



Evaluación económica de la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia¹

Joan Amir Arroyave Rojas² / Juan Camilo Díaz Vélez³
Diana Marcela Vergara⁴ / Natalia David Macías⁴

Economic evaluation of rain water harvesting as an alternative source of water in Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Avaliação econômica da captação de água chuva como fonte alternativa de recurso hídrico na Instituição Universitária Colégio Maior de Antioquia

RESUMEN

Introducción. Existen tecnologías sostenibles que no solo 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. **Objetivo.** Evaluar técnica y económicamente la captación de

¹ 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". ² 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. ³ Estudiante de Construcciones Civiles, Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales – SICA, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. ⁴ Estudiante de Ingeniería Ambiental, Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales – SICA, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

Correspondencia: Joan Amir Arroyave Rojas, e-mail: joan.arroyave@colmayor.edu.co

Artículo recibido: 04/05/2011; Artículo aprobado: 18/06/2011

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 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 de acuerdo con el régimen de precipitación, la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia posee una capacidad potencial de captación de agua lluvia como fuente alternativa de agua para ser almacenada y distribuida, 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 m³. **Conclusiones.** La implementación de proyectos de construcción sostenible en torno al recurso hídrico y al aprovechamiento de aguas lluvias como fuente alternativa del recurso puede ser viables económica, social y ambientalmente de acuerdo con el 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.

ABSTRACT

Introduction. There are sustainable technologies that not only aim to reduce pollution, but to prevent environmental problems. The main principles recommended for technological projects to use and clean water are based on the maximum reuse of clean and semi-clean water; flow reduction and waste separation in the production place, keeping them away from watercourses and treating them separately. **Objective.** To evaluate, both technically and economically, the rain water harvesting as an alternative water source at Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. **Materials and methods.** Basic historical information about the consumption and demand of water in the institution was collected. A search for alternative water sources was proposed, quantifying the amount of water that could be harvested with the rain water system of the building, in order to store and distribute that water. On the other hand, an analysis and an economic projection of the implementation of this project were made. **Results.** It was determined that, according with the precipitation rate, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia has a great potential for rain water harvesting for using it as an alternative source of water to be stored and distributed, thus reducing the demand and consumption of drinking water from the aqueduct of Empresas Públicas de Medellín. This means a cost saving in water bills of about \$768.250 a month, and a reduction in the demand of environmental goods and services related to water of 384 m³. **Conclusions.** The implementation of sustainable construction projects related to water and the use of rain water as an alternative water source can be economically, socially and environmentally feasible, according to the analysis of the context in which the Project is implemented.

Key words: water, rain, sustainable construction, water demand, alternative water source.

RESUMO

Introdução. Existem tecnologias sustentáveis que não só tentam diminuir a contaminação, senão que tratam de prevenir as problemáticas ambientais; os princípios fundamentais recomendados para os projetos tecnológicos de aproveitamento e depuração de água se baseiam na máxima reutilização de águas limpas e semi-limpas, redução de volumes, separação imediata de resíduos onde se produzem, sem incorporá-los às correntes de desaguamento, para tratá-los separadamente. **Objetivo.** Avaliar técnica e economicamente a captação de água chuva como fonte alternativa de recurso hídrico na Instituição Universitária Colégio Maior de Antioquia. **Materiais e métodos.** Recopilou-se informação histórica dos consumos e demanda da água na Instituição, propôs-se a busca de possíveis fontes alternativas de recurso hídrico para o qual se quantificou a quantidade de

água que potencialmente se pode captar pelo sistema de águas chuvas da edificação para seu posterior armazenamento e distribuição na Instituição. Por outro lado, realizou-se uma análise e uma projeção econômica da implementação deste tipo de fonte alternativa, para determinar a sustentabilidade econômica, social e ambiental da implementação do projeto. **Resultados.** Determinou-se que de acordo com o regime de precipitação, a Instituição Universitária Colégio Maior de Antioquia possui uma capacidade potencial de captação de água chuva como fonte alternativa de água para ser armazenada e distribuída, o que implica a uma redução na demanda e consumo de água potável do aqueduto da Empresas Públicas de Medellín. Isto se traduz numa redução de custos via contas de serviços públicos para a instituição, de aproximadamente \$768.250 pesos colombianos mensais, e uma diminuição na demanda de bens e serviços ambientais sócios ao recurso hídrico de 384 m³. **Conclusões.** A implementação de projetos de construção sustentável em torno do recurso hídrico e ao aproveitamento de águas chuvas como fonte alternativa do recurso pode ser viáveis econômica, social e ambientalmente de acordo com a análise que se realize do contexto no qual se queira implementar o projeto.

Palavras importantes: recurso hídrico, precipitação, construção sustentável, demanda de água, fonte alternativa de água.

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 haciendo prevención y tratamiento del grado de contaminación¹⁻⁴ que puede presentar un cuerpo de agua o un vertimiento⁴⁻⁸; sin embargo, en la actualidad es manifiesta la necesidad de gestionar la disponibilidad del recurso hídrico asociada a diferentes problemáticas ambientales tales como la deforestación, el cambio en los usos del suelo, incremento en la demanda de agua, cambio climático, etc. De acuerdo con 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, lo que a su vez contribuiría a mejorar la competitividad empresarial y la calidad de vida⁹.

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 ecoeficiencia¹⁰, 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^{11,12}.

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^{11,12}. El agua de lluvia es interceptada, recolectada y almacenada en depósitos para su posterior distribución y empleo de acuerdo con 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 dieta¹¹.

La captación del agua para uso agrícola necesita de mayores superficies, 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 y de la extensión de los cultivos que se desean abastecer por esta fuente.

Por lo anterior, se hace 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 conduce 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 sostenibles⁸, al incorporar el aprovechamiento de recursos y fuentes alternativas de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se hizo el levantamiento de información histórica de consumos de agua potable para la I. U. Colegio Mayor de Antioquia para los periodos comprendidos entre 2008 y 2011, de acuerdo con las facturas de los servicios públicos domiciliarios. Paralelamente, se adquirió la información histórica promedio de la precipitación para el área de estudio. Posteriormente, se hizo una proyección económica de los beneficios 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 m²).

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se consignan los datos de consumo promedio mensual para cada uno de los años del período 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 I. Consumos históricos de agua potable promedio mensual en la I. U. Colegio Mayor de Antioquia entre 2008 y 2011

Año	Cantidad (m ³)	Costo (\$/mes)	Personas/mes
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 I, la I. U. Colegio Mayor de Antioquia para el período de observación posee una población académica promedio de 2.299 personas y un consumo promedio de agua potable de 442 m³/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 Fontanería¹³, que reporta un 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 1500¹³ para la I. U. Colegio Mayor de Antioquia.

Adicionalmente, se observa una tendencia creciente en la demanda de agua en la Institución, asociada 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 Institucional¹⁴ 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 recolección de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico y estrategia de producción más limpia.

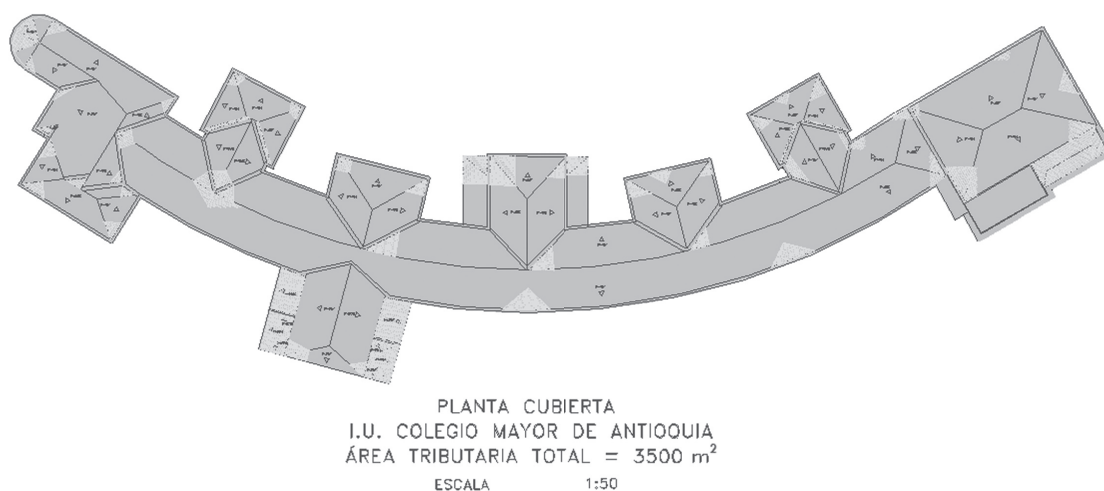


Figura 1. Plano planta de cubiertas de la I. U. Colegio Mayor de Antioquia

Fuente: Plano de infraestructura, IU. 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 calculó el volumen potencial que se podría captar de este recurso, el cual corresponde a un volumen promedio anual de 483 m³.

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 m³ de agua potable.

De acuerdo con 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, razón por la cual debe existir la posibilidad del suministro por la conexión al acueducto de las Empresas Públicas de Medellín.

Lo anterior, traducido en tarifa del servicio de acueducto, traería un ahorro de \$384.125 mensuales en promedio; además, se lograrían ahorros por el no pago de la tarifa del saneamiento básico, debido a que este se cobra de acuerdo con 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 promedio

aproximado de ahorro sería de \$384.125 mensual, o sea igual al de consumo de agua. 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.

Analizando la demanda de bienes y servicios ambientales de la Institución se obtendría una disminución promedio de 384 m³ mensuales de consumo de agua, evitando captarla, trasvasarla, tratarla y distribuirla de las fuentes naturales de las cuales recogen 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 foto 1, se observa el sistema de captación piloto construido 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 e instalado para la eventualidad de un siniestro, pero se encuentra subutilizado, por lo que se podría emplear para hacer la distribución del agua lluvia captada y almacenada, de acuerdo con 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 esta agua para consumos domésticos que no requieran que las personas ingieran agua potable, es decir, para el lavado de zonas comunes, limpieza, descarga de sanitarios, entre otros.

Otro beneficio ambiental que proporciona 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; todo esto se traduce en estrategias de adaptación y de gestión de riesgos de desastre ante el cambio climático.

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

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

Fuente: elaboración propia

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

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



Foto 1. Sistema piloto de captación y almacenamiento de agua lluvia en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia

Fuente: el autor

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, con análisis que se haga 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 consolidar la cultura del uso

eficiente y racional del agua, al igual que mejorar el desempeño ambiental de la Institución; a ello se le asocia la 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 Aburrá.

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.

REFERENCIAS

1. GARCÉS, G. Luis Fernando; ARROYAVE, R., J.A. y ARANGO, R.A. Mineralización del colorante Tartrazina mediante un proceso de oxidación avanzada. Revista Lasallista de Investigación. 2009. Vol. 6, No. 2. p. 27 – 34.
2. MEJÍA, T.; ARROYAVE, J. y GARCÉS G., Luis F. Empleo del reactivo de fenton para la degradación del colorante tartrazina. Revista Lasallista de Investigación. 2009. Vol. 6, No. 1. p. 27 – 34.
3. ARANGO, R.A; *et al.* Degradación del colorante tartrazina mediante fotocátalisis heterogénea empleando lámpara de luz ultravioleta. Revista de Producción Más Limpia. 2008. Vol. 3, No. 2. p. 21 – 32.
4. AGUDELO, L.; *et al.* Degradación del colorante tartrazina mediante fotocátalisis homogénea empleando lámpara de luz ultravioleta. Revista de Producción Más Limpia. 2008. Vol. 3, No. 1. p. 25 – 35.
5. ARROYAVE R., J. A.; *et al.* Photo degradation of the tartrazine dye by means of photofenton, using an ultra violet light lamp. Revista Lasallista de Investigación. 2008. Vol. 5, No. 2, p. 6 – 12.
6. GARCÉS G., Luís F.; *et al.* La Tartrazina, un colorante de la industria agroalimentaria, degradado mediante procesos de oxidación avanzada. Revista Lasallista de Investigación. 2008. Vol. 5, No. 1. p. 20 – 27.
7. CRUZ C., A. F.; ARROYAVE R., J.A. y GARCÉS G., L. F. Comparación de tecnologías avanzadas de oxidación (TAO's) para la degradación del pesticida Mertect. *En:* Memorias: 50° Congreso de ACODAL y 12° bolivariano de AIDIS integración, productividad y responsabilidad ambiental. Santa Marta D.T.C.H- Colombia. 2007.
8. ARROYAVE R., J. A. y GARCÉS G., L. F. Tecnologías Ambientalmente Sostenibles. Revista de Producción Más Limpia. 2007. Vol. 1, No. 2. p. 78 – 86.
9. GONZALES D., M. E.; *et al.* Degradación del colorante Rojo Punzó por medio de lodos anaerobios. *En:* NOVA – Publicación Científica en Ciencias Biomédicas. Julio – Diciembre de 2010. Vol. 8 No. 14. p. 229 – 236.

10. COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política nacional de producción y consumo sostenible. Bogotá, Colombia: El Ministerio, 2010.
11. PALACIO C., N. 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. 2010.
12. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE – CEPIS. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Lima, Perú: CEPIS, 2001. p. 18.
13. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN – ICONTEC. Código Colombiano de Fontanería. Bogotá: ICONTEC, 2004 (NTC 1500)
14. INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA. Plan de desarrollo 2008 – 2012. Medellín: Colegio Mayor, 2008.