTC 1500: Código Colombiano de fontanería. Colombia.
14. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Plan de Desarrollo 2008 – 2012.