

RED HIDROCLIMATOLÓGICA ADMINISTRADA POR LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.

Hydroclimatologic Network Managed by Universidad Tecnológica de Pereira

RESUMEN

En el presente artículo, se mencionan los antecedentes que han permitido la consolidación de la Red Hidroclimatológica administrada por la Universidad Tecnológica de Pereira (RHUTP), detallando la forma como se han coordinado los esfuerzos de las diferentes instituciones en el tiempo. De igual manera, se presenta el estado de arte de la RHUTP, en términos del tipo y cantidad de estaciones que la conforman. En este sentido, se realiza una descripción de la instrumentación, el sistema de transmisión de datos y el proceso de captura en forma remota. Finalmente, se hace referencia al análisis y utilidad de los datos obtenidos, la plataforma tecnológica para la divulgación de dicha información y las principales conclusiones del proyecto hasta el momento.

PALABRAS CLAVES: Cuenca Río Otún, Cuenca Río Consota, Instrumentación Climática, Monitoreo Meteorológico, Red Hidroclimatológica, Telemetría.

ABSTRACT

This paper, mentions the history that allowed the consolidation of the Hydroclimatological Network managed by the Universidad Tecnológica de Pereria (RHUTP), detailing how institutions have been joined to this over time. Subsequently, is presented the state of the art of the network, in terms of type and number of current stations. It continues with a description of the instrumentation, telemetry communication system and remote data capture process. Finally, is mentioned the analysis and utility of the data so far, the technology platform for the dissemination of such information and the main conclusions of the project.

KEYWORDS: *Otún River Basin, Consota River Basin, Weather Instrumentation, Weather Monitoring, Hydroclimatologic Network, Telemetry.*

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de los cambios en el comportamiento de las variables climáticas a distintas escalas espaciales y temporales es un tema de suma importancia a nivel internacional [1]. En el plano nacional, la caracterización del clima representa un papel fundamental en el desempeño de los sistemas agroecológicos, en la determinación de la oferta hídrica disponible para los diferentes usos del agua, en la distribución espacial y la frecuencia de eventos hidroclimatológicos extremos, causantes de movimientos en masa e inundaciones en las diferentes regiones [2].

Decidir sobre el uso y manejo de los recursos naturales, la planificación del uso del suelo, la gestión del riesgo, etc, precisa profundizar en estos análisis. Sin embargo, una de las limitaciones de muchos países, incluido

CARLOS ANDRÉS SABAS

Ingeniero Ambiental
Profesor Auxiliar
Universidad Tecnológica de Pereira
candes@utp.edu.co

JUAN CAMILO BERRÍO

Administrador Ambiental
Operador RHDR
jcberrio@utp.edu.co

JUAN MAURICIO CASTAÑO

Ingeniero Químico, M. Sc.
Profesor Asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
jmc@utp.edu.co

Colombia, es la disponibilidad de datos climáticos de buena calidad, con cobertura y frecuencia adecuadas [3].

En el orden nacional y regional, existen varias instituciones que mantienen redes de estaciones meteorológicas e hidrométricas. Entre ellas podemos mencionar: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), con la red más extensa; algunas Corporaciones Autónomas Regionales (CARs) como la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), entre otras. De la misma manera, algunos sectores como el hidroeléctrico (CHEC, EPM, ISAGEN), el cañicultor (CENICAÑA), el agroforestal (SMURFIT KAPPA) y el Caficultor (CENICAFÉ) mantienen una red al servicio del sector en sus principales áreas de influencia. No obstante, todas ellas tienen la particularidad de presentar inconvenientes

en la divulgación de sus datos para el público en general, e incluso para suministrarla a las autoridades encargadas para la toma de decisiones en torno a la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).

En forma complementaria, desde el gobierno nacional se ha dado una respuesta desde el contexto normativo con la creación del Sistema de Información del Recurso Hídrico SIRH¹, con el fin de promover la integración de todos los sistemas que gestionan información sobre el recurso hídrico en los ámbitos institucional, sectorial, académico y privado.

El registro histórico de información hidroclimática permite a los tomadores de decisiones tener bases claras y cuantitativas que respalden las decisiones que se toman, es así, como dicha información puede ser usada para conocer el estado actual del recurso hídrico, pasando por la atención y prevención de desastres, hasta la predicción de fenómenos naturales, tales como los fenómenos de El Niño y La Niña, los cuales generan en muchas ocasiones emergencias no previstas.

En el caso del fenómeno del niño, es importante considerar que estudios recientes sobre cambio climático en Colombia, concluyen que para el período 2011-2040, se empezarán a evidenciar las mayores reducciones de lluvia en Córdoba, Bolívar, Huila, Nariño, Cauca, Tolima y Risaralda. Estas reducciones previstas, generarían desabastecimiento de agua para consumo humano, especialmente en las regiones Caribe y Andina, ocasionándose potenciales conflictos entre la población, las entidades encargadas de la gestión de los recursos y de la provisión de agua potable [4].

En el caso del fenómeno de La Niña, de conformidad con la información consolidada en el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia SIGPAD², el año 2010 dejó en las estadísticas grandes desastres como el deslizamiento en Bello (Antioquia) donde se presentaron 83 muertos, la desaparición del municipio de Gramalote (Norte de Santander) donde 1104 familias resultaron afectadas. A nivel regional, se destaca lo ocurrido en el municipio de La Virginia (Risaralda), donde las inundaciones afectaron a 19.865 personas [5].

Es entonces clara y sustentada la necesidad de monitoreo del clima a nivel regional y local, pero para llegar a un registro confiable de las variables hidroclimáticas, se requiere de un seguimiento constante a través del tiempo, para así llegar a obtener información que pueda ser

utilizada tanto para definir el estado del recurso, así como la predicción de futuros comportamientos y mejorar la toma de decisiones [6]

Por consiguiente, para el registro de la información hidroclimática se hace necesario la instalación de equipos especializados que registren de manera continua los cambios en las variables ambientales como la temperatura, la precipitación, el caudal, entre otros, en una zona determinada y desarrollar el concepto de Red Hidroclimática [7]. Redes que cumplan con esta definición, ya se han venido trabajando a escala municipal en ciudades como Manizales, desde el año 2003 [8].

2. PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL EN LA CONSOLIDACIÓN DE LA RED HIDROCLIMÁTICA

2.1 Convenio Inicial

Para el mes de Diciembre de 2005, tras suscribirse un convenio entre la Universidad Nacional sede Manizales (UNAL), la Dirección Operativa para la Atención y Prevención de Desastres (DOPAD) del municipio de Pereira (Risaralda), la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER) y la UTP, se iniciaron las actividades para la implementación de una red de monitoreo climático, en tiempo real, para la ciudad de Pereira. Es así como para el mes de Julio de 2006, se instaló en el Edificio Centro Administrativo El Lago, en el centro del municipio de Pereira, la primera estación climática telemétrica conocida como “*El Lago*”. Paralelamente, se instaló la “*Estación Central*” en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (LSIG) de la facultad de Ciencias Ambientales de la UTP. Desde allí se han venido realizando las labores de operación. Después de culminado el convenio que dio origen a la red, se han desarrollado alianzas y convenios que han permitido extender el área de cobertura, garantizar la operación en estos últimos años y enriquecer, no sólo, la información histórica hidroclimática propia del municipio de Pereira, sino que también se ha extendido a los municipios de Dosquebradas y Santa Rosa de Cabal en el departamento de Risaralda.

2.2 Ampliación de Cobertura.

Aportando a la consolidación del proyecto inicial, el grupo de Investigación en Agua y Saneamiento (GIAS) de la facultad de Ciencias Ambientales de la UTP, en el marco del proyecto “*Evaluación, monitoreo y manejo sostenible de las pérdidas de agua en empresas de acueductos en pequeñas localidades*” financiado por COLCIENCIAS, instala dos (2) estaciones climáticas adicionales en el año 2007, una en la planta de tratamiento de agua potable de la Asociación de Usuarios del Acueducto Comunitario de Mundo Nuevo

¹ Decreto MAVDT 1323 del 19 de abril de 2007

² consolida las estadísticas de los Comités Regionales para la Prevención y Atención de Desastres (CREPAD), los Comités Locales para la Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD), Defensa Civil, Cruz Roja y Sistema Nacional de Bomberos.

(ASAMUN), ubicado en zona rural del municipio de Pereira. La otra estación, en el municipio de Dosquebradas, se instaló en la Compañía de Servicios Públicos Domiciliarios S.A E.S.P (ACUASEO). Para ese mismo período, y a través de un proceso de gestión autónoma, la Universidad Tecnológica de Pereira consigue con recursos de cooperación Internacional (España), la estación que hoy se encuentra en sus instalaciones. De manera generalizada, las tres estaciones incorporadas a la RHUTP en esa época, no telemétricas, requerían la captura de datos por puerto serial con la ayuda de un computador portátil.

En el año 2009, con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira S.A. E.S.P (AGUAS Y AGUAS) se realizó un contrato cuyo propósito consistió en la instrumentación hidroclimatológica de la cuenca media y alta del río Otún. En tal sentido, se realizó la instalación de dos (2) estaciones climatológicas telemétricas, dos (2) estaciones hidroclimatológicas telemétricas y siete (7) sensores de nivel para la medición de caudal. Adicionalmente, con el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Rural del municipio de Pereira, se realizó la instrumentación de cinco (5) cuencas abastecedoras de acueductos rurales, con pluviómetros digitales y limnímetros para obtener registros de lluvia y caudal

2.3 Estado actual de Instrumentación

Con toda la dinámica y participación interinstitucional, en la actualidad, se cuenta con 20 sitios instrumentados. En la Figura 1, se puede apreciar la variación altitudinal del área de influencia de la RHUTP que oscila entre los 900 y los 4900 msnm. En la actualidad, las estaciones existentes se concentran en las dos principales cuencas hidrográficas de la subregión 1 del Departamento de Risaralda, como lo son las cuencas de los ríos Otún y Consota.

En la Tabla 1, se consolidan el tipo de estación, los sitios donde se localizan con sus correspondientes coordenadas, la altura sobre el nivel del mar y su fecha de inicio de operación.

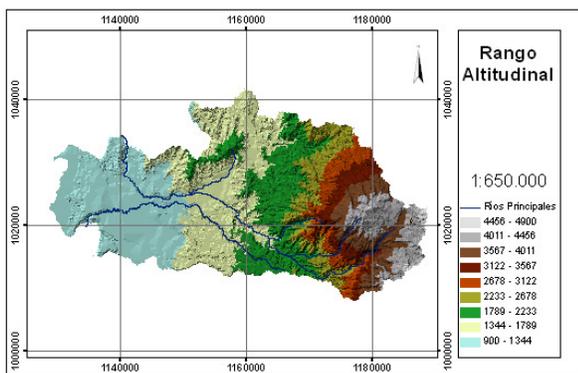


Figura 1. Variación Altitudinal en el área de influencia de la RHUTP.

| Tipo de estación | Coordenadas | Altitud (m.s.n.m) | Inicio de operación |
|---|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| Estaciones Climatológica Telemétrica (ECT) | 4°48'53.16" N 75°41'58.16" O | 1450 | 1/09/2006 |
| | 4°45'0.98" N 75°29'25.53" O | 3700 | 23/12/2009 |
| | 4°48'55.03"N 75°35'45.76" O | 1900 | 23/01/2010 |
| Estaciones Hidroclimatológicas telemétricas (EHT) | 4°42'11.44" N 75°32'11.7" O | 2080 | 27/03/2010 |
| | 4°45'25.12" N 75°35'51.07" O | 1700 | 23/02/2010 |
| Estaciones Climatológicas no Telemétricas (EC) | 4°51'42.2" N 75°39'16.7" O | 1550 | 1/12/2007 |
| | 4°45'24.8" N 75°39'40" O | 1550 | 1/12/2007 |
| | 4°47'37.2" N 75°41'26.85" O | 1450 | 1/12/2007 |
| Sensores de Nivel por Presión de Lamina de Agua, no telemétricos (SN) | 4°44'30.18" N 75°35'24.35" O | 1800 | 12/02/2010 |
| | 4°48'55.04" N 75°35'45.96" O | 1850 | 12/02/2010 |
| | 4°44'38.61" N 75°36'11.74" O | 1750 | 12/02/2010 |
| | 4°45'33.4" N 75°36'42.7" O | 1700 | 12/02/2010 |
| | 4°47'1.3" N 75°38'4.6" O | 1600 | 3/03/2010 |
| | 4°46'11" N 75°36'30.8" O | 1700 | 12/02/2010 |
| | 4°48'1.33" N 75°44'1.55" O | 1290 | 23/02/2010 |
| Pluviómetros con Datalogger, no telemétricos (PD) | 4°44'38.56" N 75°36'33.89" O | 1750 | 12/11/2009 |
| | 4°44'20.16" N 75°37'3.96" O | 1950 | 12/11/2009 |
| | 4°42'42.67" N 75°39'44.46" O | 1700 | 12/11/2009 |
| | 4°44'40.95" N 75°42'32.95" O | 1500 | 12/11/2009 |
| | 4°52'27.98" N 75°46'58.96" O | 1250 | 13/11/2009 |

Tabla 1. Consolidado de sitios instrumentados por la RHUTP.

3. DESCRIPCIÓN DE LA RED Y TIPO DE INSTRUMENTACIÓN EN LAS ESTACIONES HIDROCLIMATOLÓGICAS

3.1 Descripción de la Red

A la fecha, la red cuenta con cinco (5) estaciones telemétricas distribuidas en la zona urbana y rural de los municipios de Pereira, Santa Rosa y Dosquebradas. Estas registran las condiciones hidroclimatológicas del lugar de emplazamiento en tiempo real y envían cada cinco minutos esta información a la estación central ubicada en el LSIG de la UTP, donde se recibe y almacena la información generada para su posterior procesamiento y divulgación. Existen otro tipo de estaciones, donde es necesario descargar la información en periodos de entre quince y treinta días con la ayuda de computador portátil,

a continuación, se describe el tipo de instrumentación existente en la red.

3.2 Tipo de Estaciones y Variables de Medición

De conformidad con la descripción presentada en la Tabla 1, a continuación se define el nivel de instrumentación para cada tipo de estación:

- **Estaciones climatológicas telemétricas (ECT):** este tipo de estación registra la temperatura, precipitación, radiación solar, presión barométrica, humedad relativa, evapotranspiración, velocidad y dirección del viento.
- **Estaciones Hidroclimatológicas telemétricas (EHT):** registran temperatura, precipitación y nivel del cauce de la corriente donde se encuentran instaladas.

Las dos estaciones anteriores por su condición telemétrica, permiten tener en tiempo real la información registrada en campo. Cada cinco minutos se actualiza la información de todas las variables monitoreadas.

- **Estaciones climatológicas sin telemetría (EC):** registran las mismas variables que las ECT, la diferencia radica en que la información es almacenada y descargada cada quince días.
- **Sensores de Nivel por presión de lámina de agua (SN):** estos sensores son de tipo sumergible, es decir se encuentran inmersos en diferentes corrientes de agua, principalmente tributarios del río Otún, allí registran cada cinco minutos el nivel de la corriente, almacenando dicha información para posteriormente ser descargada con una periodicidad de treinta días.
- **Pluviómetros con datalogger (PD):** estos sensores registran la cantidad de lluvia caída en la zona de emplazamiento con una resolución mínima de 0.2 mm igualmente registran la hora y duración de cada lluvia caída, esta información es almacenada y descargada cada treinta días.

3.3 Sistemas de Comunicación Telemétrica

La RHDR usa un sistema de transmisión vía radiofrecuencia que permite tener una conexión directa con cada estación, tanto de datos como de voz, una de las ventajas de este sistema son las grandes distancias que se pueden cubrir, además de ser un sistema con un bajo costo. Del mismo modo, evaluando las necesidades actuales de transmisión, este sistema se acomoda mucho mejor que los demás por sus características específicas de tiempos de transmisión y tipo de datos [9].

3.4 Software de Adquisición de Datos

El software para la adquisición de datos, se encarga de recibir la información codificada que llega vía radio de cada una de las estaciones y la transforma en los valores numéricos que se visualizan en el computador de la Estación Central. Igualmente, almacena en una base de datos la información recibida y mantiene una gráfica en pantalla el comportamiento de cada variable en las últimas 24 horas. Otras acciones que el software realiza, son análisis estadísticos básicos de la información de entrada, como acumulados de lluvia en periodos de tiempo definidos por el usuario, definición de valores máximos, mínimos, y promedio de las variables registradas, además, de permitir exportar la información almacenada como un archivo plano para realizar otras actividades [10].

4. TIPO DE INFORMACIÓN Y UTILIDAD

4.1 Boletines Climatológicos

La información obtenida en cada estación, se utiliza para realizar informes climatológicos diarios, mensuales y anuales, los cuales contienen información de variables como: temperatura, precipitación, radiación solar, presión barométrica, humedad relativa, Velocidad y dirección del Viento. Un modelo de boletín se presenta en la Figura 2. Estos boletines, se elaboran acatando los estándares y protocolos nacionales e internacionales definidos para tal fin [6,7].

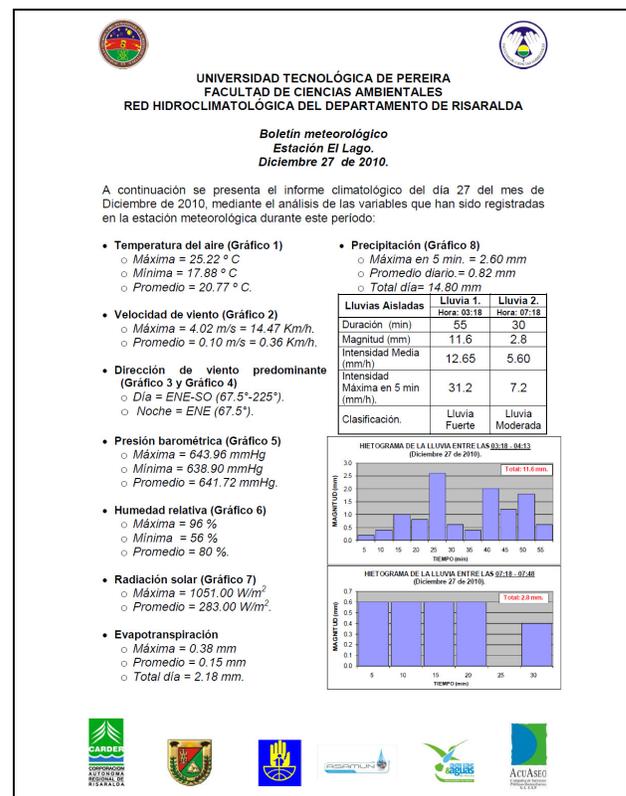


Figura 2. Modelo de Boletín Meteorológico Diario.

4.2 Tablas con Indicadores de Lluvias

Uno de los análisis específicos realizados a la información registrada por las estaciones, es la distribución de las lluvias por tipo y por jornada.

Cuando se habla de lluvias por tipo, estas son clasificadas según su intensidad media, si es mayor a 7.6 mm/h se denomina lluvia fuerte, entre 7.6 y 2.5 mm/h es lluvia moderada, entre 2.5 y 1 mm/h lluvia ligera, y si es menor a 1mm/h será una llovizna.

En la Figura 3, es evidente como las lluvias que predominaron en la Estación El Lago durante el año 2010, fueron del tipo Ligera (66%), mientras que las lluvias Fuertes, representan tan solo un 2%.



Figura 3. Distribución porcentual del tipo de lluvias en la Estación El Lago para el año 2010.

Por otro lado, la lluvia por jornada se define según sea la hora en la que se presenta la precipitación, clasificándose en madrugada (00:00 – 06:00), mañana (06:00 – 12:00), tarde (12:00 - 18:00), o noche (18:00 – 24:00).

La Figura 4, permite complementar el análisis de lluvias para la zona urbana del municipio de Pereira, al encontrar que la mayoría de lluvias se presentan en las jornadas de la Tarde (32%) y Madrugada (31%); mientras que las lluvias son menores en la Noche (22%) y en la Mañana (15%).

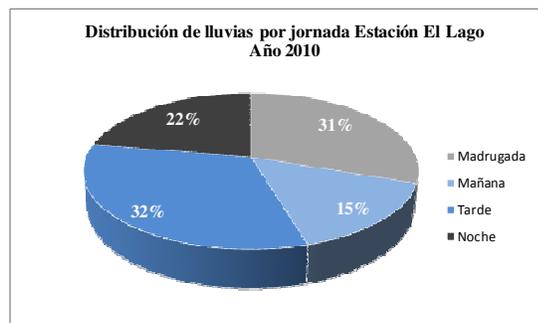


Figura 4. Distribución porcentual de las jornadas donde predominan las lluvias en la Estación El Lago para el año 2010.

4.3 Polígonos de Thiessen y Áreas de Influencia de las Estaciones

Conforme la RHUTP se ha ido densificando, se han redefinido las áreas de influencia de las Estaciones, utilizado como soporte los polígonos de Thiessen [7]. En la Figura 5, se esquematiza dicha evolución.

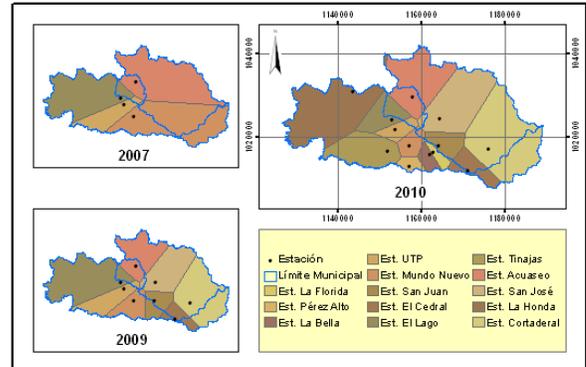


Figura 5. Variación en el tiempo de las áreas de influencia de las estaciones de acuerdo a los polígonos de Thiessen.

4.4 Isoyetas Mensuales y Multianuales

Con la información almacenada, también se realizan análisis de la distribución espacio temporal de las lluvias, utilizando el sistema de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted), mediante el software ArcGIS 10. La Figura 6, permite apreciar en la parte izquierda, la aplicación de esta herramienta en la evolución mensual de la lluvia entre marzo y noviembre del año 2010. De la misma manera, el consolidado anual de lluvias se muestra a la derecha. En forma particular, se encuentra que la Estación Cortaderal, localizada a 3700 msnm, es la que presenta menor precipitación; lo que supone que la dinámica de vientos cálidos y fríos en el sistema valle-montaña, entre el Parque Nacional Natural Los Nevados y el municipio de Cartago en el Valle del Cauca, favorece la precipitación en la zona de piedemonte, áreas urbanas de los municipios de Pereira y Dosquebradas.

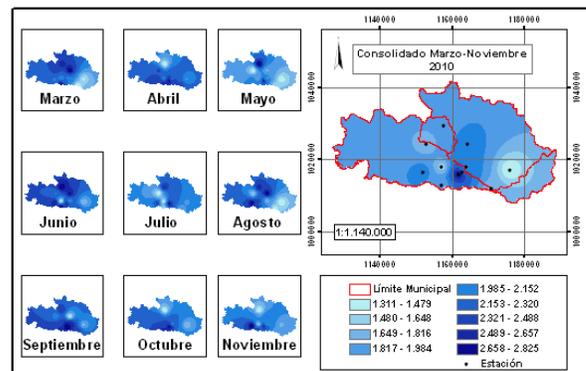


Figura 6. Isoyetas mensuales y anual para el 2010 en el área de influencia de las estaciones de la RHUTP.

4.5 Plataforma de Divulgación

Con el apoyo de la vice rectoría de investigaciones de la UTP, se logró consolidar la plataforma de divulgación por internet, mediante la habilitación de la página Web www.utp.edu.co/hidroclimatologica, a través de la cual se puede consultar en tiempo real, desde cualquier computador con acceso a Internet, las condiciones hidroclimáticas de las estaciones que en este momento poseen telemetría. Adicionalmente, es posible consultar los registros históricos de cada estación, a través de informes consolidados en diferentes escalas de tiempo (diarios, mensuales o anuales).

6. CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto RHDR, que nació como una idea ambiciosa hace 5 años, es hoy una realidad que genera satisfacciones y a la vez mucho retos, y que además permite demostrar que la ciudad y la región, sus instituciones y profesionales pueden desarrollar proyectos de envergadura, costo eficiencia, y gran impacto que contribuyen a cumplir el objetivo misional de cada uno de las instituciones que han hecho parte de este proyecto.

Se ha avanzado en el conocimiento del ciclo hidrológico en nuestro entorno local, promoviendo como pilar clave para la GIRH, una cultura de acceso público gratuito a la información meteorológica para el monitoreo del cambio climático y la educación ambiental.

Sin embargo, vale la pena mencionar que este proceso no tiene fin, y se deben articular todos los esfuerzos económicos, políticos, técnicos e institucionales para consolidar este proceso del análisis de información (ver, prever, decidir) a escala regional (Departamento de Risaralda) y que a la vez, contribuya con una efectiva gestión del riesgo y monitoreo de las estrategias de adaptación al cambio climático que se vayan a desarrollar en la región.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores brindan los agradecimientos a todas las instituciones y profesionales que han contribuido a consolidar este proyecto estratégico. El desarrollo de los trabajos de la red en su contexto de investigación aplicada en el año 2010, han sido financiados por la CARDER en el marco del convenio Interadministrativo CARDER-UTP No 517 de 2009.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)". [Online]. consultada el 10 de enero de 2011.
- [2] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), "Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico". Bogotá D.C. 2010.
- [3] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), "Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Estudio Nacional del Agua, Relaciones de demanda de agua oferta hídrica". Bogotá D.C. 2008.
- [4] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), "Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (panorama 2011-2100)". [Online], consultada el 10 de enero de 2011. Available: <http://www.cambioclimatico.gov.co/publicaciones.html>
- [5] Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia (SIGPAD), "Consolidados de Atención de Emergencias 1998-2010". [Online]. consultada el 10 de enero de 2011. Available: http://www.sigpad.gov.co/sigpad/emergencias_detalle.aspx?idn=41
- [6] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), "Protocolo para la emisión de los pronósticos hidrológicos 2008". [Online], consultada el 10 de enero de 2011. Available: <http://www.siac.gov.co/documentos/Protocolo%20emision.pdf>
- [7] World Meteorological Organization (WMO), "Guide to Climatological Practices, Third Edition". [Online]. consultada el 10 de enero de 2011. Available: <http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/documents/GuideFulltext.pdf>
- [8] F. Mejía, J.A. Pachón, "Monitoreo del clima para prevención de desastres en Manizales – Caldas (Colombia)", *Revista Agenda Ciudadana del Medio Ambiente Manizales – Caldas*, pp. 35–45, 2006.
- [9] A&V Ingeniería, "Manual de Usuario Red de Estaciones Meteorológicas en el Municipio de Pereira", 2006.
- [10] C.A. Castillo, "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto sobre internet con base en la Red de Estaciones Meteorológicas para la Prevención de Desastres del Municipio de Manizales". Trabajo de Grado Administración de Sistemas Informáticos – Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2004.
- Available: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf