

FORO VIRTUAL DE BUENAS PRACTICAS SOBRE RIESGOS Y EVENTOS EXTREMOS HIDROLÓGICOS: ALERTA TEMPRANA Y CAPACIDAD DE RESILENCIA ANTE INUNDACIONES

1. INTRODUCCIÓN

Durante la Primera Serie del Foro Virtual, que se desarrolló entre Octubre y Diciembre del año 2007, se presentaron tres experiencias de SAT's y varios documentos relacionados con el tema.

La *Ing. Luz Graciela Calzadilla*, Gerente de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica de Panamá, presentó la experiencia del SAT desarrollado en la cuenca del Río Cabra.

El *Ing. Cameron Ackerman*, quien está trabajando en el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América, presentó las experiencias de los SATs desarrollados en las cuencas de los ríos Susquehanna (Pennsylvania) y San Antonio (Texas).

El *Dr. Juan Carlos Villagrán*, quien labora en la Sección de Manejo de Riesgo del Instituto para el Ambiente y la Seguridad Humana de la Universidad de Naciones Unidas, presentó el documento titulado "El Hundimiento en el Barrio San Antonio: una alerta temprana no entendida". También presentó un informe sobre "Sistemas de Alerta Temprana para reducir el impacto de los fenómenos naturales en el marco de Sistemas de Alerta Temprana en Centro América: Una visión integral".

2. GENERALIDADES SOBRE LOS SAT'S

Un Sistema de Alerta Temprana¹, SAT, facilita información oportuna y eficaz a través de instituciones y actores claves, que permite a individuos expuestos a una amenaza, tomar acciones a fin de evitar o reducir su riesgo y prepararse para una respuesta efectiva.

Para que un SAT sea funcional, debería incluir, al menos, los siguientes elementos:

- a. Conocimiento y mapeo de amenazas;

¹ Sistemas de Alerta Temprana para reducir el impacto de los fenómenos naturales. Dr. Juan Carlos Villagrán de León. Centro de Investigación y Mitigación de Desastres Naturales, CIMDEN. Villatek S.A.

- b. Monitoreo y pronóstico de eventos inminentes;
- c. Proceso y difusión de alertas claras para autoridades políticas y la población;
- d. Adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales alertas.

En los SAT's funcionales intervienen diferentes actores:

- a. Instituciones científicas y técnicas;
- b. Autoridades y agencias de protección civil;
- c. Comunidades

El papel de la alerta temprana, dentro del contexto del manejo y control de las emergencias², puede entenderse más fácilmente reenfocando la discusión en términos del problema físico o evento peligroso, el cual es real.

Toda persona, desde los expertos y especialistas hasta los individuos que viven en las áreas donde sucede el evento, pueden hablar de ello en términos tangibles, relacionándolos con dos modos operacionales o funcionales:

- a. Estado de preparación: La preparación ante el peligro si éste ocurre;
- b. Estado de acción: Enfrentar el evento peligroso cuando este ocurra.

La ocurrencia del evento peligroso ocasiona la transición de un estado a otro. Cuando ocurre, la comunidad afectada se enfrenta con él y cuando ha lidiado con él, se prepara en caso de que ocurriese nuevamente. Un sistema de alerta temprana ayudaría a la comunidad afectada a maximizar el tiempo disponible antes de que ocurra el evento, para adoptar las medidas apropiadas y oportunas, reduciendo las posibles afectaciones.

3. EVALUACIÓN DE LOS CASOS PRESENTADOS

En esta evaluación se identifican los beneficios, las oportunidades y las limitaciones que han presentado cada uno de los SAT's presentados en la Primera Serie del Foro Virtual.

Claramente se identifica que el beneficio principal de los SAT presentados en esta Primera Serie del Foro Virtual es facilitar las advertencias precisas y oportunas que permitan maximizar el tiempo disponible para poner en marcha los planes de emergencia establecidos para reducir el número de víctimas humanas.

² Los sistemas de alerta temprana: re-enfocando la discusión. Philip H. Hall.

Hay otros beneficios que a pesar de ser secundarios, tienen una importancia relevante. Entre éstos está la reducción de las pérdidas en las economías familiares al contar con el tiempo suficiente para resguardar algunos bienes de valor, tangibles e intangibles, (mascotas, equipos electrodomésticos, documentos importantes, recuerdos familiares, etc.).

También es posible, a través de los sistemas de alerta temprana presentados, reducir las pérdidas en la economía productiva al trasladar maquinarias, insumos y animales hacia lugares más seguros.

Durante los últimos años se han producido una serie de eventos hidrometeorológicos que han cobrado un número considerable de víctimas. Ante esta situación, la cooperación internacional está orientando esfuerzos hacia el desarrollo de alertas temprana. Los gobiernos también han mostrado preocupación ante esta problemática y aunque no lo reflejan en los presupuestos nacionales, cada día le están dando más importancia a este tema.

La asignación presupuestaria a las agencias encargadas de la gestión de riesgo en los países con economías empobrecidas es muy escasa dada las necesidades reales. Esto se convierte en una limitante seria para la creación de capacidades técnicas e institucionales que permitan el desarrollo sistemático de SAT's.

Los costos de diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de alerta temprana centralizados es una fuerte limitante para el desarrollo de los mismos en los países con economías limitadas, dado los presupuestos reducidos que son asignados a las instituciones a cargo del desarrollo de los mismos.

En los tres casos presentados se contó con los recursos técnicos y económicos necesarios para su desarrollo dado que el SAT del Río Cabra fue diseñado y está siendo operado por una empresa privada. En los casos de los SAT de los ríos Susquehanna, San Antonio y Cibilo, los mismos han sido desarrollados contando con la tecnología punta existente y contando con todos los recursos necesarios para su diseño, operación y mantenimiento.

4. SINOPSIS DE CADA CASO

En esta sinopsis se hace un análisis técnico de cada caso presentado, tratando de identificar los requerimientos tecnológicos de cada SAT, los requerimientos de política pública, las bondades, sus limitaciones y las oportunidades para su replicación y/o transferencia.

4.1 RÍO CABRA

Este sistema fue diseñado como respuesta a una inundación ocurrida en septiembre del 2004, que afectó 25 comunidades con un resultado de 12 personas fallecidas, 6 casas destruidas completamente, 700 casas dañadas parcialmente y unas 3000 personas afectadas en las comunidades de Prados del Este, El Pantanal, Nueva Esperanza Arriba, Nueva Esperanza Abajo, Montería, Palo Alto, Tocumen y muchos otros poblados a lo largo del Río Cabra.

La cuenca del río Cabra tiene la característica de ser sumamente pequeña. Por ello, lograr el funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana en dicho río fue un reto para los técnicos y especialistas que lo desarrollaron. Los principios de su funcionamiento están planteados y se espera que esta experiencia pueda ser aplicada a otras cuencas vecinas y del interior de la república de Panamá, que también son clasificadas como cuencas pequeñas y en las que se dispone de tiempos muy cortos para identificar el evento meteorológico, recoger los datos que registran las estaciones hidrometeorológicas, realizar cálculos, informar al Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), y transmitir las alertas a la población.

Para lograr esto, se realizaron calibraciones de modelos hidráulicos que indican los niveles a los que llegará el río en los sitios donde se ubican los asentamientos humanos, conociendo los niveles que se registran aguas arriba. Además, se adicionó el importante componente de información meteorológica para lo cual, se están reforzando los planes de transformación de estaciones meteorológicas convencionales vecinas a estaciones meteorológicas automáticas de transmisión satelital, ubicadas en corredores donde se ha observado que ocurren los movimientos de las tormentas. Además, se instalarán estaciones hidrológicas y meteorológicas satelitales nuevas para cubrir toda el área de estudio. Esto permitirá tomar las medidas con anticipación, antes que la tormenta penetre a la cuenca donde se ha implementado el SAT.

Para el desarrollo de este SAT se instaló una estación meteorológica satelital en la parte más alta de la cuenca, una estación hidrometeorológica satelital en la parte media y una serie de reglas o limnímetros para medir el nivel de las aguas del río en diferentes puntos de su recorrido.

Con la información recopilada, se calibraron modelos matemáticos que pueden indicar los niveles de inundación, el tiempo de ocurrencia y las áreas que posiblemente serían afectadas.

Para desarrollar este SAT se han utilizado las siguientes herramientas técnicas:

- a. Imágenes Satelitales
- b. Radar de ACP (Autoridad del Canal de Panamá)

- c. Imágenes satelitales del sistema RAMSDIS (hidroestimador agua precipitable)
- d. CAFFG Sistema Satelital de Crecidas Repentinas
- e. Transmisiones de las estaciones meteorológicas e Hidrológicas.
- f. Lecturas de las reglas en el río.
- g. Radios de comunicación SINAPROC-ETESA
- h. Sistema de detección de tormentas eléctricas
- i. Información horaria de la Autoridad de Aeronáutica Civil (METARES y SPECI)

Para la operación del SAT se requiere que:

- a. Personal de Vigilancia meteorológica observe la formación del mal tiempo. Retroalimentación con personal de ACP y con Voluntarios de SINAPROC para definir su magnitud.
- b. Personal de análisis meteorológico e hidrológico le den seguimiento a los registros de las estaciones.
- c. Se elabore un pronóstico especial de probabilidad de ocurrencia de inundaciones que es enviado al SINAPROC.
- d. Se active el protocolo de alerta (SINAPROC). Continúa la vigilancia meteorológica e hidrológica.
- e. El Centro de Operaciones de Emergencia de SINAPROC actúa en el anuncio de las alertas a la población.
- f. Preparación de informes y lecciones aprendidas. Mejoramiento del SAT.

Como una premisa básica, los promotores de este SAT se han planteado la siguiente ecuación para conocer su viabilidad hidrológica:

$$T_c > T_a = t_1 + t_2 + t_3$$

Siendo:

- T_c = tiempo de concentración de la cuenca
- T_a = tiempo total requerido para dar la alerta
- t₁ = tiempo para registrar y transmitir los datos
- t₂ = tiempo para realizar la evaluación y cálculos
- t₃ = tiempo requerido de reacción

Este SAT presenta las siguientes características:

- a. Ha sido diseñado y está siendo operado por una empresa privada.
- b. Es un SAT que combina los sistemas centralizados y comunitarios.

- c. En su operación intervienen diversas instituciones estatales (Autoridad Nacional del Ambiente, ANAM; Autoridad Aeronáutica Civil, AAC; Autoridad del Canal de Panamá, ACP; el Sistema Nacional de Protección Civil, SINAPROC; el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, MIDA; la Oficina de Seguridad del Estado y la Empresa de Transmisión Eléctrica, ETESA, entre otros. También se coordinan con el Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos de América.
- d. Ha sido diseñado utilizando tecnología existente, que ha sido desarrollada y validada en diferentes áreas.
- e. Esta experiencia puede ser aplicada en otras áreas con similares problemas.

4.2 RÍOS SUSQUEHANNA (PENNSYLVANIA) Y SAN ANTONIO (TEXAS)

El Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América ha desarrollado un sistema de alerta temprana y respuesta contra inundaciones en aproximadamente 177 kilómetros (110 millas) del curso principal del Río Susquehanna, en el Noreste de Pensilvania, y en 161 kilómetros (100 millas) del curso principal del Río San Antonio y en 64 kilómetros (40 millas) del Río Cibilo, afluente del San Antonio.

Con el desarrollo de estos SAT's se pretende proporcionar a los residentes de las áreas afectadas y a los organismos de emergencia correspondientes, las advertencias precisas y oportunas que permitan maximizar el tiempo disponible para poner en marcha los planes de emergencia establecidos para estos casos, beneficiando con ello a los pobladores ubicados en las planicies de inundación de los ríos Susquehanna, San Antonio y Cibilo.

Ambos SAT's incorporan fotografías aéreas, datos de elevación del terreno, geometría del cauce de los ríos, información demográfica, vías de comunicación terrestre, inventario y evaluación económica de las estructuras ubicadas en las áreas que posiblemente sean afectadas, con un modelo hidráulico que crea un mapa interactivo de inundaciones basado en un Sistema de Información Geográfico.

El HEC-RAS fue utilizado para desarrollar un modelo hidráulico para el área completa de proyecto. Múltiples simulaciones de eventos de inundaciones fueron establecidas y referidas en el modelo de elevación del terreno.

La funcionalidad del SAT desarrollado en el Río Susquehanna es basada en cuatro estaciones telemétricas ubicadas en el área del proyecto, que registran los niveles de las aguas del río. Estas estaciones son operadas por el Servicio Meteorológico Nacional.

En el Río San Antonio fueron instaladas tres estaciones telemétricas que registran los niveles de las aguas del río (dos sobre el Río San Antonio y una sobre el Río Cibilo).

Un nivel conocido o pronosticado por el Servicio Meteorológico Nacional en una o más de las estaciones de medición permite identificar el área de inundación y con ello conocer la infraestructura a ser afectada y los posibles daños esperados.

La estimación oportuna de la severidad de la inundación ayudará a los funcionarios de la administración de emergencias a identificar las áreas que estarían en riesgo y a diseñar los planes de evacuación. Permitirá también a dueños de propiedades afectados a aminorar los daños potenciales. Además, las estimaciones preliminares del daño pueden ser proporcionadas a la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias antes o durante la ocurrencia de un evento para que la asistencia pueda llegar a tiempo a las personas afectadas.

Dado que el Río Cibilo es afluente del Río San Antonio, da lugar a que en la confluencia de ambos ríos se produzca un reflujo o remanso de agua, situación que ha sido incorporada y manejada adecuadamente en el modelo hidráulico de este sistema.

Para el sistema del Río Susquehanna, los mapas de áreas inundadas son elaborados con la información de elevación del nivel del río registrada o pronosticada en una de las estaciones de observación, por lo que dichos mapas reflejan una relación lineal entre la superficie del agua y la distancia entre varios puntos del río, lo cual no es correcto.

Esta situación ha sido superada en el sistema del Río San Antonio, por lo que en este sistema se puede presentar una crecida de 10 años de recurrencia en un sitio, por ejemplo, mientras que en otro sitio para este mismo evento la recurrencia de la crecida puede ser de 50 años.

El sistema desarrollado para el San Río de Antonio es flexible y permite al usuario especificar el sitio de medición o pronóstico. Esta información es almacenada en una hoja de cálculo de Excel, la cual puede ser modificada fácilmente incorporando nuevos datos o nuevas estaciones de registro. El software del sistema del Río San Antonio puede manejar también múltiples ríos.

Ambos sistemas de alerta temprana y respuesta contra inundaciones presentan las siguientes características:

- a. Han sido diseñados utilizando tecnología existente, que ha sido desarrollada y validada en diferentes áreas (HEC-RAS, HEC-GeoRAS, SIG).
- b. Utilizan al máximo las herramientas de visualización disponibles (SIG) y han desarrollado los sistemas de tal manera que permite incorporar información en la medida en que es obtenida.
- c. Han contado con información básica actualizada que permite predecir con bastante exactitud los daños que se presentarán en un evento dado (fotografías aéreas, datos de elevación del terreno, geometría del cauce de los ríos, información demográfica, vías de comunicación terrestre, inventario y evaluación económica de las estructuras ubicadas en las áreas que posiblemente sean afectadas).
- d. Existe una coordinación estrecha entre la agencia que genera la información hidrometeorológica (Servicio Meteorológico Nacional), el organismo encargado de desarrollar el sistemas de alerta temprana y respuesta contra inundaciones (El Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América) y la agencia encargada de la administración de emergencias (Agencia Federal para el Manejo de Emergencias).
- e. La información clave de estos sistemas de alerta temprana y respuesta contra inundaciones ha sido el haber desarrollado un buen modelo hidráulico en ambos ríos.
- f. Ambas experiencias pueden ser aplicadas en otras áreas con similares problemas.
- g. Ambos sistemas de alerta temprana y respuesta contra inundaciones son centralizados.

5. DOCUMENTOS VARIOS

El Dr. Juan Carlos Villagrán no presentó un caso específico de SAT contra inundaciones, sino que puso a disposición de los usuarios del Foro Virtual una serie de documentos que son de particular interés para aquellos que están trabajando en este tema.

Uno de los documentos presentados es *El Hundimiento en el Barrio San Antonio: una alerta temprana no entendida*.

En este informe relata que la noche del 22 de febrero del 2007 una zona del Barrio San Antonio en la Ciudad de Guatemala, experimentó el colapso de un segmento del suelo que tomó por sorpresa no sólo a la población que residía en este pintoresco barrio, sino a autoridades de múltiples instituciones de la Municipalidad, la Empresa Municipal de Agua -Empagua-, la Coordinadora Nacional para la Reducción de

Desastres -CONRED-, el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH- y otras más.

Semanas antes del suceso, vecinos de este barrio empezaron a percibir sismos y ruidos ocasionados por el proceso del colapso interno del suelo. Tales sismos y ruidos aumentaron en magnitud y frecuencia conforme se acercaba el día del trágico evento. Además, los pobladores en áreas cercanas al hundimiento empezaron a notar la manifestación inusual de insectos. Las cucarachas, hormigas, sompopos y lombrices empezaron a emigrar del suelo hacia la superficie, entrando en viviendas y escalando paredes en algunos casos. Un día antes del evento todo insecto en la zona del hundimiento había ya evacuado a zonas seguras como lo comentan varias de las personas entrevistadas en el refugio temporal implementado por la Policía Nacional Civil para dar albergue a los cientos de personas evacuadas como medida de prevención.

Como es de esperarse los perros y mascotas empezaron a mostrar un presentimiento sobre la gravedad de la situación, estando cada vez más inquietos o asustados y en algunos casos, incluso agresivos.

En este informe, aunque no es de alerta temprana contra inundaciones, se puede apreciar claramente que ocurrieron premonitores ambientales o señales de alerta que no fueron comprendidas por los especialistas de diversas instituciones que tienen que manejar este tipo de situaciones ni por los vecinos, lo que condujo a la pérdida de vidas humanas que pudieron haberse evitado con un adecuado sistema de alerta temprana. En este documento, el Dr. Villagrán presenta algunos precursores identificados por grupos étnicos de Guatemala asociados a diversas amenazas naturales.

Concluye el autor que en Centro América se hace uso de dos precursores para pronosticar inundaciones en los sistemas comunitarios de alerta temprana operados por voluntarios en diversas cuencas de varios países del istmo:

- a. La medición de lluvia permite identificar si se puede o no manifestar una inundación.
- b. La medición del caudal o nivel de un río en la cuenca media complementa entonces la información sobre lluvia.

En combinación, el uso de estos precursores permite pronosticar si se manifestarán inundaciones o no en las planicies de inundaciones en las cuencas donde se han implementado estos sistemas.

También presentó el Dr. Villagrán el informe *Sistemas de Alerta Temprana para reducir el impacto de los fenómenos naturales en el marco de Sistemas de Alerta Temprana en Centro América: Una visión integral*.

En este documento el autor indica que hay dos enfoques en el desarrollo de SAT's. El primer enfoque, el tradicional, tiene tres fases:

- a. Medición de precursores;
- b. Pronóstico de eventos
- c. Alerta

El segundo enfoque que predomina actualmente y que está siendo promovido por las agencias nacionales de emergencia y por las instituciones encargadas de la gestión del riesgo, tiene cuatro fases:

- a. Medición de precursores;
- b. Pronóstico de eventos
- c. Alerta
- d. Respuesta en caso de emergencia