

# Red piloto de información hidrometeorológica para el Valle de Aburrá

José Fernando Jiménez Mejía, Carlos Julio Ramírez, Andrés Ochoa Jaramillo, Germán Poveda Jaramillo, Carlos Mario Zapata Jaramillo y María Isabel Marín Morales

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín  
aochoaj@unaamed.edu.co

*Recibido para evaluación: 15 de Septiembre de 2008 / Aceptación: 01 de Octubre de 2008 / Versión Final: 27 de Octubre de 2008*

## Abstract

El Aula Taller de Ciencia y Tecnología de la Escuela del Maestro (Municipio de Medellín) y el Aula Taller Leonardo Da Vinci (Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín) vienen trabajando desde hace varios años en una propuesta pedagógica novedosa para el estudio de las ciencias naturales. Esta iniciativa dio origen a una red preliminar de estaciones meteorológicas didácticas en más de diez colegios y escuelas en municipios del Valle de Aburrá, las cuales están en funcionamiento. Este proyecto fortalece el flujo de información a través de la red básica en varios aspectos: a) la revisión y mejoramiento de las estaciones, b) la ampliación de la red a otras instituciones, c) la conexión de las estaciones a través de una página web que hace pública la información y d) la disponibilidad de la información para la investigación científica y la planeación urbana en el Valle de Aburrá. La principal diferencia de este proyecto con otros similares en todo el mundo radica en la novedosa combinación de pedagogía, motivación ambiental y recolección de información, pues estos elementos se suelen encontrar aisladamente en diferentes experiencias.

**Key Words:** Hidrología urbana, Meteorología tropical, Climatología, Proyectos pedagógicos escolares.

## Resumen

The Science and Technology Teachers' School Workshop (Medellín local government) and the Leonardo Da Vinci Workshop (Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín) have collaborated for some years in a novel pedagogical proposal on science education for children, involving several schools from Medellín. As a result of this effort, some schools have implemented didactic weather stations at their headquarters. In this project we intend to develop a web interface for allowing students and teachers from the associated schools cross interaction for sharing data, experiences, documents, results, and so on. Likewise, the web page will make available all information recorded at the station network. Also, it will include processed data as weather maps, reports, and/or predictions at daily timescales. Moreover, the web will provide data that will be freely available for scientific research and urban planning and management. This project is distinguishable from other similar experiences, because it exhibits a novel mix of pedagogy, environmental concern, and data collection. These elements are found in other projects as isolated efforts.

**Palabras clave:** Urban hydrology, Tropical meteorology, Climatology, School pedagogical projects

## 1. Introduction

La Red de Información hidrometeorológica para el Valle de Aburrá es una iniciativa que surge a partir de varias circunstancias favorables. Por una parte, se cuenta con el respaldo que ofrece el trabajo previo del Aula Taller Leonardo da Vinci (Grupo Ábaco, 2008) de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, la cual, entre un conjunto amplio de otras actividades educativas orientadas a explorar y producir cambios en las prácticas pedagógicas relacionadas con la enseñanza de las ciencias matemáticas y naturales, conformó una línea de trabajo en los estudios del clima y el tiempo atmosférico, con la participación de más de una decena de instituciones educativas dispersas en la montañosa geografía del Valle de Aburrá. Por otra parte, se hace necesario encontrar alternativas para capturar información hidrometeorológica que no sea tan costosa o se someta a condiciones restrictivas de disponibilidad. Además, se requiere que los argumentos técnicos y de racionalidad social adquieran preponderancia sobre los criterios de propiedad privada en el manejo de esta información. Por las razones expuestas, este proyecto piloto intenta la creación de opciones educativas y técnicas que aporten datos de buena calidad sobre las condiciones hidrometeorológicas, al tiempo que los grupos participantes de la red se puedan beneficiar de los efectos educativos, técnicos y sociales derivados de la conformación de este tipo de sistemas. Finalmente, por lo menos en lo que respecta al Valle de Aburrá (Antioquia), en la actualidad se cuenta con la presencia de grupos de investigación activos en áreas de clima, tiempo atmosférico, contaminación atmosférica y salud pública, entre otros, dispuestos a respaldar estas iniciativas, de modo que la vinculación de otras instituciones a la red (no sólo educativas) es una opción atractiva que se irá perfilando en el corto y mediano plazo.

Este artículo se organiza así: inicialmente, se describen los materiales y métodos incluidos en el proyecto, realizando una breve comparación con proyectos similares; posteriormente, se presentan los resultados del proyecto y se finaliza con las conclusiones.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Concepto de red

Un sistema de información en red lo conforman nodos cuya interacción no es ni preferencial ni estrictamente jerarquizada, de tal manera que pueden conservar una cierta autonomía operativa y relacional, sin que por ello se eximan del cumplimiento de ciertas reglas de desempeño y comportamiento dentro del sistema (Van Alstyne, 1997). Desde este punto de vista, la red de información hidrometeorológica para el Valle de Aburrá la constituyen estaciones (nodos de monitoreo) que se encargan de generar, administrar y transmitir su propia información y que pueden interactuar con el resto del sistema en atención a sus propios intereses e iniciativas.

Ahora bien, para ganar en funcionalidad, el sistema tiene, además de las estaciones, un nodo de enlace, cuya operación está, en principio, a cargo de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Las funciones de este nodo de enlace se pueden clasificar en tres categorías:

- *En relación con los procesos educativos:* su función es apoyar toda la actividad pedagógica del sistema y desarrollar procedimientos de calificación, seguimiento y mejoramiento de la calidad de la información generada en las estaciones de monitoreo.
- *Desde el punto de vista del manejo de la información:* el nodo de enlace se encarga de recibir y registrar la información, administrar las bases de datos, operar las aplicaciones disponibles y mantener la página Web actualizada.
- *Acerca de la gestión y promoción de la red:* el nodo de enlace se encarga de divulgar las características de la red y sus ventajas funcionales y sociales, además de aunar, en lo posible, nuevos recursos para su ampliación y mejoramiento.

Por otro lado, como se prevé que, a futuro, ingresarán en la red estaciones de monitoreo en condiciones técnicas muy



## 2.2. La didáctica

En la actualidad, se cuenta con un grupo de instituciones educativas ubicadas en el Valle de Aburrá donde se conformaron grupos de estudiantes y profesores encargados de la función de monitoreo de las variables atmosféricas; estas instituciones se integraron inicialmente a la Red en función del interés manifiesto de profesores y estudiantes de cada centro educativo, mas que en función de criterios matemáticos para la creación del nodo institucional. Y para que los procesos operativos se cualifiquen cada vez más, el Aula Taller Leonardo da Vinci puso en marcha un programa de capacitación dirigido a estos grupos, que consiste en prácticas y conversaciones a propósito de fenómenos naturales relacionados con el clima y el tiempo atmosférico, acerca del significado y características de las variables atmosféricas, de la construcción y el uso de instrumentos hidrometeorológicos (por ejemplo, véase la Figura 2, que muestra un alumno construyendo un anemómetro) y de las labores básicas de monitoreo que se deben realizar en una estación. Este trabajo parte del supuesto de que los procesos de aprendizaje son más eficaces en la medida en que los grupos de interés se enfrentan a problemas y no sólo a conceptos. Ante todo, es deseable que los grupos involucrados con este tipo de programas educativos se entreguen con gracia y entusiasmo al cumplimiento de sus labores y compromisos, con el fin de que también aprovechen y disfruten su



**Figura 2.** Construcción de un anemómetro

Una estación hidrometeorológica escolar típica se conforma con los siguientes instrumentos: garita meteorológica, termómetro de bulbo seco y húmedo, termómetro de temperatura máxima y mínima, anemómetro, veleta, pluviómetro y baroscopio. Con ellos, se obtienen datos de temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura máxima y mínima entre mediciones, vector viento, precipitación, tendencia de la presión, cubrimiento del cielo y nubes predominantes. La labor pedagógica de la red se evidencia en el hecho de que la mayoría de estos instrumentos se elaboran e instalan en talleres pedagógicos con los grupos enlace en las escuelas (hasta diez personas por institución, incluyendo el maestro). Adicionalmente, el registro de esta información se debe realizar según procedimientos y formatos diseñados por la Universidad, compatibles con las convenciones internacionales, de modo que información de la mejor calidad se pueda enviar fácilmente desde cada estación hacia el nodo de enlace de la red.

Como complemento a la labor pedagógica, se está implementando un esquema en el cual se puedan realizar discusiones en torno a temas de interés, por ejemplo, la relación entre la tipología de las nubes y las épocas del año, lo cual se traducirá en concursos que se realizarán con la participación de los nodos, de forma que se estimule el estudio de estos temas, además de la labor de recolección y envío de la información.

## 2.3. Aplicación Web

Como respuesta a la necesidad del flujo de información en red entre las instituciones vinculadas al proyecto, se propone el desarrollo de una aplicación Web que facilite la interacción entre los diferentes nodos. A grandes rasgos, las funciones de la aplicación Web son: captar la información remitida por las estaciones de monitoreo, direccionarla a bases de datos, procesarla para generar nueva información y permitir su acceso controlado. Otras funciones, estructuradas desde la perspectiva motivacional de la red, se relacionan con la elaboración de concursos, la presentación de la carta de nubes y el manejo de las historias en la red. En la Figura 3 se aprecia la interfaz gráfica

de usuario de la página inicial de la aplicación. A partir de esta página, se puede acceder a los siguientes servicios:

- *Estaciones* que conduce a información relevante de cada estación integrante de la red, permitiendo la identificación de cada una de éstas y el conocimiento global entre ellas.
- *Datos Ingresados* permite visualizar, descargar y, por ende, conocer el historial de los datos hidrometeorológicos ingresados por los diferentes nodos de la red.
- *Historias y Galería* son dos espacios pensados para que las personas que participan en el proyecto puedan compartir entre ellos y con otros usuarios parte de sus experiencias, a partir de las anécdotas, historias y momentos que no se pueden dejar de contar en un espacio educativo como éste.
- *Concursos* es un lugar de sana competencia en donde los chicos y maestros enlace pueden aplicar los conocimientos adquiridos en el proyecto. Por ejemplo, se planea tener concursos para predecir el estado del tiempo a partir de las mediciones tomadas en cada una de las instituciones, adquiriendo reconocimientos virtuales que incentiven la participación y el continuo aprendizaje.
- *Recursos* es un compendio de elementos formativos e informativos que se ponen a disposición de los usuarios de la red. Estos recursos se clasificaron en cuatro tipos: Tutoriales, Guías, Protocolos de medición y Artículos y, además, pueden estar en diversos formatos como documento, video e imagen, entre otros. *Recursos* es un servicio encaminado a la comprensión y estudio de los procesos y variables hidrometeorológicas, los instrumentos de medición, etc., explicados de una manera didáctica, creativa e intuitiva.
- *Tabla Sicrométrica* es una de las funcionalidades de la aplicación, que permite a los usuarios realizar cálculos de la humedad relativa en un lugar, dados los datos de presión atmosférica y las temperaturas de bulbo seco y húmedo.
- *Series Temporales* ofrece recursos que son producto del procesamiento de los datos ingresados a través del portal. Aquí los usuarios, además de visualizar, exportar y descargar las series, tienen la posibilidad de graficarlas e interactuar con las imágenes resultantes.
- *Mapas* permite interactuar con algunos mapas construidos con información de la base de datos.
- *Vínculos* es una puerta abierta del portal, sugerida para que los integrantes de la red conozcan otros espacios en donde es posible aprender más sobre la meteorología y la hidrometeorología, con el fin de incentivar en ellos un espíritu investigador en la Web, que complemente la experiencia adquirida como participantes del proyecto.
- *Noticias* muestra las diferentes noticias relacionadas con la red, como la incorporación de nuevos instrumentos de medición en algunas instituciones, usuarios ganadores de los concursos e información relacionada con el mantenimiento de la aplicación, entre otras. Estas noticias también las pueden recibir los usuarios sin necesidad de conectarse a la aplicación por un medio de transferencia o sindicación (W3C, 2008) de información que sirve, además, para informar los cambios importantes ocurridos en la base de datos.
- *Iniciar sesión* es uno de los enlaces fundamentales del portal, pues éste permite a los diferentes profesores enlace de las instituciones, acceder de forma personalizada a la aplicación, con la posibilidad de realizar itinerarios que otros usuarios no pueden, por ejemplo, el ingreso de datos medidos a la base de datos.

Una posible línea de trabajo futuro consiste en que la aplicación Web la puedan utilizar sistemas de generación de alarmas por riesgos o desastres naturales. Un paso hacia este propósito es el desarrollo dentro de la aplicación de un módulo que exporte las series temporales a formatos de algunos Sistemas de Información Geográfica (SIG) para que estos los puedan procesar. Tal es el caso del SIG para la Hidrología Colombiana HidroSIG, desarrollado en la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (Poveda et al., 2007a), (Poveda et al., 2007b).

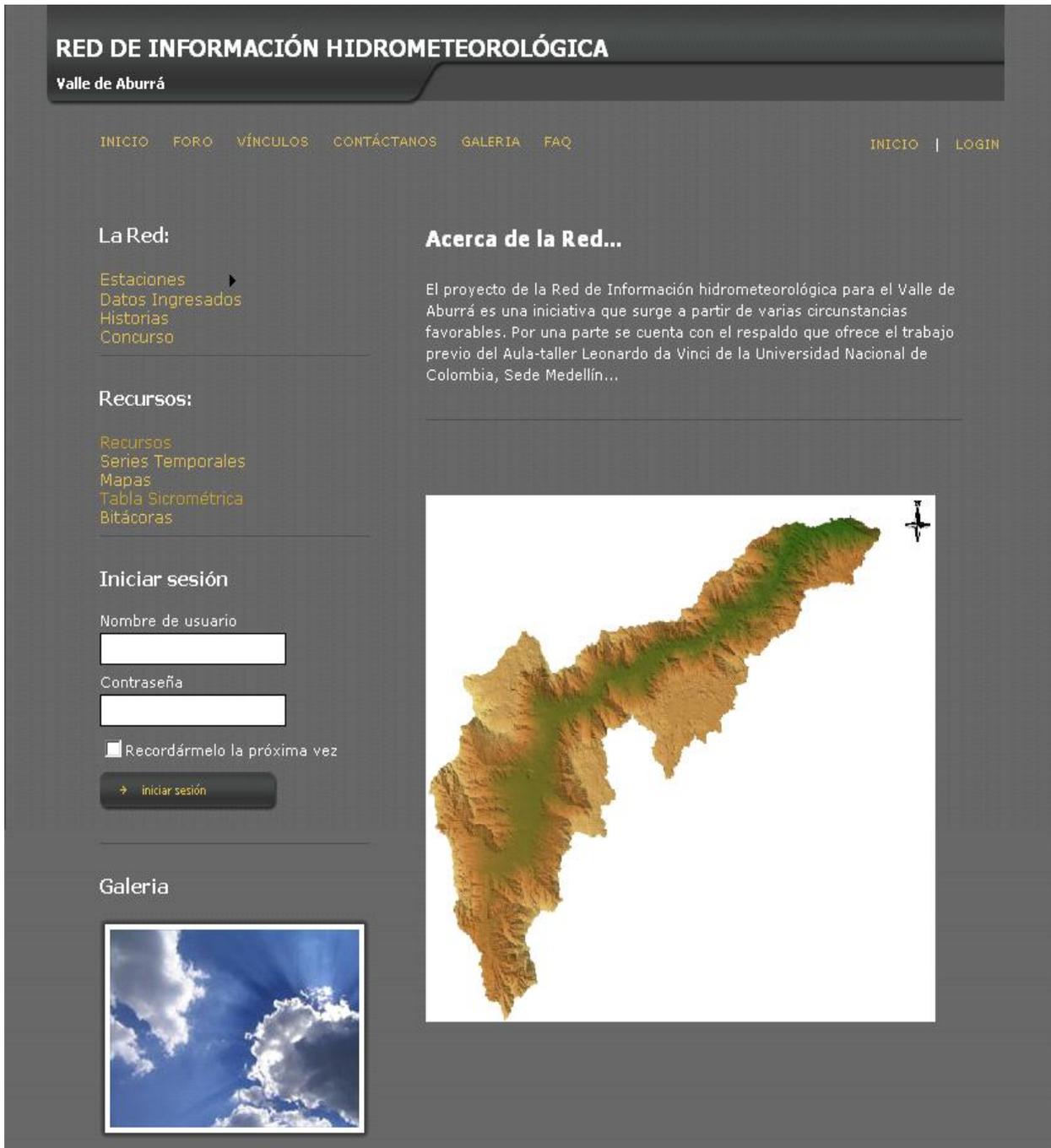


Figura 3. Interfaz gráfica inicial de la aplicación

## 2.4. Funcionalidad del sistema

La red de información hidrometeorológica del Valle de Aburrá realizará la función de enlazar a las instituciones de educación

básica, a la Universidad Nacional de Colombia, a grupos de investigación en meteorología, hidrología, climatología, contaminación atmosférica, etc., y a entidades encargadas de la gestión y la toma de decisiones que tienen que ver con la

información registrada y almacenada por la red. La información meteorológica es importante en asuntos como la dispersión de contaminantes en la atmósfera, el vuelo de aeronaves, la ocurrencia y propagación de incendios, la ocurrencia de deslizamientos de tierra, la aparición del fenómeno de inversión térmica y el análisis de eventos hidrometeorológicos extremos, entre muchos otros. En la actualidad, la red cuenta con 10 nodos que registran la información correspondiente a los instrumentos que cada una posee; mientras que la aplicación Web se encuentra en sus fases iniciales de desarrollo y ya cuenta con un prototipo funcional, en el cual se están realizando las pruebas con los diferentes nodos. Además, debido a la importancia que tiene el monitoreo y control de calidad de los datos, el nodo de enlace implementará algunas herramientas de análisis matemático que permitan distinguir incongruencias en la información reportada desde los nodos de la red.

## 2.5. Comparación con proyectos similares

Algunos proyectos similares a la red de información hidrometeorológica del Valle de Aburrá, son los siguientes:

- Giannola (1998), reporta el uso de información proveniente de nodos ubicados en escuelas y colegios en el área de Washington y Baltimore para el análisis del movimiento de un frente frío. Lo único en común con el proyecto piloto que se presenta en este artículo, es la ubicación de los instrumentos en centros educativos, donde los estudiantes pueden acceder a ellos. Sin embargo, los equipos eran adquiridos y no fabricados, pues se requería un reporte automático de la información.
- Mesarch *et al.* (2000), presentan el proyecto STEDII que pretende la recolección de datos sobre variables ambientales, pero con la intención de servir como medio educativo acerca de la importancia en estos temas. Si bien este proyecto tiene elementos pedagógicos que pueden ser comunes a la red piloto que se plantea en este artículo, es diferente en el sentido que los instrumentos no los desarrollan los estudiantes y tampoco se fomenta la realización de concursos, un aspecto que exige el análisis crítico de los datos para realizar predicciones.
- Baker (2006), presenta el proyecto ACWX que comprende la creación, puesta en marcha y utilización de una estación de observación de variables climáticas. Si bien los estudiantes participan en cada una de las actividades descritas y se fomenta el estudio del método científico con un problema de la vida real, este proyecto es para una sola estación sin el concepto de red, es decir, con el fin de recabar información para una estación individual. En consecuencia, elementos como los datos compartidos, la galería de imágenes y los concursos, presentes en la red piloto de este artículo, no se toman en consideración en ACWX.
- Scherrer *et al.* (2008), recientemente hicieron un reporte del proyecto *IHY Education and Outreach Program*, que pretende difundir el conocimiento acerca de la variabilidad de la ionosfera. Este proyecto facilita, a bajo costo, instrumentos para la medición de este fenómeno en todos los países del mundo, de forma tal que se pueda compartir la información de las mediciones que se realizan en colegios y universidades sobre este tema. Dado que se trata de un tema sobre el cual es difícil la elaboración artesanal de instrumentos precisos para su medición, esto marca una diferencia con la red piloto de este artículo. La ausencia de concursos y galerías de imágenes, constituye una diferencia adicional con dicha red.
- Avard y Clark (2001), presentan el proyecto GLOBE (*Global Learning and Observations to Benefit the Environment*) que constituye quizá el esfuerzo global más importante en la recolección de información climática y ambiental con fines pedagógicos. Con un sitio web lleno de recursos para enseñar a los alumnos, profesores y al público en general los elementos fundamentales de la medición de variables en las ciencias de la tierra, su objetivo es más la instrucción que la recolección de datos. Además, no promueven la creación de nodos escolares ni la elaboración de instrumentos de medición.
- Breen y Friestad (2000), suministran información para que los niños puedan crear una estación climática, con el fin de estudiar el clima y hacer predicciones. Si bien se trata de un proyecto completamente educacional, posee varios de los elementos que hacen parte de la red piloto que se presenta en este artículo. No se trata de la recolección de datos o la

creación de una red de medición de variables ambientales, pero procura la motivación de los niños para la creación de instrumentos de medición, su uso y el manejo de la predicción, que es lo que se emplea en los concursos de la red piloto.

En síntesis, la revisión muestra que existen antecedentes con características similares a la red que se plantea en este artículo, pero también exhibe su principal ventaja: la mezcla entre la recolección de datos cada vez más confiables (que es una potencial herramienta para predicción y otros usos) con la generación de una conciencia ambiental en los alumnos de las entidades participantes y la pedagogía como medio para involucrar las diferentes estaciones en la cultura de la medición ambiental.

### 3. Resultados

La red de información hidrometeorológica del Valle de Aburrá es útil desde tres puntos de vista básicos que son: a) didáctica de las ciencias naturales, b) investigación científica y aplicada y c) soporte para la toma de decisiones ambientales a mediano plazo.

#### 3.1. Didáctica de las ciencias naturales

Varias instituciones educativas del Valle de Aburrá vienen trabajando desde hace algunos años con el Aula Taller Leonardo Da Vinci (Grupo Ábaco, 2008). El estilo de enseñanza cultivado en ese proyecto se basa en el trabajo práctico y en equipo, buscando el fortalecimiento de la capacidad de observación de los estudiantes. Como resultado, se tienen grupos de observadores del tiempo atmosférico en esas instituciones que, a pesar de las dificultades económicas y sociales, cuidadosamente toman los registros de los instrumentos de medición.

Al ser el cambio climático un problema de primer orden a escala mundial, la sensibilización y la educación de las personas en este tema se deberían tomar más en serio. La Red de Información Hidrometeorológica para el Valle de Aburrá posibilita una vía de contacto entre los colegios, de manera que sus estudiantes y profesores puedan compartir sus experiencias entre sí y con los estudiantes y profesores de la Universidad Nacional.

#### 3.2. Investigación científica y aplicada

La disponibilidad de información sobre variables hidroclimáticas representa generalmente un punto crítico para cualquier investigación. Frecuentemente, los datos no tienen la calidad requerida o no cubren la extensión espacial y/o temporal adecuada. En estos casos, se dice que la cuenca es no aforada. Los resultados y las conclusiones que se obtienen a partir de esta información, cargan irremediablemente errores e incertidumbres. El problema de las cuencas no aforadas, conocido como PUB (*Prediction in Ungauged Basins*) (PUB, 2008), representa uno de los desafíos más importantes de las geociencias (Sivapalan *et al.*, 2003).

El clima de Colombia es complejo por naturaleza, influenciado por un relieve muy irregular y por factores externos como los fenómenos que ocurren en el mar Caribe, el Océano Pacífico y la cuenca del río Amazonas (Mesa *et al.*, 1997), (Poveda, 2004), (Poveda *et al.*, 2007). El cambio climático refuerza esa complejidad y plantea desafíos muy importantes para la sociedad (Mesa, 2007). Colombia se debe preparar para prevenir y mitigar los efectos negativos (inundaciones, sequías, hambrunas, heladas, etc.). Las condiciones actuales de cambio climático en Colombia (Mesa *et al.*, 1997), (Pérez *et al.*, 1998) plantean un desafío en todos los órdenes sociales: hay que reevaluar y posiblemente replantear la agricultura y la ganadería, la generación de energía y la prevención de desastres, el control de epidemias y los medios de transporte, el abastecimiento de agua doméstico e industrial, etc. Para ello, un asunto primordial es obtener la mejor información posible acerca del sistema climático (en precisión y en cobertura espacial y temporal). El Valle de Aburrá posee, igualmente, características climáticas complejas. El modelado de la estabilidad atmosférica (Rendón, 2007), la convección local, los mecanismos de dispersión y los patrones de circulación (Montoya y Cepeda, 2004) requieren información confiable y geográficamente distribuida de las variables atmosféricas básicas. La Red de Información Hidrometeorológica para el Valle de Aburrá aporta información de ese tipo y se convierte en un mecanismo fácilmente extensible para el logro de la información de calidad pues, a medida que más nodos se unan a la red, la cobertura y calidad de la información se pueden incrementar notoriamente.

### 3.3. Soporte para la toma de decisiones ambientales a mediano plazo

La complejidad de los procesos hidrometeorológicos y del clima de Colombia (Poveda, 2004) y las incertidumbres asociadas al cambio climático y los cambios en usos del suelo, hacen vislumbrar un panorama cargado de desafíos para la toma de decisiones en la gestión de los recursos. Algunos países desarrollados cuentan con redes de medición relativamente densas, muchas veces conformadas por observadores aficionados. La red del *Cooperative Observer Program del National Weather Service* en Estados Unidos (COOP, 2007) con más de 11000 cooperantes y la red *Meteoclimatic* en España (METEOCLIMATIC, 2007) son dos ejemplos resaltables de esta labor. La NASA, por su parte, tiene un proyecto denominado CERES s'cool que integra a niños de instituciones educativas de todo el mundo como observadores de nubes. Las observaciones las hacen simultáneamente los niños desde sus colegios y la NASA desde el espacio a través de los satélites *Acqua y Terra*. En este programa participan colegios del Valle de Aburrá y de Antioquia que trabajan con la Escuela del Maestro (Secretaría de Educación del Municipio de Medellín) y el Aula Taller Leonardo Da Vinci de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. En Colombia, se destaca una red de información hidrometeorológica para la prevención de desastres, con datos públicos, que opera y mantiene el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales (IDEA, 2007), en convenio con la Alcaldía Municipal. La Red de Información Hidrometeorológica para el Valle de Aburrá pretende convertirse, en el mediano plazo, en un instrumento de apoyo a la gestión ambiental del territorio metropolitano y servir de soporte a los sistemas y programas de prevención y atención de desastres.

## 4. Conclusiones

La propuesta de conformar una red de información hidrometeorológica para el Valle de Aburrá con participación de entidades educativas, ambientales y privadas, se basa en la hipótesis de que es posible demostrarle a la sociedad las

múltiples ventajas que se derivan de mejorar las condiciones de medición y observación de los procesos atmosféricos y de que esa información sea accesible al público en general, tanto por lo que concierne a la previsión de riesgos y desastres como a la planeación de actividades económicas y de desarrollo. Ante escenarios de un deterioro ambiental progresivo y alarmante, y dadas las inciertas circunstancias de cambio climático que enfrenta el planeta, sería deseable que la información no se siga manejando en el país como asunto de entidades privadas, cuando los eventos que comprometen la seguridad social y alimentaria afectan a toda la sociedad. De hecho, esta red piloto tiene por objetivo, en principio, involucrar a la comunidad educativa del Valle de Aburrá para que entienda los aspectos básicos relacionados con los procesos atmosféricos y del clima, y para que los niños y los jóvenes, con su entusiasmo y dedicación, cultiven un profundo amor y respeto por la naturaleza. Sin embargo, la red piloto aspira a que, progresivamente, se una a esta iniciativa un grupo creciente de otras instituciones que aporten recursos e información adicional al sistema, mientras se benefician del uso de las bases de datos y de los módulos y aplicaciones que se pondrán a libre disposición de los usuarios de la red. De este modo, la red de información hidrometeorológica del Valle de Aburrá muestra su utilidad en: a) la didáctica de las ciencias atmosféricas y naturales, b) la investigación científica y aplicada, y, en el mediano plazo, como c) soporte para la toma de decisiones ambientales.

## Referencias

- Avard, M. M. y Clark, B.K., 2001. Globe in Preservice and Inservice Teacher Education, *Journal of Geosciences Education*, v. 49, n.5, pp.461-466.
- Baker, R., 2006. Project-Based Learning, Surface Energy Balance, and Establishment of a New Undergraduate Weather Station. *Journal of Geoscience Education*, v. 54, n. 3, pp. 320-328.
- Breen, M. y Friestad, K., 2000. *The Kids' Book of Weather Forecasting: Build a Weather Station, «Read» the Sky & Make Predictions!*. Williamson Publishing Company, Charlotte. 144 p.

Cooperative Observer Program (COOP). NOAA, National Weather Service [en línea]. USA Actualización 2008 [Consulta 29 de Septiembre 2008]. Disponible en internet: <<http://www.nws.noaa.gov/om/coop/>>.

Giannola, R., 1998. Analyses of mesoscale events and local climate using the Automated Weather Source school weather network. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, v 77-78, pp. 23-37.

Grupo Ábaco. Grupo para el Acompañamiento en Ciencias Básicas, Creatividad e Innovación Tecnológica [en línea]. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín [Consulta 26 de Septiembre 2008]. Disponible en internet: <<http://abaco.unalmed.edu.co/index.html>>.

IDEA, Estaciones meteorológicas de Manizales [En línea]. Manizales [Consulta 29 de Septiembre 2008]. Disponible en internet: <<http://idea.manizales.unal.edu.co/Boletin/index.asp>>.

Mesa, O.J. 2007. ¿Adonde va a caer este globo?: acerca del futuro de la tierra. *Avances en recursos hidráulicos*, n. 14, pp.97-99.

Mesa, O.J, Poveda, G., et al. 1997. *Introducción al Clima de Colombia*. Imprenta Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 390 P.

Mesarch, M., Meyer, S., et al. 2000. A Flexible K-12 Weather Data Collection and Education Program. *Electronic Journal of Science Education*, v. 5, n. 1. Disponible en internet:

<<http://wolfweb.unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html>>

Meteoclimatic [en línea]. España [Consulta 26 de Septiembre 2008]. Disponible en internet: <<http://www.meteoclimatic.com/>>

Montoya, G., Cepeda, W., et al. 2004. Características de la turbulencia y la estabilidad atmosférica en Bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, v. 28, n. 108, pp.327-335.

Pérez, C.A., Poveda, G., et al. 1998. Evidencias de cambio climático en Colombia: tendencias y cambios de fase y amplitud de los ciclos anual y semianual. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, Tome 27, n° 3: Variations climatiques et ressources en eau en Amérique du Sud: Importance et conséquences des événements El Niño. pp. 537-546.

Poveda, G. 2004. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, v.28, n.107, pp. 201- 222.

Poveda, G., Mesa, O.J., et al., 2007a. An Interactive Digital Atlas of Colombia's Hydro-climatology. *Journal of Hydroinformatics*, v.9, n.2, pp.145-156.

Poveda, G., Vélez, J.I., et al., 2007b. Linking Long-term Water Balances and Statistical Scaling to Estimate River Flows along the Drainage Network of Colombia. *Journal of Hydrologic Engineering - ASCE*, v. 12, n. 1, pp.4-13.

PUB. Prediction in Ungauged Basins, Secretariat at the international water management institute [en línea]. International Association of Hydrological Sciences [Consulta 29 de Septiembre 2008]. Disponible en internet: <<http://pub.iwmi.org>>.

Rendón, A. 2007. *Rompimiento de la Inversión Térmica en el Valle de Aburrá*. Medellín. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia.

Scherrer, D., Cohen, M., et al., 2008. Distributing space weather monitoring instruments and educational materials worldwide for IHY 2007: The AWESOME and SID project. *Advances in Space Research*, in press.

Sivapalan, M., Takeuchi, K., et al. 2003. Decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003-2012: Shaping an Exciting Future for the Hydrological Sciences. *Hydrological Sciences Journal – des Sciences Hydrologiques*, v. 48, n. 6, pp.857-880.

Van Alstyne, M., 1997. The state of network organization : a survey in three frameworks. *Journal of Organizational Computing*, v. 7, n. 3/4, pp. 83-151.

W3C. About RSS [en línea]. World Wide Web Consortium [Consulta 29 de Septiembre 2008]. Disponible en internet: <<http://www.w3.org/WAI/highlights/about-rss.html>>.

Zapata, C. M., Gelbukh, A., Arango, F. 2006. Pre-conceptual Schemas: a conceptual-graph-like knowledge representation for requirements elicitation. *Lecture Notes in Computer Sciences*, v. 4293, pp. 17-27.