

**ARCHIVO  
MICHEL HERMELIN ARBAUX  
ESCRITOS**

**La importancia de la instalación de redes  
meteorológicas densas en las ciudades  
localizadas en montañas del trópico.  
2002 - 2003**

**MHA - 96**

norma

Cod. 510882

Carpeta de Aletas  
Libre de Ácidos

---

## LA IMPORTANCIA DE LA INSTALACIÓN DE REDES METEOROLÓGICAS DENSAS EN LAS CIUDADES LOCALIZADAS EN MONTAÑAS DEL TRÓPICO HÚMEDO

---

**JUANITA LÓPEZ**

Universidad EAFIT -Medellín

**LUZ JEANNETTE MEJÍA**

Sistema Municipal de Prevención y Atención de Desastres - SIMPAD

**MICHEL HERMELIN**

Universidad EAFIT -Medellín

---

López, J., L. Mejía & M. Hermelin. 2002: La importancia de la instalación de redes meteorológicas densas en las ciudades localizadas en montañas del trópico húmedo. Meteorol. Colomb. 5:115-122. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia.

---

### RESUMEN

La Ciudad de Medellín se ha caracterizado por la recurrencia de eventos de origen natural y/o antrópico en los últimos años y ante la carencia de sistemas de monitoreo y alarma en los sectores críticos, surgió la idea de crear una red hidrometeorológica en el marco de un proyecto más amplio que incluyeron un proyecto de investigación acompañado de un programa educativo. Dicho proyecto preparado por el SIMPAD con la asesoría de la Universidad EAFIT recibió el nombre de "Estudio hidrometeorológico en la ciudad de Medellín" y fue adoptado por la Corporación Regional de Antioquia (CORANTIOQUIA) quien lo incluyó en el presupuesto de la Sobretasa Ambiental para que los recursos fueran ejecutados por el SIMPAD. A su vez, el SIMPAD contrató a la Universidad EAFIT para que se vincularan estudiantes de pregrado y de postgrado al proyecto. Para el estudio se eligieron las diez quebradas afluentes del río Medellín con mayor índice de ocurrencia de inundaciones y deslizamientos (Santa Elena y su afluente la Castro, Doña María, La Iguaná, Altavista, La Picacha, Ana Díaz, la Hueso, la Quintana y la Minitas), con base en las estadísticas del SIMPAD (1996). Con este fin se instalaron en el 2001: 35 pluviógrafos y 60 pluviómetros en diferentes instituciones educativas y centros comunitarios; 23 limnímetros repartidos a lo largo de las quebradas y 3 limnigramos en las quebradas La Iguaná, Santa Elena y Doña María. Además del aspecto técnico, educativo y del conocimiento básico que aportan un proyecto como el presente, hay que tener presente la gran importancia que representa para el estudio de los procesos naturales: no sólo el conocimiento detallado de la distribución de lluvias permitirá prever eventos torrenciales, sino que permitiría conocer los umbrales correspondientes al desencadenamiento de movimientos de masa múltiples.

**Palabras clave:** Pluviómetros, pluviógrafos, limnigramos, limnímetros, educación ambiental, meteorología, inundaciones, material educativo.

### ABSTRACT

The city of Medellín has been characterized by the occurrence of natural and human events in the Last years and because of the lack of monitor systems and alarms in the critical zones an idea of creating a hydrometeorological net in the mark of a big project that include an investigation project accompanied by an educational program has arose. This project prepared by The "Sistema Municipal de Prevención y Atención de Desastres" SIMPAD with the consultantship of the EAFIT University received the name of "Hydrometeorological Study in the city of Medellín" and it was adopted by the "Corporación Autónoma Regional de Antioquia" (CORANTIOQUIA) who included it in the budget of the Environmental Supertax so that the resources were executed by the SIMPAD. In turn, the SIMPAD hired EAFIT University so that pregraduated and postgraduated students were linked to the project. For this study ten streams with bigger index of occurrence of floods and

landslides were selected (Santa Elena and its tributary the Castro, Doña. María, La Iguaná, Altavista, La Picacha, Ana Díaz, La Hueso, La Quintana and La Minitas), based on the SIMPAD statistics (1996). With this end were settled in the 2001: 35 pluviograph and 60 pluviometer in different educational institutions and community centers; 23 limnimeters distributed along the streams and 3 limnigraph in La Iguaná, Santa Elena and Doña. María. Besides the technical, educational aspect and of the basic knowledge that a project as this contribute, it is necessary to have present the great importance that it represents for the study of the natural processes: the detailed knowledge of the distribution of rains will not only allow to foresee torrential events, but rather it would allow to know the thresholds corresponding to the starting of multiple mass movements.

**Key words:** Pluviometer, pluviograph, limnigraph, limnimeter, environmental education, meteorology, floods, landslides and educational material.

## 1. INTRODUCCIÓN

La expansión urbana de Medellín y de las demás poblaciones del Valle de Aburrá, se ha desarrollado hacia las partes medias y altas de las cuencas de las quebradas afluentes al río Medellín. Este crecimiento acelerado, que ha tenido lugar en las últimas décadas, ha conllevado la configuración de barrios en zonas inestables o en terrenos inundables, que constituyen zonas expuestas a las amenazas naturales por deslizamientos y avenidas torrenciales.

En vista de la poca información que existe sobre las quebradas, Planeación Metropolitana, el Instituto Mi Río y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) lideraron un "Levantamiento Integrado de Cuencas Hidrográficas", cuyo objetivo era identificar los problemas ambientales de las microcuencas de la ciudad tales como deforestación, contaminación de las quebradas, inestabilidad de taludes, socavación de cauces, sobrepastoreo y asentamientos humanos en zonas de riesgo y terrenos inundables, entre otros (Instituto Mi Río & PNUD, 1996).

Los resultados del estudio destacaron la carencia de mecanismos de monitoreo directo de dichos procesos naturales y antrópicos. Esto motivó al Sistema Municipal de Prevención y Atención de Desastres (SIMPAD) a instalar en el año de 1999, en 24 escuelas de la Comuna Nororiental, una red de pluviómetros respaldada por una serie de capacitaciones para que los niños de las escuelas y algunos organismos comunitarios se encargaran de su manejo. Desafortunadamente, el mantenimiento y la atención permanente de estos equipos excedía la capacidad técnica del SIMPAD y se dejó de hacer seguimiento en las escuelas.

A partir de este primer intento, surgió la idea de crear una red hidrometeorológica en el marco de un proyecto más amplio que incluyera un proyecto de investigación acompañada de un programa educativo. Dicho proyecto preparado por el SIMPAD, con la asesoría de la Universidad EAFIT recibió el nombre de "Estudio hidrometeorológico en la ciudad de Medellín" y fue adoptado por la Corporación Regional de Antioquia (CORANTIOQUIA), quien lo incluyó en el presupuesto de la Sobretasa Ambiental para que los recursos fueran ejecutados por el SIMPAD. A su vez, el SIMPAD contrató a la Universidad EAFIT para que se vincularan estudiantes de pregrado y de postgrado al proyecto.

Para el estudio se eligieron las diez quebradas afluentes del río Medellín (Fig.1), con mayor índice de ocurrencia de inundaciones y deslizamientos (Santa Elena y su afluente la Castro, Doña María, La Iguaná, Altavista, La Picacha, Ana Díaz, la Hueso, La Quintana y La Minitas), con base en las estadísticas del SIMPAD, (1996).

El proyecto estaba entonces compuesto por dos frentes de trabajo: investigativo y educativo. El primero, en manos de dos estudiantes de la Maestría en Ciencias de la Tierra de la Universidad EAFIT, asesorados por un meteorólogo, tenía como objetivo el diseño de una red comunitaria de observación hidrometeorológica y el diagnóstico geomorfológico y ambiental de las cuencas. Con este fin se instalaron en 2001: 35 pluviómetros y 60 pluviómetros en diferentes instituciones educativas y centros comunitarios; 23 limnímetros repartidos a lo largo de las quebradas y 3 limnigramas en las quebradas La Iguaná, Santa Elena y Doña María.

El frente educativo se encargó de entregar a la comunidad los pluviómetros y de capacitarla para que se comprometiera con el proyecto y se responsabilizara de tomar correctamente los datos. Para lograr este objetivo se diseñó una estrategia educativa basada en la elaboración de cartillas de manejo del pluviómetro, un manual de trabajo basado en conceptos como cuenca, ciclo hidrológico y amenazas por inundaciones, avenidas torrenciales y deslizamientos; y también se llevaron a cabo talleres participativos, dirigidos a los coordinadores, profesores y estudiantes, esto último con el fin de divulgar el proyecto, presentar el material didáctico y motivar a las personas para que se unieran a él. Todo el proceso apuntó a que la comunidad se integrara a la investigación y contribuyera directamente con la generación de información para que pudiera en un futuro participar en la toma de decisiones alrededor de la mitigación y prevención de los desastres naturales.

Además del aspecto educativo y del conocimiento básico que aporta un proyecto como el presente, hay que tener presente la gran importancia que representa para el estudio de los procesos naturales: no sólo el conocimiento detallado de la distribución de lluvias permitirá prever eventos torrenciales, sino que permitiría conocer los umbrales correspondientes al desencadenamiento de movimientos de masa múltiples, tal como ocurrió recientemente en La Estrella (Cadavid, Hermelin & De Greiff, 2001) y en el corregimiento de San Cristóbal (Hermelin, 2001).

fz

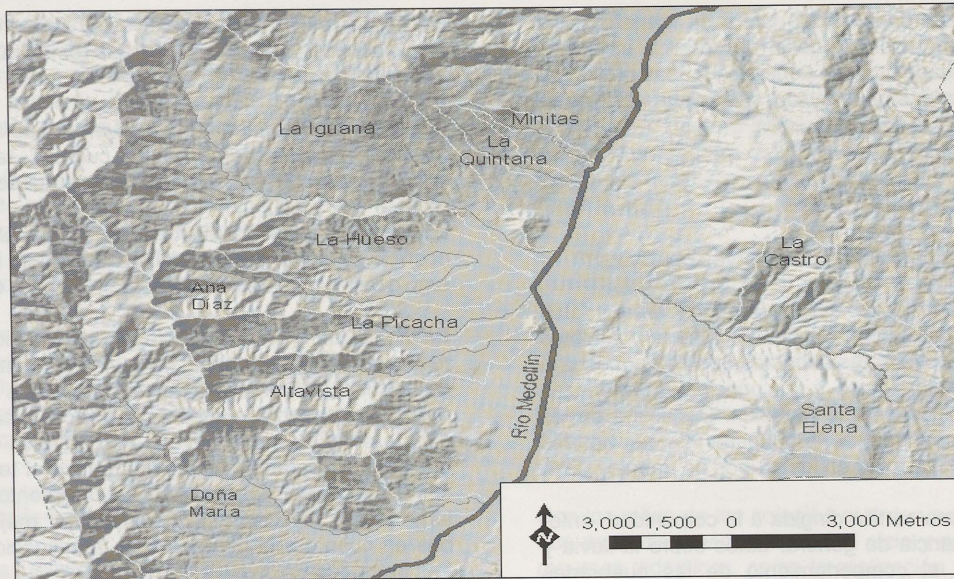


Figura 1. Localización Red Hidrometeorológica

## 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### 2.1. Fase Técnica

#### 2.1.1. Objetivos

Los objetivos del proyecto fueron los siguientes:

Realizar estudios hidrometeorológicos, geomorfológicos y edafológicos de las cuencas de 10 quebradas seleccionadas en el Valle de Aburrá, que permitieran la elaboración de mapas preliminares de amenazas por inundación y avenidas torrenciales.

Implementar una base de datos georreferenciada con la información recolectada y producida en los estudios hidrometeorológicos, mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica, con el fin de permitir la simulación posterior del comportamiento de las cuencas con modelos de precipitación – escorrentía.

Instrumentar con pluviómetros, pluviógrafos, limnímetros y limnógrafos las cuencas de las 10 quebradas objeto del estudio para obtener datos diarios y continuos de precipitación y de niveles de quebradas.

Elaborar un diagnóstico de la respuesta hidrológica en cada cuenca, partiendo de los datos históricos e información secundaria e integrando los primeros datos recolectados por las nuevas estaciones, para obtener la probabilidad de ocurrencia de eventos pico.

Actualizar los mapas geomorfológicos para las zonas de estudio, con énfasis en los depósitos generados en inundaciones y eventos torrenciales pasados en las áreas rurales.

Establecer en forma preliminar el coeficiente de escorrentía en zonas rurales de acuerdo con los usos del suelo, las pendientes y las formaciones superficiales

Elaborar mapas preliminares de amenaza por inundaciones en cada cuenca.

Validar la metodología utilizada en el estudio para su posterior aplicación a otras cuencas del Valle de Aburrá.

Asesorar en la implementación de un sistema de alarma basado en la utilización de radios transmisores - receptores, para prevenir los efectos negativos de las inundaciones en la comunidad para cada cuenca.

#### 2.1.2. Metodología

Se siguió la siguiente metodología:

El proceso se inició con el análisis bibliográfico, seguido por la propuesta de instrumentación hidrometeorológica de las quebradas objeto de estudio, el procesamiento de información cartográfica digital, la determinación en campo de coeficientes de escorrentía, el modelamiento hidrológico de cada una de las cuencas utilizando herramientas del SIG ArcInfo, el modelamiento hidráulico de los cauces de las quebradas con el programa HEC-RAS, la definición de zonas inundables a partir de modelos de elevación digital de las cuencas y los niveles de agua generados por la modelación hidráulica.

Además se levantaron en campo los depósitos aluviotorrenciales que se encuentran en los cauces de las quebradas y se modeló una lluvia torrencial generalizada ocurrida en el mes de septiembre de 1988, que ocasionó el desbordamiento de las quebradas de la zona occidental de la ciudad.

Estos últimos pasos permitieron inferir de manera inicial la validez de la metodología desarrollada en la investigación. Como resultado final, se tienen los mapas preliminares de amenaza por inundación. (Montoya & Patiño, 2000)

## 2.2. Fase Educativa

La fase educativa persiguió los siguientes objetivos:

Elaboración de un manual dirigido a educadores, líderes comunitarios y facilitadores, que contuviera conceptos básicos sobre los diferentes aspectos que componen una cuenca, el ciclo hidrológico y las principales amenazas naturales de las cuencas de Medellín. Cada uno de los temas fue acompañado de propuestas de actividades didácticas para desarrollar en los grupos de trabajo.

Elaboración de una cartilla dirigida a la comunidad, enfocada a la importancia de generar datos sobre la lluvia y su relación con el comportamiento de las quebradas afluentes del río Medellín.

Diseño de talleres participativos para comprometer a los estudiantes de 30 instituciones educativas en la toma de datos y para capacitar a los profesores de esas instituciones y coordinadores de 70 comités barriales de emergencia, en el manejo de los pluviómetros y del "Manual de Instructores".

Como el objetivo principal era capacitar al personal que operaría los equipos, así como a las instituciones y comités barriales de emergencias, que tendrían a su cuidado las estaciones, se desarrollaron tres estrategias para la difusión del proyecto:

### 2.2.1. Manual de instructores

El manual obtenido contiene textos cortos, que explican claramente los aspectos y términos más importantes,

utilizando recuadros explicativos, y proporciona el trasfondo conceptual para manejar los temas que se trabajan en los talleres.

El contenido del manual aparece en la Tabla 1. La primera sección trata el tema de "La cuenca", tanto desde el punto de vista territorial como desde su descripción física.

Los talleres tienen como objetivo, la visualización de la cuenca en toda su dimensión para que las personas empiecen a considerarla como un referente de arraigo.

En la sección del "ciclo hidrológico", se explica brevemente el ciclo y su importancia para el funcionamiento natural de la cuenca. Los talleres están diseñados para que las personas valoren sus quebradas y reconozcan la relación directa entre su diario devenir y los rasgos climáticos de la ciudad. A partir de esto se introduce el tema de medición de la lluvia, como parte de un intento colectivo, a largo plazo, para conocer más y tomar mejores decisiones en cuanto a la planeación y la mitigación de desastres naturales.

Por último se trata el tema de las "amenazas naturales" por inundaciones y deslizamientos que ponen en riesgo la vida y bienes de muchos de los habitantes de Medellín. También se plantean talleres de apoyo a las actividades que realizan los comités de emergencias.

### 2.2.2. Talleres

Los talleres se desarrollaron de la siguiente manera:

Se le asignó a cada persona una escarapela con su nombre y luego cada uno se presentó ante el resto del grupo.

Se hizo una presentación del "Estudio Hidrometeorológico". A los niños, se les explicaron los propósitos del proyecto y se les invitó a hacer parte, a partir de ese momento, de un grupo llamado "Los guardianes de la lluvia".

Tabla 1. Tabla de contenido del manual para instructores

<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	
La cuenca	
Taller 1:	Elaboremos una maqueta de la cuenca
Taller 2:	¿Qué tan grande es mi cuenca?
Taller 3:	Describamos nuestra cuenca
Taller 4:	¿El agua de la quebrada está limpia?
El ciclo hidrológico	
Taller 5:	El viaje del agua
Taller 6:	Juguemos al ciclo del agua
Taller 7:	Infiltración
Taller 8:	¿Qué problemas trae la deforestación?
Taller 9:	Vamos todos a medir la lluvia
Taller 10:	Vamos todos a interpretar la lluvia
Amenazas naturales de una cuenca	
Taller 11:	Reconozcamos la amenaza, identifiquemos la vulnerabilidad y evaluemos el riesgo
Taller 12:	Plan de prevención

La primera actividad fue una relajación, que consistió en hacer un ejercicio de representación mental por medio del cual, se recrea el recorrido de una quebrada y los cambios que presenta desde su nacimiento hasta que ingresa a la zona urbana y desemboca en el río Medellín.

Se hizo énfasis en los efectos que tiene la lluvia sobre el paisaje durante el recorrido. Los medios utilizados fueron: una grabadora con el sonido de fondo del agua y de un aguacero y la voz del instructor que va relatando el recorrido y guiando la actividad.

Al terminar la fase de representación, los participantes que lo quisieran relataban la experiencia, y fue muy gratificante escuchar que todos lograron establecer cercanía con la quebrada y asociar durante la experiencia sus propias vivencias.

A continuación se dividía el grupo en seis equipos y se le entregaba a cada equipo una pregunta.

Las preguntas fueron:

- ¿De dónde viene la lluvia?
- ¿Hacia dónde va el agua de la lluvia cuando cae?
- ¿Qué me pasa cuando llueve, y qué pasa en mí alrededor (en las calles, en el paisaje, en los ríos, etc.)?
- ¿Qué cosas positivas y qué cosas negativas trae la lluvia?.
- ¿Porqué es importante medir la lluvia?.
- Describe las características que más te llamen la atención de la quebrada más cercana. ¿Tiene alguna importancia para tu vida?

El desarrollo de esta actividad permite explicar el ciclo del agua, explotando el conocimiento de las personas, y encaminar las conclusiones hacia la necesidad de obtener mayor información sobre el comportamiento de la lluvia en relación con las quebradas, para poder tener

más criterios de decisión frente a la posible ocurrencia de desastres naturales.

La actividad siguiente era la explicación del manejo del pluviómetro: primero se explicaba ante todos, y luego se dividía el grupo para que todos tuvieran la oportunidad de manipular el equipo, de despejar todas sus dudas y de llenar la ficha.

Se mostraba un mapa con la localización de todos los pluviómetros (Fig.2), y se explicaban algunas de las aplicaciones que van a tener los datos y se comprometía a las personas para que asumieran la responsabilidad de divulgar el trabajo desarrollado durante el taller.

Por último se respondían las dudas y se dejaba un espacio para que la gente comentara sus impresiones del taller.

Con los niños de los colegios el orden era el mismo, sólo que se dedica menos tiempo al ciclo y se utilizaban más recursos didácticos, como la realización de las experiencias (deforestación e infiltración), para que ellos puedan observar el fenómeno directamente. Además se escogió con los estudiantes el sitio donde se ubicaría el pluviómetro, y diferentes grupos asumían tareas de divulgación del proyecto ante los demás alumnos del colegio. (Fig.2).

Con los profesores escolares el taller consistió en realizar la actividad de representación mental, como fase de iniciación y luego trabajar en grupo algunas de las actividades propuestas en el manual para despejar dudas y para escuchar sugerencias. Una de las mayores limitaciones del proceso con los colegios y escuelas es la falta de compromiso de los profesores, por eso es necesario mostrarles la importancia del manual y las posibilidades que ofrece para incluirlo dentro de las actividades curriculares.

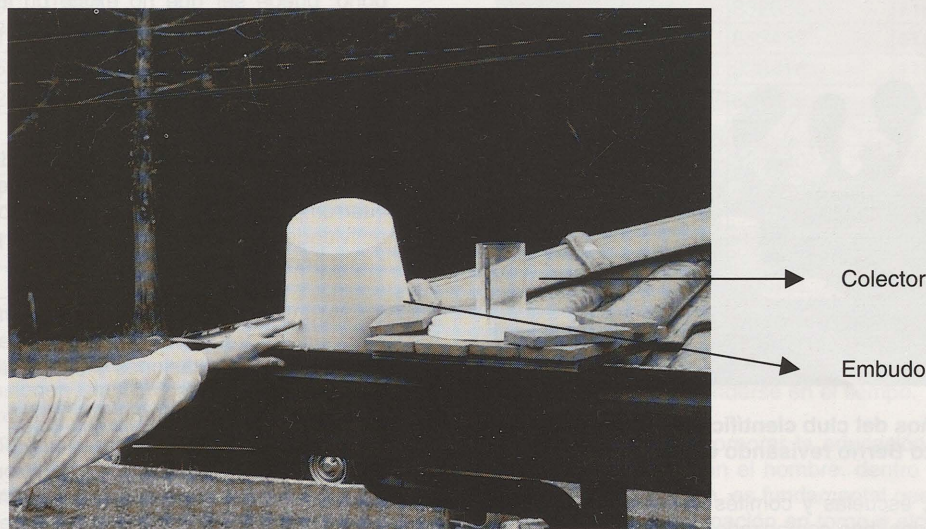


Figura 2. Ubicación del pluviómetro en el Liceo Santa Elena. Se retiró el embudo para observar el vaso

### 2.2.3. Cartilla El Viaje del Agua

Se desarrolla en tres partes: la primera es una narración, que se asemeja a la que se hace durante la representación mental, de un recorrido de la quebrada, que además puede ser utilizada en el taller 5 del manual para instructores.

La segunda parte explica en términos muy elementales el ciclo del agua y a partir de ahí, la lluvia como una de las expresiones del ciclo. Luego se plantea la pregunta de saber si sería bueno medir la lluvia y por qué.

En la tercera parte se explica el uso de los instrumentos que sirven para medir la lluvia y relacionar los datos con el comportamiento de la quebrada (pluviómetro y limnómetro), con todas las instrucciones para su manejo y para llenar las fichas. Toda la cartilla va acompañada de espacio para colorear y para escribir, incentivando una lectura interactiva.

## 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.1. Resultados Obtenidos

Las propuestas lúdicas pueden ser utilizadas tanto con un público infantil como con un público adulto, lo más importante es explotar el imaginario colectivo para lograr una mayor comunicación entre los talleristas y los participantes.

En la mayoría de los colegios y escuelas los estudiantes se apropiaron del pluviómetro y mostraron un gran interés por la toma de datos. (Fig.3).



**Figura 3. Niños del club científico del Salesiano Pedro Justo Berrío revisando el pluviómetro**

Los colegios, escuelas y comités barriales de emergencias capacitados, han comenzado exitosamente el proceso de medición y arrojan resultados alentadores. (1 año y medio de datos)

En los colegios donde se han instalado los equipos se logró una acogida y un respeto general del plantel educativo para el pluviómetro, a pesar de a veces ocurrir, una falta de coordinación entre los responsables (Tabla 2).

### 3.2. Limitaciones del Proceso

Los equipos digitales: pluviógrafos y limnómetros no registraron de forma continua la información hidrometeorológica, debido a fallas de fabricación y de mantenimiento.

El cambio permanente de los profesores escolares de un grado a otro o las variaciones en las tareas asignadas, interfiere con la continuidad del trabajo con los alumnos y en la recolección de los datos.

El período académico es muy estricto e impide muchas veces el compromiso de los educadores para promocionar el proyecto en sus respectivas instituciones

Igualmente, las vacaciones escolares interrumpen por largo tiempo la toma de datos y es incierto que al año escolar siguiente los alumnos sigan con el compromiso.

Durante las vacaciones escolares, se requiere dar algún tipo de incentivo económico a los porteros o vigilantes de los colegios y escuelas para que continúen con las observaciones.

En buena parte de las instituciones sólo hay una jornada, por lo que sólo se puede hacer una observación diaria.

La permanencia de los coordinadores de los comités barriales en un barrio o comité, puede ser muy variable en algunos casos, lo que implica volver a comenzar cada vez con el nuevo coordinador.

Para el caso de este proyecto un factor de posible abandono, puede ser que no existe un incentivo económico para las personas que toman los datos.

## 4. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS

Es conveniente que la capacitación de los profesores se realice a principio del año, para que el proceso no se interrumpa por las vacaciones y no interfiera con las actividades extracurriculares de los profesores, asignadas a principio del año.

Se recomienda que la entrega del material didáctico se haga en una reunión general, al igual que la programación de las capacitaciones y los periodos de recolección de información.

El material didáctico puede ser incorporado por los profesores al currículo educativo tradicional y puede servir como texto guía en los talleres semanales de prevención de desastres, dentro del programa de los CEPAD (comités escolares para la prevención y atención de desastres) o de los comités barriales de atención de emergencias.

14

Tabla 2. Localización de equipos y Establecimientos donde se realizó el programa Educativo

Estudio hidrometeorológico y geomorfológico de diez Quebradas del Valle de Aburrá							
Ubicación de estaciones							
Noviembre 01 de 2000							
Cuenca	No.	Estación	Tipo			Localización	
			PG	LM	LG	X	Y
Santa Elena	16	Liceo Santa Elena	x			843430	1178366
	27	U. NAL. Tec. Forestal *	x			839419	1183578
	17	Escuela Normal La Anunciación	x			837185	1181093
	1	Plaza minorista		x		834499	1184018
	2	Box-culvert Santa Elena			x	836173	1182775
La Castro	18	Unidad Básica Hogar Antioquia	x			838225	1181380
	3	La Castro		x		838412	1181253
Minitas	19	Escuela San Martín de Porres	x			833855	1188206
	4	Minitas		x		834762	1187413
Quintana	20	Escuela República de Dinamarca	x			834463	1186726
	28	El Diamante *	x			832836	1187361
	5	La Quintana		x		834536	1186529
La Iguaná	13	Unal - Agronomía-	x			834000	1184352
	26	Esc. San José de la Montaña	x			827152	1189091
	14	Hogares Claret	x			830285	1188036
	15	Esc. Fabio Zuluaga (Vereda La Palma)	x			825778	1185675
	6	San Germán			x	832832	1184853
	7	Brisas de la Iguaná		x		826713	1186483
La Hueso	21	Escuela Eduardo Santos	x			828249	1184069
	22	Colegio Teresiano Nuestra Señora de la Candelaria	x			830740	1184018
	8	Metro Suramericana		x		833407	1183450
	9	Metro La Floresta		x		831769	1184054
Ana Díaz	23	Colegio Jesús María	x			832089	1183684
	10	Colegio Jesús María		x		832057	1183700
La Picacha	24	Instituto Salesiano Pedro Justo Berrio	x			830208	1181727
	29	UPB	x			832560	1182120
	11	Conquistadores		x		833452	1182417
Altavista	25	Escuela Rural Altavista	x			828416	1180191
	12	Almacenes EPM		x		833189	1181083
Doña María		Tecnológico de Antioquia	x				
	30	Escuela El Astillero	x			824080	1181986
	31	Escuela Yarumalito	x			821059	1181249
		Desembocadura			x		
		Coltejer		x			
		Vereda La Verde		x		826981	1176118

PG: Pluviógrafo / Pluviómetro LM: Limnómetro LG: Limnógrafo

Se debe buscar que entidades como el SIMPAD y CORANTIOQUIA, asignen un rubro anual que garantice la continuidad del proceso, el mantenimiento de equipos y la capacitación constante de las personas involucradas.

En la universidad, se debe fomentar el compromiso de los estudiantes con la difusión del conocimiento científico, para que éste sea más democrático. Este proyecto siembra un precedente de unión entre la ciencia y los niveles

de educación básica por medio de los estudiantes de pregrado que debe extenderse en el tiempo.

Para implementar o incorporar la educación ambiental y todas sus relaciones con el hombre, dentro del currículo tradicional de educación, es fundamental que se promuevan acciones de investigación en torno a algún problema ambiental local, manejo de basuras, banqueos, observación y medición de procesos de deterioro ambiental, e integrarlo como parte de la formación del estudiante.



En las capacitaciones para escolares se sugiere la presencia de un profesor, preferiblemente el encargado del proyecto, ya que en cada taller se asignan muchas actividades y responsabilidades que deben ser supervisadas y lideradas por esta persona.

La formulación de los Planes Ambientales Escolares, de cumplimiento obligatorio, es un espacio propicio para desarrollar estas actividades en los colegios.

### CONCLUSIONES Y METAS PARA EL FUTURO

Se pretende que el manual de instructores y la cartilla educativa sean acogidos por los profesores dentro de sus actividades curriculares y por los coordinadores de los comités barriales dentro de las actividades periódicas con los miembros del comité.

El método de trabajo en los talleres que se plantea con este proyecto, tiene amplia aplicación en trabajos de capacitación y de sensibilización de temas ambientales.

El trabajo adelantado sienta un precedente para incentivar a las escuelas a vincularse al programa Globe (Global Learning and Observations to Benefit the Environment).

El impacto de esta propuesta educativa, se ampliará en la medida en que se creen relaciones con otros programas que se lleven a cabo dentro de la Secretaría de Educación.

El trabajo constante alrededor de las propuestas de trabajo del manual, permitirá que en el futuro las personas estén en capacidad de participar directamente en la interpretación de los datos que obtengan del pluviómetro.

Es necesario ampliar la red de monitoreo al resto de las quebradas del Valle de Aburrá y actualizar en forma oportuna los equipos instalados para garantizar la toma confiable de información hidrometeorológica.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Cadavid, M., M. Hermelin & P. De Greiff.** 2001. Lesson learned from the May 2000 catastrophic event in the town of La Estrella, Antioquia, Colombia. Submitted to Natural Hazards, EGS

**Hermelin, M.** 2001, Informe Preliminar, Consecuencias del Aguacero de Noviembre de 2001 en San Cristobal, informe Manuscrito al SIMPAD, Medellín.

**Instituto Mi Río & PNUD.** 1996. Levantamiento integrado de cuencas hidrográficas del Municipio de Medellín. 328p.

**Montoya, J. & J. Patiño.** 2000. Estudio hidrometeorológico y geomorfológico de 10 quebradas del Valle de Aburrá Tesis, Maestría en Ciencias de la Tierra, Universidad EAFIT, Medellín, 196p.

**SIMPAD.** 1996 Mitigación de desastres en Medellín. Medellín: Imprenta Municipal, p.45-87.

Fecha de recepción: 4 de diciembre de 2001

Fecha de aceptación: 5 de febrero de 2002

157

# LA IMPORTANCIA DE LA INSTALACIÓN DE REDES METEOROLÓGICAS DENSAS EN LAS CIUDADES LOCALIZADAS EN MONTAÑAS DEL TRÓPICO HÚMEDO

2003

Mejía L.J<sup>1</sup>  
López J.  
Hermelín M.

---

## INTRODUCCIÓN

La expansión urbana de Medellín y de las demás poblaciones del Valle de Aburrá se ha desarrollado hacia las partes medias y altas de las cuencas de las quebradas afluentes al río Medellín. Este crecimiento acelerado, que ha tenido lugar en las últimas décadas, ha conllevado la configuración de barrios en zonas inestables o en terrenos inundables, que constituyen zonas expuestas a las amenazas naturales por deslizamientos y avenidas torrenciales.

En vista de la poca información que existe sobre las quebradas, Planeación Metropolitana, el Instituto Mi Río y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) lideraron un "Levantamiento Integrado de Cuencas Hidrográficas", cuyo objetivo era identificar los problemas ambientales de las microcuencas de la ciudad tales como deforestación, contaminación de las quebradas, inestabilidad de taludes, socavación de cauces, sobrepastoreo y asentamientos humanos en zonas de riesgo y terrenos inundables, entre otros (Instituto Mi Río & PNUD, 1996).

Los resultados del estudio destacaron la carencia de mecanismos de monitoreo directo de dichos procesos naturales y antrópicos. Esto motivó al Sistema Municipal de Prevención y Atención de Desastres (SIMPAD) a instalar en el año de 1999, en 24 escuelas de la Comuna Nororiental, una red de pluviómetros respaldada por una serie de capacitaciones para que los niños de las escuelas y algunos organismos comunitarios se encargaran de su manejo. Desafortunadamente, el mantenimiento y la atención permanente de estos equipos excedía la capacidad técnica del SIMPAD y se dejó de hacer seguimiento en las escuelas.

A partir de este primer intento, surgió la idea de crear una red hidrometeorológica en el marco de un proyecto más amplio que incluyera un proyecto de investigación acompañada de un programa educativo. Dicho proyecto preparado por el SIMPAD con la asesoría de la Universidad EAFIT recibió el nombre de "Estudio hidrometeorológico en la ciudad de Medellín" y fue adoptado por la Corporación Regional de Antioquia (CORANTIOQUIA) quien lo incluyó en el presupuesto de la Sobretasa Ambiental para que los recursos fueran ejecutados por el SIMPAD. A su vez, el SIMPAD contrató a la

---

<sup>1</sup> Hermelin, Michel. Universidad EAFIT  
Mejía, Luz Jeannette. SIMPAD  
López, Juanita.

Universidad EAFIT para que se vincularan estudiantes de pregrado y de posgrado al proyecto.

Para el estudio se eligieron las diez quebradas afluentes del río Medellín (Fig. 1.) con mayor índice de ocurrencia de inundaciones y deslizamientos (Santa Elena y su afluente la Castro, Doña María, La Iguaá, Altavista, La Picacha, Ana Díaz, la Hueso, la Quintana y la Minitas), con base en las estadísticas del SIMPAD.

El proyecto estaba entonces compuesto por dos frentes de trabajo: investigativo y educativo. El primero, en manos de dos estudiantes de la Maestría en Ciencias de la Tierra de la Universidad EAFIT asesorados por un meteorólogo, tenía como objetivo el diseño de una red comunitaria de observación hidrometeorológica y el diagnóstico geomorfológico y ambiental de las cuencas. Con este fin se instalaron en 2001: 35 pluviógrafos y 60 pluviómetros en diferentes instituciones educativas y centros comunitarios; 23 limnímetros repartidos a lo largo de las quebradas y 3 limnigrafos en las quebradas La Iguaá, Santa Elena y Doña María.

Figura 1. Localización Red Hidrometeorológica.

El frente educativo se encargó de entregar a la comunidad los pluviómetros y de capacitarla para que se comprometiera con el proyecto y se responsabilizara de tomar correctamente los datos. Para lograr este objetivo se diseñó una estrategia educativa basada en la elaboración de cartillas de manejo del pluviómetro, un manual de trabajo basado en conceptos como cuenca, ciclo hidrológico y amenazas por inundaciones, avenidas torrenciales y deslizamientos; y también se llevaron a cabo talleres participativos, dirigidos a los coordinadores, profesores y estudiantes, esto último con el fin de divulgar el proyecto, presentar el material didáctico y motivar a las personas para que se unieran a él. Todo el proceso apuntó a que la comunidad se integrara a la investigación y contribuyera directamente con la generación de información para que pudiera en un futuro participar en la toma de decisiones alrededor de la mitigación y prevención de los desastres naturales.

Además del aspecto educativo y del conocimiento básico que aportan un proyecto como el presente, hay que tener presente la gran importancia que representa para el estudio de los procesos naturales: no sólo el conocimiento detallado de la distribución de lluvias permitirá prever eventos torrenciales, sino que permitiría conocer los umbrales correspondientes al desencadenamiento de movimientos de masa múltiples, tal como ocurrió recientemente en La Estrella (Cadavid et al 2001) y en el corregimiento de San Cristóbal (Hermelin, 2001).

## **1. ASPECTOS METODOLÓGICOS**

### **1.1 FASE TÉCNICA**

**Los objetivos del proyecto fueron los siguientes:**

- Realizar estudios hidrometeorológicos, geomorfológicos y edafológicos de las cuencas de 10 quebradas seleccionadas en el Valle de Aburrá que permitieran la elaboración de mapas preliminares de amenazas por inundación y avenidas torrenciales.
- Implementar una base de datos georreferenciada con la información recolectada y producida en los estudios hidrometeorológicos, mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica, con el fin de permitir la simulación posterior del comportamiento de las cuencas con modelos de precipitación – escorrentía.
- Instrumentar con pluviómetros, pluviógrafos, limnímetros y limnógrafos las cuencas de las 10 quebradas objeto del estudio para obtener datos diarios y continuos de precipitación y de niveles de quebradas.
- Elaborar un diagnóstico de la respuesta hidrológica en cada cuenca partiendo de los datos históricos e información secundaria e integrando los primeros datos recolectados por las nuevas estaciones, para obtener la probabilidad de ocurrencia de eventos pico.
- Actualizar los mapas geomorfológicos para las zonas de estudio, con énfasis en los depósitos generados en inundaciones y eventos torrenciales pasados en las áreas rurales.
- Establecer en forma preliminar el coeficiente de escorrentía en zonas rurales de acuerdo con los usos del suelo, las pendientes y las formaciones superficiales
- Elaborar mapas preliminares de amenaza por inundaciones en cada cuenca.
- Validar la metodología utilizada en el estudio para su posterior aplicación a otras cuencas del Valle de Aburrá.
- Asesorar en la implementación de un sistema de alarma basado en la utilización de radios transmisores - receptores para prevenir los efectos negativos de las inundaciones en la comunidad para cada cuenca.

**Se siguió la siguiente metodología:**

El proceso se inició con el análisis bibliográfico seguido por la propuesta de instrumentación hidrometeorológica de las quebradas objeto de estudio, el procesamiento de información cartográfica digital, la determinación en campo de coeficientes de escorrentía, el modelamiento hidrológico de cada una de las cuencas utilizando herramientas del SIG ArcInfo, el modelamiento hidráulico de los cauces de las quebradas con el programa HEC-RAS, la definición de zonas inundables a partir de modelos de elevación digital de las cuencas y los niveles de agua generados por la modelación hidráulica. Además se levantaron en campo los depósitos aluvio – torrenciales que se encuentran en los cauces de las quebradas y se modeló una lluvia torrencial generalizada ocurrida en el mes de septiembre de 1988 que ocasionó el desbordamiento de las quebradas de la zona occidental de la ciudad. Estos últimos pasos permitieron inferir de manera inicial la validez de la metodología desarrollada en la investigación. Como resultado final, se tienen los mapas preliminares de amenaza por inundación. (Montoya & Patiño, 2001)

181

En la sección del "ciclo hidrológico", se explica brevemente el ciclo y su importancia para el desarrollo de la cuenca. Los talleres están diseñados para que las

## 1. 2 FASE EDUCATIVA

### La fase educativa persiguió los siguientes objetivos:

- Elaboración de un manual dirigido a educadores, líderes comunitarios y facilitadores, que contuviera conceptos básicos sobre los diferentes aspectos que componen una cuenca, el ciclo hidrológico y las principales amenazas naturales de las cuencas de Medellín. Cada uno de los temas fué acompañado de propuestas de actividades didácticas para desarrollar en los grupos de trabajo.
- Elaboración una cartilla dirigida a la comunidad, enfocada a la importancia de generar datos sobre la lluvia y su relación con el comportamiento de las quebradas afluentes del río Medellín.
- Diseño de talleres participativos para comprometer a los estudiantes de 30 instituciones educativas en la toma de datos y para capacitar a los profesores de esas instituciones y coordinadores de 70 comités barriales de emergencia, en el manejo de los pluviómetros y del "Manual de Instructores".

Como el objetivo principal era capacitar al personal que operaría los equipos así como a las instituciones y comités barriales de emergencias que tendrían a su cuidado las estaciones, se desarrollaron tres estrategias para la difusión del proyecto:

#### - Manual de instructores

El manual obtenido contiene textos cortos, que explican claramente los aspectos y términos más importantes, utilizando recuadros explicativos, y proporciona el trasfondo conceptual para manejar los temas que se trabajan en los talleres. El contenido del manual aparece en la Tabla 1. La primera sección trata el tema de "La cuenca", tanto desde el punto de vista territorial como desde su descripción física. Los talleres tienen como objetivo la visualización de la cuenca en toda su dimensión para que las personas empiecen a considerarla como un referente de arraigo.

En la sección del "ciclo hidrológico", se explica brevemente el ciclo y su importancia para el funcionamiento natural de la cuenca. Los talleres están diseñados para que las

TABLA DE CONTENIDO	
La cuenca	
	Taller 1: Elaboremos una maqueta de la cuenca
	Taller 2: ¿Qué tan grande es mi cuenca?
	Taller 3: Describamos nuestra cuenca
	Taller 4: ¿El agua de la quebrada está limpia?
El ciclo hidrológico	
	Taller 5: El viaje del agua
	Taller 6: Juguemos al ciclo del agua
	Taller 7: Infiltración
	Taller 8: ¿Qué problemas trae la deforestación?
	Taller 9: Vamos todos a medir la lluvia
	Taller 10: Vamos todos a interpretar la lluvia
Amenazas naturales de una cuenca	
	Taller 11: Reconozcamos la amenaza, identifiquemos la vulnerabilidad y evaluemos el riesgo
	Taller 12: Plan de prevención

Tabla 1. Tabla de contenido del manual para instructores

personas valoren sus quebradas y reconozcan la relación directa entre su diario devenir y los rasgos climáticos de la ciudad. A partir de esto se introduce el tema de medición de la lluvia, como parte de un intento colectivo, a largo plazo, para conocer más y tomar mejores decisiones en cuanto a la planeación y la mitigación de desastres naturales.

Por último se trata el tema de las "amenazas naturales" por inundaciones y deslizamientos que ponen en riesgo la vida y bienes de muchos de los habitantes de Medellín. También se plantean talleres de apoyo a las actividades que realizan los comités de emergencias

### Talleres

Los talleres se desarrollaron de la siguiente manera:

- Se le asignó a cada persona una escarapela con su nombre y luego cada uno se presentó ante el resto del grupo.
- Se hizo una presentación del "Estudio Hidrometeorológico". A los niños se les explicaron los propósitos del proyecto y se le invitó a hacer parte, a partir de ese momento, de un grupo llamado "Los guardianes de la lluvia".
- La primera actividad fue una relajación, que consistió en hacer un ejercicio de representación mental por medio del cual se recrea el recorrido de una quebrada y los cambios que presenta desde su nacimiento hasta que ingresa a la zona urbana y desemboca en el río Medellín. Se hizo énfasis en los efectos que tiene lluvia sobre el paisaje durante el recorrido. Los medios utilizados fueron: una grabadora con el sonido de fondo del agua y de un aguacero, y la voz del instructor que va relatando el recorrido y guiando la actividad.

- Al terminar la fase de representación, los participantes que lo quisieran relataban la experiencia, y fue muy gratificante escuchar que todos lograron establecer cercanía con la quebrada y asociar durante la experiencia con sus propias vivencias.
- A continuación se dividía el grupo en seis equipos y se le entregaba a cada equipo una pregunta.
- Las preguntas fueron:
  - ⇒ ¿De dónde viene la lluvia?
  - ⇒ ¿Hacia dónde va el agua de la lluvia cuando cae?
  - ⇒ ¿Qué me pasa cuando llueve, y qué pasa en mí alrededor (en las calles, en el paisaje, en los ríos, etc.?)
  - ⇒ ¿Qué cosas positivas y qué cosas negativas trae la lluvia?.
  - ⇒ ¿Porqué es importante medir la lluvia?.
  - ⇒ Describe las características que más te llamen la atención de la quebrada más cercana. ¿Tiene alguna importancia para tu vida?
- El desarrollo de esta actividad permite explicar el ciclo del agua, explotando el conocimiento de las personas, y encaminar las conclusiones hacia la necesidad de obtener mayor información sobre el comportamiento de la lluvia en relación con las quebradas, para poder tener más criterios de decisión frente a la posible ocurrencia de desastres naturales.
- La actividad siguiente era la explicación del manejo del pluviómetro: primero se explicaba ante todos, y luego se dividía el grupo para que todas tuvieran la oportunidad de manipular el equipo, de despejar todas sus dudas y de llenar la ficha.
- Se mostraba un mapa con la localización de todos los pluviómetros (Figura 3), y se explicaban algunas de las aplicaciones que van a tener los datos y se comprometía a las personas para que asumieran la responsabilidad de divulgar el trabajo desarrollado durante el taller.
- Por último se respondían las dudas y se dejaba un espacio para que la gente comentara sus impresiones del taller.

### 2.2 LIMITACIONES DEL PROCESO

Con los niños de los colegios el orden era el mismo, sólo que se dedica menos tiempo al ciclo, y se utilizaban más recursos didácticos, como la realización de las experiencias (deforestación e infiltración) para que ellos puedan observar el fenómeno directamente. Además se escogió con los estudiantes el sitio donde se ubicaría el pluviómetro, y diferentes grupos asumían tareas de divulgación del proyecto ante los demás alumnos del colegio. (Figura 3)

Con los profesores escolares el taller consistió en realizar la actividad de representación mental, como fase de iniciación y luego trabajar en grupo algunas de las actividades que propuestas en el manual para despejar dudas y para escuchar sugerencias. Una de las mayores limitaciones del proceso con los colegios y escuelas es la falta de compromiso

de los profesores, por eso es necesario mostrarles la importancia del manual y las posibilidades que ofrece para incluirlo dentro de las actividades curriculares.

### **Cartilla El Viaje del Agua**

Se desarrolla en tres partes: la primera es una narración, que se asemeja a la que se hace durante la representación mental, de un recorrido de la quebrada, que además puede ser utilizada en el taller 5 del manual para instructores. La segunda parte explica en términos muy elementales el ciclo del agua y a partir de ahí la lluvia como una de las expresiones del ciclo. Luego se plantea la pregunta de saber si sería bueno medir la lluvia y por qué. En la tercera parte se explica el uso de los instrumentos que sirven para medir la lluvia y relacionar los datos con el comportamiento de la quebrada (pluviómetro y limnómetro) con todas las instrucciones para su manejo y para llenar las fichas. Toda la cartilla va acompañada de espacio para colorear y para escribir, incentivando una lectura interactiva .

## **2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **2.1 Resultados obtenidos**

- Las propuestas lúdicas pueden ser utilizadas tanto con un público infantil como con un público adulto, lo más importante es explotar el imaginario colectivo para lograr una mayor comunicación entre los talleristas y los participantes.
- En la mayoría de los colegios y escuelas los estudiantes se apropiaron del pluviómetro y mostraron un gran interés por la toma de datos. (Figura 4)
- Los colegios, escuelas y comités barriales de emergencias capacitados han comenzado exitosamente el proceso de medición y arrojan resultados alentadores. (1 año y medio de datos)
- En los colegios donde se han instalado los equipos se logró una acogida y un respeto general del plantel educativo para el pluviómetro, a pesar de a veces ocurriera una falta de coordinación entre responsables.

### **2.2 LIMITACIONES DEL PROCESO**

- Los equipos digitales : pluviógrafos y limnómetros no registraron de forma continua la información hidrometeorológica, debido a fallas de fabricación y de mantenimiento.
- El cambio permanente de los profesores escolares de un grado a otro o las variaciones en las tareas asignadas interfiere con la continuidad del trabajo con los alumnos y en la recolección de los datos.
- El período académico es muy estricto e impide muchas veces el compromiso de los educadores para promocionar el proyecto en sus respectivas instituciones
- Igualmente, las vacaciones escolares interrumpen por largo tiempo la toma de datos y es incierto que al año escolar siguiente los alumnos sigan con el compromiso.



f12

- Durante las vacaciones escolares se requiere dar algún tipo de incentivo económico a los porteros o vigilantes de los colegios y escuelas para que continúen con las observaciones.
- En buena parte de las instituciones sólo hay una jornada, por lo que sólo se puede hacer una observación diaria.
- La permanencia de los coordinadores de los comités barriales en un barrio o comité puede ser muy variable en algunos casos, lo que implica volver a comenzar cada vez con el nuevo coordinador.
- Para el caso de este proyecto un factor de posible abandono puede ser que no existe un incentivo económico para las personas que toman los datos.

### 3. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS

- Es conveniente que la capacitación de los profesores se realice a principio del año para que el proceso no se interrumpa por las vacaciones y no interfiera con las actividades extracurriculares de los profesores, asignadas a principio del año.
- Se recomienda que la entrega del material didáctico se haga en una reunión general al igual que la programación de las capacitaciones y los periodos de recolección de información.
- El material didáctico puede ser incorporado por los profesores al currículo educativo tradicional y puede servir como texto guía en los talleres semanales de prevención de desastres, dentro del programa de los CEPAD (comités escolares para la prevención y atención de desastres) o de los comités barriales de atención de emergencias.
- Se debe buscar que entidades como el SIMPAD y CORANTIOQUIA asignen un rubro anual que garantice la continuidad del proceso, el mantenimiento de equipos y la capacitación constante de las personas involucradas.
- En la universidad se debe fomentar el compromiso de los estudiantes con la difusión del conocimiento científico, para que éste sea más democrático. Este proyecto siembra un precedente de unión entre la ciencia y los niveles de educación básica por medio de los estudiantes de pregrado que debe extenderse en el tiempo.
- Para implementar o incorporar la educación ambiental y todas sus relaciones con el hombre, dentro del currículo tradicional de educación es fundamental que se promuevan acciones de investigación en torno a algún problema ambiental local, manejo de basuras, banqueros, observación y medición de procesos de deterioro ambiental, e integrarlo como parte de la formación del estudiante.
- En las capacitaciones para escolares se sugiere la presencia de un profesor, preferiblemente el encargado del proyecto, ya que en cada taller se asignan muchas actividades y responsabilidades que deben ser supervisadas y lideradas por esta persona.

- La formulación de los *Planes Ambientales Escolares*, de cumplimiento obligatorio, es un espacio propicio para desarrollar estas actividades en los colegios.

#### 4. METAS PARA EL FUTURO

- Se pretende que el manual de instructores y la cartilla educativa sean acogidos por los profesores dentro de sus actividades curriculares y por los coordinadores de los comités barriales dentro de las actividades periódicas con los miembros del comité.
- El método de trabajo en los talleres que se plantea con este proyecto tiene amplia aplicación en trabajos de capacitación y de sensibilización de temas ambientales.
- El trabajo adelantado sienta un precedente para incentivar a las escuelas a vincularse al programa Globe<sup>2</sup> (Global Learning and Observations to Benefit the Environment)
- El impacto de esta propuesta educativa se ampliará en la medida en que se creen relaciones con otros programas que se lleven a cabo dentro de la Secretaría de Educación.
- El trabajo constante alrededor de las propuestas de trabajo del manual permitirá que en el futuro las personas estén en capacidad de participar directamente en la interpretación de los datos que obtengan del pluviómetro.
- Es necesario Ampliar la red de monitoreo al resto de las quebradas del Valle de Aburrá y actualizar en forma oportuna los equipos instalados para garantizar la toma confiable de información hidrometeorológica.

#### BIBLIOGRAFÍA,

ALFONSO-BERNAL & MILLÁN-LÓPEZ, J. 1999. Zonas inestables en los cerros de Santa Fe de Bogotá: Guía de prevención. Fondo de Prevención y Atención de emergencias. Sta. Fe de Bogotá, 48p.

BLATT, H. 1997. Our geologic environment. New Jersey: Prentice Hall, p. 161-193.

CADAVID, M.F., HERMELIN, M & DE GREIFF, P. 2002. Lesson learned from the May 2000 catastrophic event in the town of La Estrella, Antioquia, Colombia. Submitted to Natural Hazards, EGS.

---

<sup>2</sup> [www.globe.org](http://www.globe.org) Este es un programa para estudiantes, profesores y científicos que trabajan para entender el medio ambiente. Los estudiantes hacen observaciones en campo y las reportan a través de internet. Esta información está a disposición de todos los usuarios de la red y es utilizada y retroalimentada por científicos de todo el mundo.

114

DE FLANDRE, Ch. 1991. La pédagogie de l'action intégrée: un modèle d'enseignement applicable à l'éducation relative à l'environnement. Ecole et médias face aux défis de l'environnement, XIII<sup>e</sup> Journées Internationales sur l'Education Scientifique, Chamonix , Giordan, Martinand y Souchon (eds.), p.89-102

DOUROJEANNI, A. 1994. La gestión del agua y las cuencas de América Latina. Revista de la Cepal, N°53, p.111-128

GALLO, M. 1996. Alternativas pedagógicas de la microcuenca. En: Nichos creativos para la educación ambiental. Corporación Penca de Sábila.

GOFFIN, L. 1996. Formación de actitudes y valores en educación ambiental. Formación de dinamizadores en educación ambiental, Memorias del II Encuentro Internacional, Santa Fe de Bogotá, Ministerio de Educación Nacional, Serie Memorias, p.97-39

GONZÁLEZ, F.; BENAYAS, J. & DE LUCIO, J. 1991 Evaluation des changements d'attitudes vis à vis de l'environnement dans des programmes d'éducation environnementale. Ecole et médias face aux défis de l'environnement, XIII<sup>e</sup> Journées internationales sur l'éducation scientifique, Chamonix , Giordan, Martinand y Souchon (eds.), p.73-82

HABITAT 1996. Guía de actividades para la educación ambiental. Barcelona: Ministerio de Medio Ambiente, 334p.

HAMBLIN, W. 1994. Introduction to physical geology. Second edition. Nueva York: MacMillian Publishing Company, p.150-175.

Hermelin, M., 2001, Informe Preliminar, Consecuencias del Aguacero de Noviembre de 2001 en San Cristobal, informe Manuscrito al SIMPAD, Medellín.

HORTON, R. 1977. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. En: Drainage basin morphology, SCHUMM, S. (ed.). Pennsylvania: Dowden, Hutchin & Ross, p. 73 - 168

INSTITUTO MI RÍO & PNUD. 1996. Levantamiento integrado de cuencas hidrográficas del Municipio de Medellín. 328p.

JARAMILLO, C.; MARTÍNEZ, E. & ROMERO, M. 2000. Cultivar un sueño en el corazón del Sumapaz. Ulata-DAMA-Alcaldía Local de Sumapaz-Fundación Equilibrio, 32p.

LEVINAS, M. 1996. Ciencia con creatividad. Buenos Aires: Aique, p.17-101

Montoya, J.J & Patiño, J.E., 200. Estudio hidrometeorológico y geomorfológico de 10 quebradas del Valle de Aburrá Tesis, Maestría en Ciencias de la Tierra, Universidad EAFIT, Medellín, 196p.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. 1987. Atención de emergencias. Bases para la elaboración de un plan nacional. Bogotá, p. 47-54

SÁNCHEZ, C. 2000. Re- conozcamos nuestra ciudad: Cuaderno de trabajo ambiental de Medellín. Secretaria de Educación-Corantioquia-Penca de Sábila. 63p.

150

SAUVÉ, L. 1996. La investigación en la educación ambiental: una invitación al educador-investigador. Formación de dinamizadores en educación ambiental, Memorias del II Encuentro Internacional, Santa Fe de Bogotá, Ministerio de Educación Nacional, Serie Memorias, p.41-50

SIMPAD. 1996 Mitigación de desastres en Medellín. Medellín: Imprenta Municipal, p.45-87

SKINNER, B & PORTER, S. 1994. The blue planet: an introduction to earth system science. Canada: John Wiley & sons, p. 226-243, 313-306.

UMAÑA, A. 1999. La educación ambiental como estrategia de gestión en asentamientos humanos en zonas de alto riesgo. Revista Universidad de la Salle, N°8, p.43-52

WILCHES-CHAUX, G. 1998. Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, o yo voy a correr el riesgo. Quito: La Red, 156p.

ZIKE, D. 1993. The earth science book. John Wiley & sons, 119p.

**TABLA**

Estudio hidrometeorológico y geomorfológico de diez Quebradas del Valle de Aburrá							
Ubicación de estaciones							
Noviembre 01 de 2000							
Cuenca	No.	Estación	Tipo			Localización	
			PG	L M	LG	X	Y
Santa Elena	16	Liceo Santa Elena	x			843430	1178366
	27	U. NAL. Tec. Forestal *	x			839419	1183578
	17	Escuela Normal La Anunciación	x			837185	1181093
	1	Plaza minorista		x		834499	1184018
	2	Box-culvert Santa Elena			x	836173	1182775
La Castro	18	Unidad Básica Hogar Antioquia	x			838225	1181380
	3	La Castro		x		838412	1181253
Minitas	19	Escuela San Martín de Porres	x			833855	1188206
	4	Minitas		x		834762	1187413
Quintana	20	Escuela República de Dinamarca	x			834463	1186726
	28	El Diamante *	x			832836	1187361
	5	La Quintana		x		834536	1186529
La Iguaná	13	Unal - Agronomía-	x			834000	1184352
	26	Esc. San José de la Montaña	x			827152	1189091
	14	Hogares Claret	x			830285	1188036
	15	Esc. Fabio Zuluaga (Vereda La Palma)	x			825778	1185675
	6	San Germán			x	832832	1184853
	7	Brisas de la Iguaná		x		826713	1186483
La Hueso	21	Escuela Eduardo Santos	x			828249	1184069

TABLA

Estudio hidrometeorológico y geomorfológico de diez  
Quebradas del Valle de Aburrá

## Ubicación de estaciones

Noviembre 01 de 2000

Cuenca	No.	Estación	Tipo			Localización	
			PG	L M	LG	X	Y
Santa Elena	16	Liceo Santa Elena	x			843430	1178366
	27	U. NAL. Tec. Forestal *	x			839419	1183578
	17	Escuela Normal La Anunciación	x			837185	1181093
	1	Plaza minorista		x		834499	1184018
	2	Box-culvert Santa Elena			x	836173	1182775
La Castro	18	Unidad Básica Hogar Antioquia	x			838225	1181380
	3	La Castro		x		838412	1181253
Minitas	19	Escuela San Martín de Porres	x			833855	1188206
	4	Minitas		x		834762	1187413
Quintana	20	Escuela República de Dinamarca	x			834463	1186726
	28	El Diamante *	x			832836	1187361
	5	La Quintana		x		834536	1186529
La Iguaná	13	Unal - Agronomía-	x			834000	1184352
	26	Esc. San José de la Montaña	x			827152	1189091
	14	Hogares Claret	x			830285	1188036
	15	Esc. Fabio Zuluaga (Vereda La Palma)	x			825778	1185675
	6	San Germán			x	832832	1184853
	7	Brisas de la Iguaná		x		826713	1186483
La Hueso	21	Escuela Eduardo Santos	x			828249	1184069
	22	Colegio Teresiano Nuestra Señora de la Candelaria	x			830740	1184018
	8	Metro Suramericana		x		833407	1183450
	9	Metro La Floresta		x		831769	1184054
Ana Díaz	23	Colegio Jesús María	x			832089	1183684
	10	Colegio Jesús María		x		832057	1183700
La Picacha	24	Instituto Salesiano Pedro Justo Berrio	x			830208	1181727
	29	UPB	x			832560	1182120
	11	Conquistadores		x		833452	1182417
Altavista	25	Escuela Rural Altavista	x			828416	1180191
	12	Almacenes EPM		x		833189	1181083
Doña María		Tecnológico de Antioquia	x				
	30	Escuela El Astillero	x			824080	1181986
	31	Escuela Yarumalito	x			821059	1181249
		Desembocadura			x		
		Coltejer		x			
	Vereda La Verde		x		826981	1176118	

PG: Pluviómetro / Pluviómetro LM: Limnómetro

LG: Limnógrafo

0  
7/17

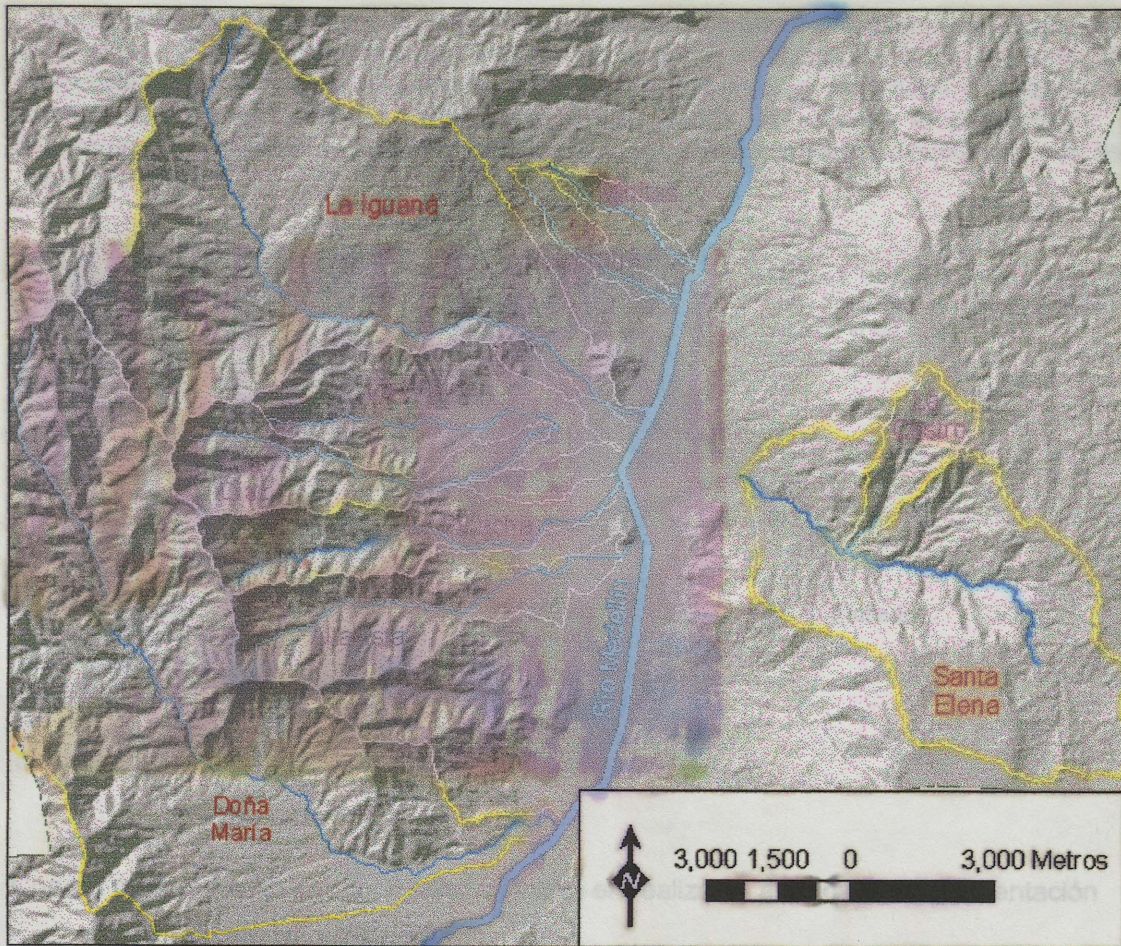


Figura 1. Localización Red Hidrometeorológica.

Los estudiantes se apropiaron del pluviómetro y mostraron un gran interés por la toma de datos. (Figura 4)

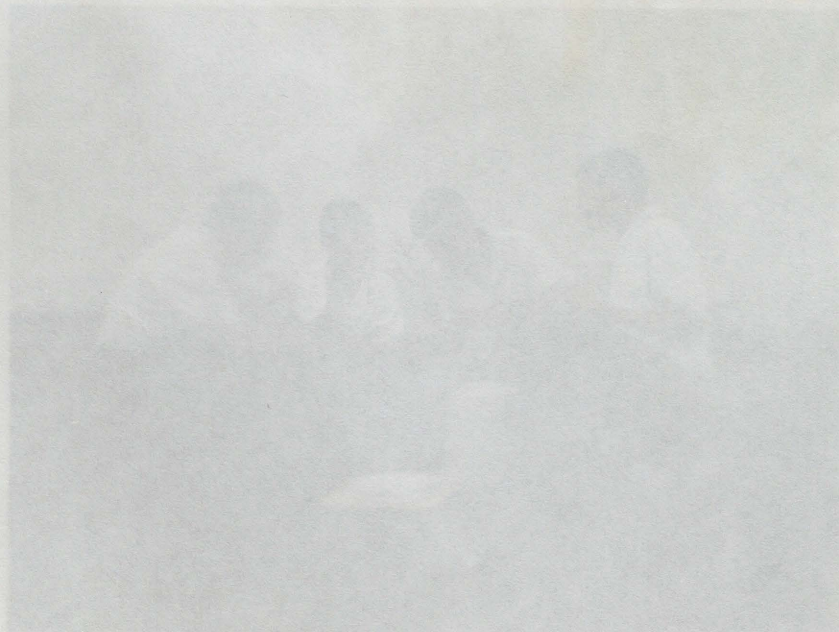
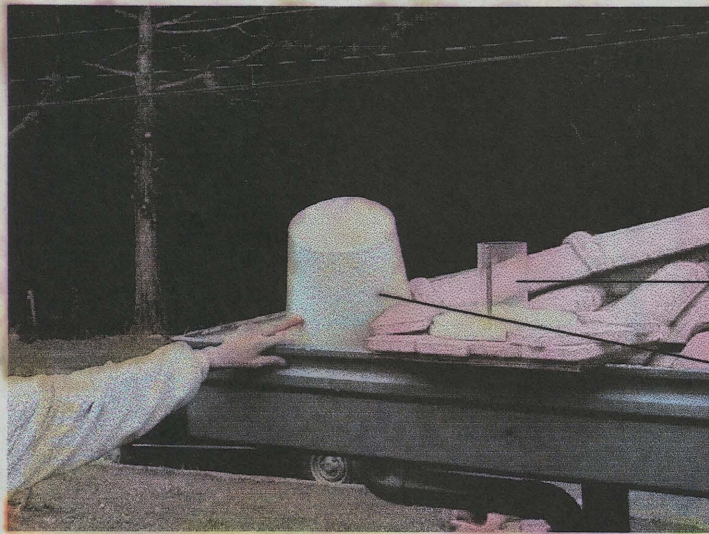


Figura 4. Niños del club de fútbol del colegio Pablo José Domínguez observando el pluviómetro.

Con los niños de los colegios el orden era el mismo, sólo que se dedica menos tiempo al ciclo, y se utilizaban más recursos didácticos, como la realización de las experiencias (deforestación e infiltración) para que ellos puedan observar el fenómeno directamente. Además se escogió con los estudiantes el sitio donde se ubicaría el pluviómetro, y diferentes grupos asumían tareas de divulgación del proyecto ante los demás alumnos del colegio. (Figura 3)



**Figura 3.** Ubicación del pluviómetro en el Liceo Santa Elena. Se retiró el embudo para observar el vaso.

Colector

Embudo

Con los profesores escolares el taller consistió en realizar la actividad de representación

- 2 entre los talleristas y los participantes.
- En la mayoría de los colegios y escuelas los estudiantes se apropiaron del pluviómetro y mostraron un gran interés por la toma de datos. (Figura 4)



**Figura 4.** Niños del club científico del Salesiano Pedro Justo Berrío revisando el pluviómetro.