

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES, SEQUÍA E INCENDIOS FORESTALES COMO MEDIDA ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMATICO

RAMÓN VALENCIA JACIPT ALEXANDER¹, RAMÓN JAROL DERLEY¹ Y ALZATE DIEGO FERNANDO²

- 1: Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (GIAAS) Programa de Ingeniería Ambiental Universidad de Pamplona (Colombia)
Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140 E-mail: jacipt@unipamplona.edu.co
- 2: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA
Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA)
Bogotá – Colombia E-mail diegoalzte@gmail.com

Resumen. *Este trabajo tiene por objetivo el Diseño e implementación de un sistema de alertas agroclimáticas tempranas (SAT) ante inundaciones, sequías, deslizamientos e incendios forestales, que vincule el componente de generación y análisis de información meteorológica y la participación comunitaria en las cuencas del río pamplonita y Zulia del departamento de Norte de Santander (Colombia). Inicialmente se realizaron capacitaciones a los potenciales usuarios, observadores locales y actores regionales en temas de alertas tempranas, la variabilidad y el cambio climático, sistemas de información geográfica SIG y lectura y uso de instrumentos meteorológicos. De igual forma, se realizó un diagnóstico técnico preliminar que permitió la instalación de 10 estaciones meteorológicas automáticas y 6 estaciones hidrológicas que conforman la plataforma por medio de un sistema de comunicación en tiempo real. Se capacitaron a usuarios, observadores locales y actores regionales en temas relacionados con el sistema de alertas tempranas, la variabilidad y el cambio climático, sistemas de información geográfica SIG y lectura y uso de instrumentos meteorológicos. El proyecto permitió la conformación de una Red Multisectorial de Trabajo en Alertas Tempranas y la generación de capacidades en la región para el monitoreo del clima y la generación de alertas tempranas por fenómenos climáticos extremos en el departamento de Norte de Santander (Colombia).*

Palabras clave: Alertas tempranas, cambio climático, inundaciones e incendios forestales.

1. INTRODUCCIÓN

En el departamento de Norte de Santander (Colombia) se conjugan condiciones físicas complejas con alta vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres naturales, inducidos en su gran mayoría por eventos climáticos extremos asociados a fenómenos de variabilidad climática como el Niño y la Niña. Sin embargo, no se cuenta con un sistema de monitoreo permanente y que permita tener información en tiempo real para alertar de manera oportuna a la comunidad sobre la posibilidad de ocurrencia de un evento que pueda causar daño, para lo cual es indispensable el monitoreo, el pronóstico, la generación de alertas y la puesta en marcha de los planes

municipales de gestión del riesgo. Para que sea efectivo, un sistema de alerta temprana debe tener la capacidad de estimular una respuesta oportuna antes de que se presente un suceso como inundaciones o deslizamientos. Reconociendo que algunos de estos eventos son impredecibles por su misma naturaleza, si existen algunos que se podrían anticipar con cierta precisión al incrementar la capacidad de alerta temprana haciendo uso de los avances tecnológicos actuales para la observación, evaluación y comunicación en tiempo real de estos fenómenos naturales que generan el riesgo y capacitando actores locales y regionales de la cuenca en su lectura y manejo. Para que se cumpla el papel de un sistema de alerta temprana en la prevención y anticipación de amenazas, la recepción de la información de manera oportuna juega un rol muy importante y si a esto le sumamos que las características hidrológicas y topográficas del Departamento lo hacen muy vulnerable a deslizamientos e inundaciones; es indispensable para anticipar, prevenir y preparar a la posible zona afectada de la ocurrencia de un evento catastrófico, que se cuente con la información en tiempo real de las mediciones de las variables que desencadenan el riesgo como por ejemplo la precipitación o eventos de lluvia [1]. El proyecto se basó en la conformación de un equipo de trabajo permanente para el diseño, socialización, implementación y funcionamiento de un Sistema de Alertas Tempranas contra eventos extremos que puedan desencadenar inundaciones, deslizamientos, incendios forestales u otro tipo de desastres asociados al clima. Paradójicamente, ante tal vulnerabilidad, existen deficiencias a nivel regional para enfrentar estos impactos a nivel institucional y comunitario, dificultades para acceder a la información, lo que impide mejorar la gestión de información hidroclimática, como clave para la zonificación del riesgo climático y la generación de alertas tempranas, así como otros insumos necesarios para apoyar la toma de decisiones y los procesos de planificación, ordenamiento territorial, gestión del riesgo y adaptación al cambio climático [3].

Según el IPCC (2007) [2] el cambio climático es la “variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos”. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (UNFCCC, 1992) de las Naciones Unidas, en su Artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales [4].

El Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés; IPCC, 2007) menciona que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y se manifiesta en el aumento del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar [5].

El calentamiento observado en los últimos 50 años es probablemente mayor que en cualquier otro periodo similar en los últimos 1,300 años. La temperatura global aumento 0.74 grados

centígrados entre 1906 y 2005 (mayor que el 0.6 entre 1901 y 2000) y la tendencia de calentamiento de los últimos 50 años es de 0.13 grados por década. Según Gay et al (2008), a partir de 1977 la tasa de incremento en las temperaturas globales es 5 veces mayor, mientras que en el caso de las temperaturas del hemisferio norte, dicha tasa ha aumentado en más de 8 veces a partir de 1985 [6].

En la Figura 1 se muestran los cambios observados de la temperatura superficial a escala continental y mundial, comparados con los resultados simulados mediante modelos del clima que contemplan forzamientos naturales o forzamientos naturales y antropógenos. Los promedios decenales de las observaciones correspondientes al período 1906-2005 (línea de trazo negro) aparecen representados gráficamente respecto del punto central del decenio y respecto del promedio correspondiente al período 1901-1950. Las líneas de trazos denotan una cobertura espacial inferior a 50%. Las franjas azules denotan el intervalo comprendido entre el 5% y el 95% con base en 19 simulaciones efectuadas mediante cinco modelos climáticos que incorporaban únicamente los forzamientos naturales originados por la actividad solar y por los volcanes. Las franjas rojas denotan el intervalo comprendido entre el 5% y el 95% con base en 58 simulaciones obtenidas de 14 modelos climáticos que incorporan tanto los forzamientos naturales como los antropógenos [7] y [8].

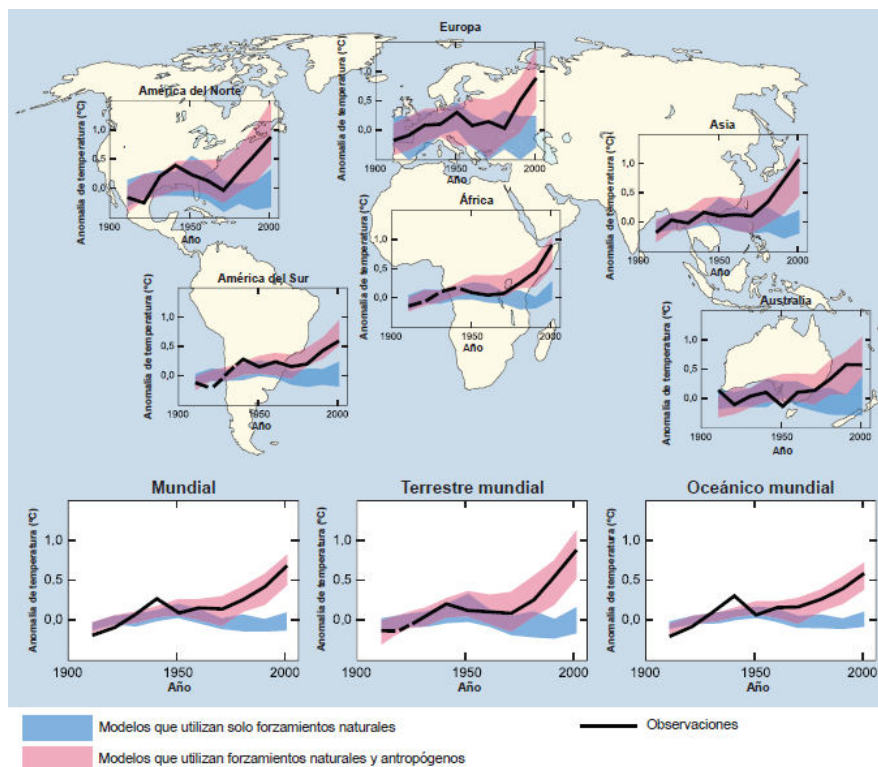


Figura 1. Cambio experimentado por la temperatura a nivel mundial y continental
Fuente: IPCC, 2007.

Un sistema de alerta temprana, SAT, consiste en la transmisión rápida de datos que active

mecanismos de alarma en una población previamente organizada y capacitada para reaccionar de manera temprana y oportuna. El suministro de información oportuna se realiza por medio de las instituciones encargadas, lo que permite a las personas expuestas a la amenaza tomar acciones para reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva [9].

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El tiempo proyectado para este proyecto fue de 24 meses, al cabo de los cuales la apropiación del proyecto por parte de los actores regionales y la generación de alertas tempranas garantizaron su funcionamiento sin recursos externos sino los otorgados por las instituciones regionales y locales. Por la complejidad de los efectos y consecuencias del cambio climático, el SAT diseñado estableció reglas que permitió prevenir un conjunto de eventos climáticos que corresponden a distintas escalas temporales: 3 a 4 meses de anticipación para una potencial sequía o evento extremo de lluvias, algunas horas para lluvias torrenciales, inundaciones e incendios forestales. Se conformó un equipo de profesionales que estén permanentemente coordinando la ejecución de las actividades propuestas.

En cuanto a la red de instrumentos, se implementó un sistema de comunicación en tiempo real, control y gestión para once (10) estaciones meteorológicas automáticas de bajo costo, donde se realizó el diseño de unas aplicaciones web necesarias para la comunicación de las estaciones con un servidor de datos y una página web desde donde se podrá observar gráficas y datos de las mediciones hechas por las estaciones, así como extraer los datos de las mediciones en un periodo de tiempo determinado. La idea es colocar una estación en un municipio o lugar donde se puedan conectar permanentemente a internet para el envío de los datos. El Esquema general de funcionamiento de la red climática propuesta se muestra a la figura 2.

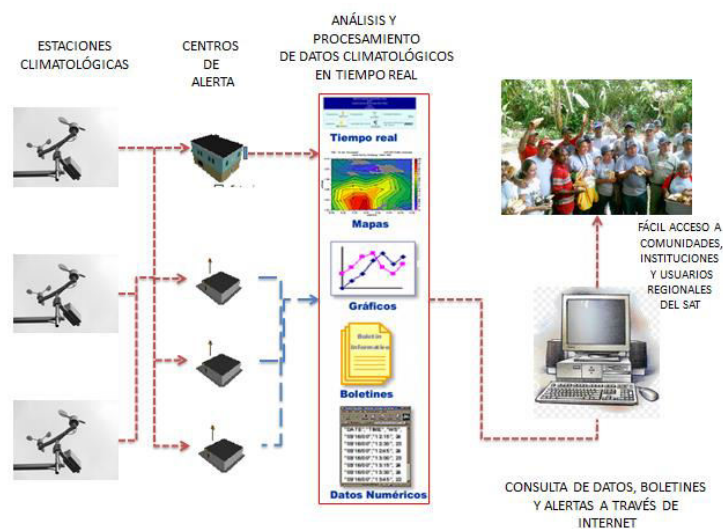


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema de alerta temprana climatológico

Fuente: autor

El servidor central se encuentra en el centro Principal de Alerta en la ciudad de Cúcuta (Colombia). Para las estaciones hidrológicas se instalaron tres, una en el Río pamplonita, otra en el Zulia y la última en río el Táchira, realizando actividades de calibración de la curva H (Altura) vs. Q (Caudal). Las mediciones de estas estaciones las realizarán los observadores locales capacitados diariamente y las enviarán a los Centros Locales de Alerta.

Se Realizó el diseño y montaje de la plataforma Web-SIG para acceso a la información del sistema de alerta temprana en las cuencas del río pamplonita y Zulia SAT en tiempo real (www.satnortedesantander.org). Cabe destacar, que a la fecha la plataforma SAT cuenta con 20 estaciones climatológicas con información libre disponible de datos climatológicos de dirección y velocidad del viento, temperaturas, precipitación, radiación solar y presión. en Norte de Santander.

De igual forma, se han generado más de 150 pronósticos del estado del tiempo los cuales han tenido una efectividad muy alta de más del 80% de ocurrencia, debido al buen análisis de los modelos numéricos WRF Y GFS utilizando los datos de precipitación, punto de rocío velocidad y dirección del viento, presión y temperatura arrojados por las 17 estaciones meteorológicas del sistema de alertas tempranas ante eventos extremos presentes en el departamento Norte de Santander.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La cuenca del río Zulia se localiza en la parte media del departamento de Norte de Santander, en la vertiente oriental de la cordillera oriental colombiana. Esta es una cuenca binacional, debido a que sus aguas en la parte baja de la cuenca continúan fluyendo sobre territorio venezolano. La cuenca se ubica entre las coordenadas planas Norte: 1`290.000 y 1`430.000 y Este: 1`118.000 y 1`190.000, con origen en el Observatorio Astronómico Nacional. (Figura 3).



Figura 3. Localización de la cuenca del río El Zulia

Fuente: autor

Esta cuenca tiene una extensión de 348.541 hectáreas (ha) (3485.4 Km²) que corresponde al 15.7% del territorio del departamento de Norte de Santander (Gil et al, 2007).

La cuenca del río Pamplonita (figura 4) se encuentra ubicada en la vertiente oriental de la cordillera oriental de Colombia, al sureste del departamento de Norte de Santander. La cuenca

posee el margen izquierdo del río Táchira, corriente que sirve como límite internacional entre Colombia y república de Venezuela. Por tanto se cataloga esta como una cuenca binacional que demanda una futura gestión concertada de ambos países.

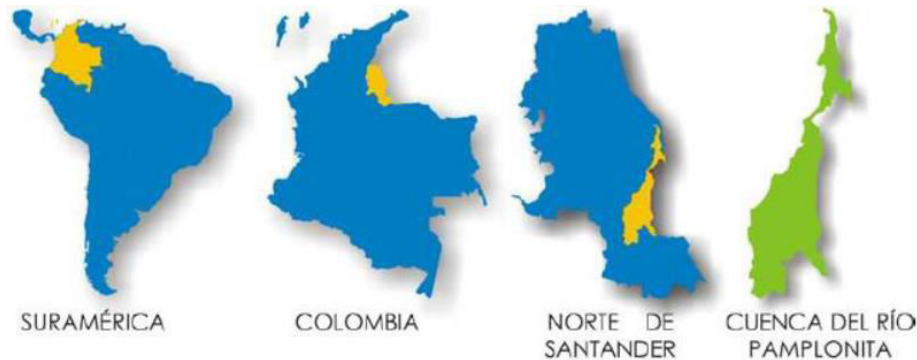


Figura 4. Localización de la cuenca del río Pamplonita
Fuente: autor

Esta cuenca está comprendida entre coordenadas planas Norte: 1°300.000 y 1°415.000 y Este: 1°150.000 y 1°195.000. Comprende una extensión de 134536 hectáreas (1345,4 Km²) que corresponden al 6% del área departamental. (Arango et al, 2006).

En la figura 5 se puede observar el área de influencia del proyecto, el cual incluye en la cuenca del pamplonita los municipios de Pamplona, Pamplonita, Bochalema, Durania, Chinácota, Toledo, Labateca, Ragonvalía, Herrán, Cacota, Chitagá, Silos, Los Patios y Puerto Santander y en la cuenca del El Zulia los municipios de El Zulia, Santiago, Salazar, Villa del Rosario, Arboledas, Gramalote y otros.



Figura 5. Localización de la cuenca del río Pamplonita. Fuente: autor

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Socialización y planificación:

Uno de los principales metas trazadas con el proyecto SATC fue el de aportar en la generación de información meteorológica y agrometeorológica para hacer frente a la variabilidad y el cambio climático, reduciendo la vulnerabilidad por falta de información y gestión institucional

3.2. Generación de información y operación del SAT

En esta fase se consolidaron las líneas de acción de SAT, entre las que se destacan: instalación y monitoreo de instrumentos de medición hidrometeorológica (con alternativas de bajo costo, automáticas o manuales y de precisión aceptable para el fin), elaboración de modelos climáticos sencillos para las cuencas (que permiten identificar condiciones futuras de exceso de humedad o de sequías y realizar boletines y alertas), implementación de un índice de riesgo de ocurrencia de incendios forestales, planes de contingencia de mecanismos para la generación y comunicación de alertas, diseño de medidas de adaptación a la variabilidad y el cambio climático en la agricultura en forma colaborativa con las comunidades, diseño y montaje de la plataforma Web-SIG para acceso a la información del SAT en tiempo real.

En cuanto a equipos de medición hidrometeorológica, el proyecto cuenta actualmente con 10 estaciones meteorológicas automáticas en tiempo real instaladas en diferentes municipios de las cuencas Zulia y Pamplonita como se muestra en la figura 6. Estas cuentan con sensores para dirección del viento, velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, pluviosidad, y presión atmosférica, los cuales suministran la información básica que se requiere para el monitoreo del clima, generación de alertas tempranas y realización de análisis climáticos, acoplados a la plataforma, además sirve de soporte para estudios e investigaciones posteriores sobre el cambio climático.



Figura 7. Estaciones meteorológicas

Fuente: autor

Adicionalmente se cuenta con 6 estaciones hidrológicas automáticas que envían en tiempo real datos de nivel de los ríos y caudal (figura 7).



Figura 7. Estaciones hidrológica
Fuente: autor

3.3. Diseño y montaje de la plataforma SATC

Una opción sencilla y de fácil implementación es el diseño de una página web bajo el estándar HTML y códigos en javascript para las animaciones y despliegue de gráficas en tiempo real de los instrumentos de las estaciones. Sin embargo, existen servidores para alojamiento web gratuito si se piensa en una plataforma muy simple, o alternativas de pago que permitiría tener almacenamiento ilimitado y otras opciones como correo, bases de datos, etc. El método de transmisión de datos utilizado se basa los llamados webtags, los cuales funcionan a manera de plantillas y son reemplazados constantemente por los datos actuales de la estación climatológica, cuya configuración puede definirse a voluntad. En la Figura 8 se muestra la plataforma WebSIG para la administración de una red climática del proyecto SAT Norte de Santander.



Figura 8. Plataforma WebSIG proyecto SAT
Fuente: autor

Es posible que existan problemas de conexión entre las estaciones instaladas y la plataforma, por causas de una mala señal de internet o por problemas de los equipos usados, incluyendo la estación. Es por esto que se realizó un periodo de prueba de la red de al menos 6 meses antes de operarla oficialmente. En este tiempo se capacito al personal, probar las conexiones, subida de datos, plataforma de funcionamiento, y analizar la información y posibles errores. Todo hace parte de un periodo de prueba normal que permite familiarizarse con el sistema, con su funcionamiento y con el análisis, procesamiento y despliegue de la información, como se muestra en la figura 9.

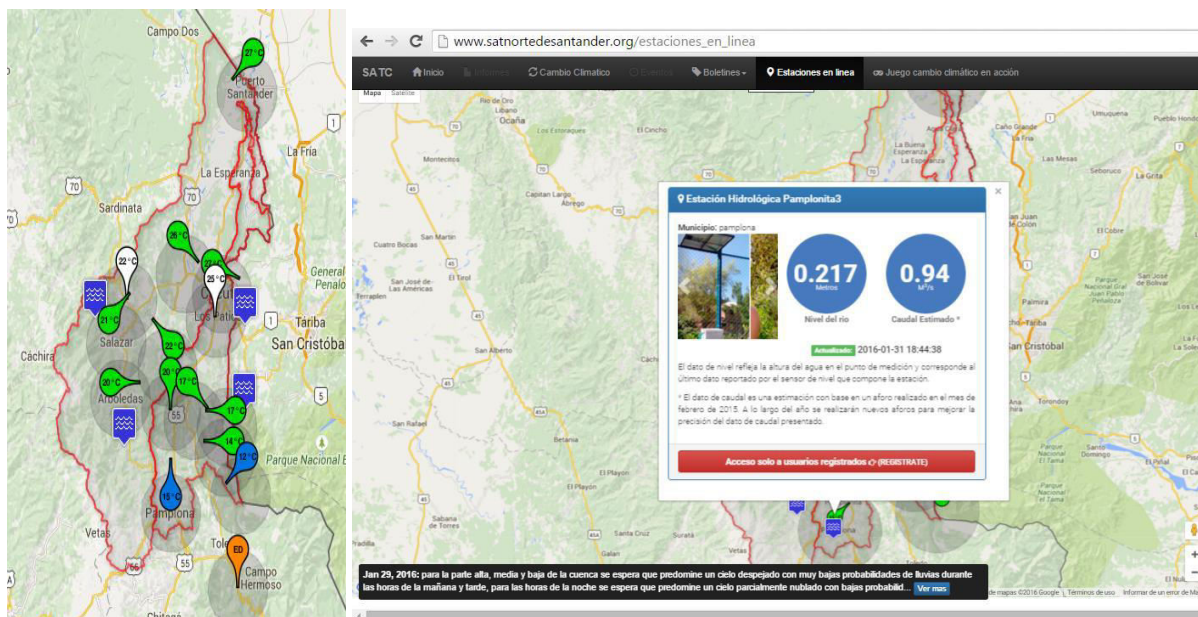


Figura 9. Estaciones hidrometeorológicas en línea proyecto SAT

Fuente: autor

3.4. Capacitación

El desconocimiento en temas de variabilidad y cambio climático es una barrera para la adaptación. En este sentido, fue necesario fomentar la formación y capacitación en estos temas, vinculando el componente técnico con el saber actual y ancestral de las comunidades a través del diálogo. Los cursos regionales, internacionales de larga duración y las réplicas locales son una estrategia clave para difundir el conocimiento en variabilidad, cambio climático y adaptación. De igual forma, en esta fase de desarrollo paralelo a la de generación de información y operación del SAT, se capacitó a los actores regionales usuarios del SAT en temas fundamentales para su funcionamiento como lo es variabilidad y cambio climático, adaptación, alertas tempranas, lectura y manejo de instrumentos hidrometeorológicos, gestión del riesgo, meteorología, SIG, entre otros, a través de cursos, parcelas demostrativas, folletos, cartillas, manuales, etc. Se realizaron 3 talleres de trabajo con los actores del SAT en Norte de Santander a través de diplomados SAT (figura 10).



Figura 10. Localización de la cuenca del río Pamplonita

Fuente: autor

3.5. Difusión

La difusión de las alertas requiere la recepción de información de las estaciones, su procesamiento, análisis, elaboración de las alertas y finalmente su difusión que se prevé realizar a través de medios como el internet, e-mail, emisoras locales y mensajes de texto. Para esto se diseñaron y se está en proceso de creación de 4 de centros de alerta local que cuentan con un responsable (a cargo del municipio u otro usuario del SAT), con un computador, impresora, conexión a internet, teléfono y mobiliario cada una (Se pueden aprovechar instalaciones existentes). Se diseñó la plantilla de boletines y alertas, formatos de difusión de la información, y la operación del sitio web como se muestra en la figura 11.

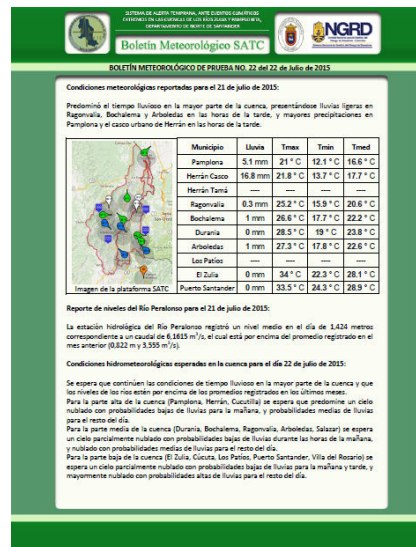


Figura 11. Boletines meteorológicos generados periódicamente Fuente: autor

4. CONCLUSIONES

- Con el constante monitoreo de los parámetros climatológicos: temperatura, precipitación, presión, velocidad y dirección del viento, punto de rocío, brillo solar se ha podido observar la gran variación presente en nuestro departamento del tiempo atmosférico puesto que la parte alta, media y baja de las cuencas presentan comportamientos diferentes. La mayor cantidad de precipitación se presenta en la parte alta y media esto genera que los mayores riesgos ante eventos extremos se presenten en la parte baja ya que en ellos se ven reflejados los aumentos en los caudales de los ríos y las anomalías.
- La publicación de los pronósticos del estado del tiempo, el monitoreo en tiempo real ha llegado a los sectores de producción agrícola, pecuario y comunidad en general del departamento. Los cuales se presentaron a la comunidad por los diferentes medios de comunicación y son utilizados por ellos para labores asociadas a su diario vivir generando un nivel de credibilidad y de avance no solo para nuestro departamento sino también para nuestro país.
- El buen desempeño de las estimaciones ha conllevado a ser pioneros en este tipo de proyectos con sistemas de alertas tempranas, queriendo crear una expansión del trabajo a otros departamentos en los próximos años para que se puedan monitorear en tiempo real las diferentes variables meteorológicas presentes en otros tipos de microclimas ya que con la experiencia adquirida podemos capacitar implementar y aplicar los métodos de prevención ante eventos climatológicos extremos.

RECOMENDACIONES

- Vinculación, capacitación y participación activa de las instituciones regionales como la Gobernación o gobiernos regionales, alcaldías de los municipios o gobiernos locales, universidades, así como organizaciones sociales y no gubernamentales de la cuenca que puedan contribuir con recursos técnicos, humanos y financieros para la continuidad del SAT.
- Conformación de una red de observadores locales para el monitoreo local del clima.
- Vinculación, capacitación y participación de las comunidades y participación de ellos en la generación de alertas tempranas comunitarias.
- Intercambio de experiencias, conocimientos y metodologías con otros sistemas nacionales e internacionales de generación de alertas tempranas.
- El trabajo colaborativo es muy importante, ya que sin el apoyo de actores claves, y más aún personas claves, dentro de las organizaciones regionales, es muy difícil generar dinámicas en torno al tema de variabilidad, cambio climático y sistemas de alerta temprana.
- La consecución de recursos es generalmente la fase más difícil de todo proyecto, por lo cual la creatividad y recursividad vinculando organismos de cooperación internacional y participando en convocatorias nacionales para obtener recursos para la implementación, teniendo en cuenta el auge de recursos a nivel nacional para procesos de adaptación y mitigación del cambio climático.

REFERENCIAS

- [1] Becher, M. 2012. Percepción e Impacto del Cambio Climático – Conflictos socio-ambientales en Norte de Santander. CERCAPAZ – Componente 3: Gestión de Conflictos Ambientales. IP-Consult/Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional GIZ. Stuttgart, Alemania. 16 págs.
- [2] IPCC (2007) . Políticas públicas para la adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático. <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A3832E/A382E.PDF>
- [3] Boshell F. 2013. Las alertas agroclimáticas tempranas participativas: punto de encuentro entre conocimientos actuales y ancestrales y apoyo para la seguridad alimentaria. Diálogo Local Caribe - Colombia Seguridad Alimentaria y Adaptación al Cambio Climático. GIZ - Programa AAC y Red Nacional Cambio Climático y Seguridad Alimentaria de Colombia – RICCLISA. (Presentación en Power Point).
- [4] Boshell F., León G. y Peña A. 2010. Contextualización de los efectos del Cambio Climático en la Agricultura. SERIE MANUALES / MANUAL N°3. Programa AACC - «Adaptación de la agricultura y del aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes». Países Andinos 2010 – 2013. GIZ GmbH–Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Perú.
- [5] Benavides H. y Leon, G.: 2005: Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Nota Técnica IDEAM-METEO-008-2007. Bogotá, Colombia.

- [6] CORPONOR. 2012. Sistema de Información Ambiental. Información en formato shape sobre impactos del fenómeno de la Niña 2010-2011 en el departamento de Norte de Santander. San José de Cúcuta.
- [7] Alzate, D.; Rojas, E.; Mosquera, J y Ramón, J. (2015). Cambio climático y variabilidad climática para el periodo 1981-2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, Norte de Santander, Colombia. Rev. Luna Azul. N° 40. Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, pp. 127-153.
- [8] Cadena, M., 2010: Tendencias del nivel del mar en Colombia. Segunda Comunicación Nacional de Colombia. Capítulo IV Vulnerabilidad (por publicar).
- [9] Alzate, D. 2011. Lineamientos de manejo para el casco urbano destruido del municipio de Gramalote, Norte de Santander. San José de Cúcuta.