

## **SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (SAT) EN ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN SAN CARLOS, COJEDES-VENEZUELA**

(EARLY WARNING SYSTEM (SAT) IN AREAS VULNERABLE TO FLOODING IN SAN CARLOS, COJEDES-VENEZUELA)

**Rincón<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Roy E. Rincón R. MSc. en Docencia Universitaria. Docente con categoría asociado adscrito al PCBA de la UNELLEZ. Miembro del centro de investigación en ambiente y desarrollo de la UNELLEZ VIPI, Cojedes. E-mail: [hooke67@gmail.com](mailto:hooke67@gmail.com).

**Recibido:** 29/04/2022

**Aceptado:** 31/05/2022

### **RESUMEN**

La lluvia es un fenómeno natural que proporciona a la tierra la humedad necesaria para mantener los cultivos, así como mantener en equilibrio el planeta por medio del ciclo hidrológico. Cuando la precipitación es severa durante un tiempo prolongado puede representar una amenaza para la población, más aún cuando las ciudades tienen un gran porcentaje de áreas impermeables lo que evita la infiltración del agua al suelo, provocando inundaciones. Las inundaciones han estado presentes en la historia de las civilizaciones desde sus inicios, es uno de los eventos naturales que más afectan a las poblaciones, provocando incomunicación, pérdidas humanas, materiales, económicas y daños al ambiente. El presente trabajo es una revisión bibliográfica y documental que tiene como objetivo principal argumentar sobre un Sistema de Alerta Temprana (SAT) en zonas vulnerables a inundaciones en San Carlos. Para esto, se plantearon tres fases: (1), identificación de las zonas en riesgo a inundaciones de San Carlos, (2), caracterización de los parámetros hidrológicos e hidráulicos de las zonas vulnerables y (3), Definición de un sistema de alerta temprana de las zonas vulnerables. Una consideración final es que la investigación se basó en el monitoreo comunitario, proporcionando información mediante la implantación de la plataforma tecnológica de los Sistemas de Información Geográfica que velen por la sostenibilidad y seguridad de la población.

**Palabras clave:** inundaciones, riesgo, alerta.

### **ABSTRACT**

Rain is a natural phenomenon that provides the soil with the moisture necessary to maintain crops, as well as keeping the planet in balance through the hydrological cycle. When precipitation is severe for a long time it can represent a threat to the population, especially when cities have a large percentage of impervious areas which prevents the infiltration of water into the ground, causing flooding. The floods have been present in the history of civilizations since its inception, is one of the natural events that most affect populations, causing isolation, human, material, economic losses and damage to the environment. The present work is a bibliographic and documentary review whose main objective is to design

an early warning system (EWS) in areas vulnerable to flooding. For this, three phases were proposed: (1), identification of areas at risk of flooding through vulnerability criteria, (2), characterization of hydrological and hydraulic parameters of vulnerable areas, and (3) development of the Early warning system for vulnerable areas. A final consideration is that the research was based on community monitoring, providing information through the implementation of the GIS technology platform that ensures the sustainability and safety of the population.

**Keywords:** floods, risks and warning.

## INTRODUCCIÓN

La lluvia es un fenómeno natural que proporciona a la tierra la humedad necesaria para mantener los cultivos, así como mantener en equilibrio el planeta por medio del ciclo hidrológico. Cuando la precipitación es severa durante un tiempo prolongado puede representar una amenaza para la población, más aún cuando las ciudades tienen un gran porcentaje de áreas impermeables lo que evita la infiltración del agua al suelo. Esto propicia el incremento de niveles de agua en los drenajes, causando así, grandes daños por inundaciones (Tingsanchali, 2012). Aunado a esto, los efectos del cambio climático incrementan las lluvias torrenciales, las cuales son difíciles de predecir (IPCC, 2007), aunque las inundaciones han estado presentes en la historia de las civilizaciones desde sus inicios, es uno de los eventos naturales que más afectan a las poblaciones, provocando

incomunicación, pérdidas humanas, materiales, económicas y daños al ambiente (Vergara, et al. 2011). De hecho, a nivel mundial han ocurrido inundaciones donde se han registrado grandes pérdidas. Por ejemplo, a finales de la década de 1990, Asia sufrió inundaciones que causaron hasta siete mil muertos, seis millones de viviendas y 25 millones de hectáreas de cultivo destruidas principalmente en Bangladesh, China, India y Vietnam (Dartmouth Flood Observatory, 2009). En Venezuela, en diciembre de 1999, las intensas lluvias causaron inundaciones en el Estado Vargas causaron pérdidas humanas totalizadas en unas 10.000 víctimas según cifras oficiales. (Bravo et al., 2010).

En este sentido, los eventos ocurridos tuvieron algo en común, se presentaron en ciudades y zonas urbanizadas las cuales tienen una gran concentración de población, conglomerado de servicios,

vialidad y pavimento lo que incrementa la posibilidad de inundaciones. En vista de esto, es necesario un sistema de alerta temprana (SAT). Un SAT es un proceso diseñado para advertir, con la debida anticipación, a una población vulnerable del desarrollo de una potencial amenaza (Bravo et al., 2010). La importancia de esta investigación es desarrollar el SAT en zonas o comunidades con riesgo de inundaciones de San Carlos estado Cojedes, las cuales serán identificadas utilizando un sistema de información geográfica (SIG), se determinarán los riesgos e indicadores que permitan identificar y clasificar la amenaza. Por último, plantea un plan de monitoreo en las comunidades haciendo lectura de pluviómetros en los puntos críticos (canales de drenaje), así como, educar a los actores de las comunidades para un evento y generar un mapa con las rutas de evacuación para la emergencia.

### **PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN**

El crecimiento de la población es un factor de presión que incrementa la demanda de tierras para el uso habitacional, desbordando el crecimiento

hacia las áreas no aptas para la urbanización (Mendoza et al, 2014). Además de esto, las ciudades modifican los flujos naturales de las cuencas hidrográficas, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo (Momparrer y Dómenech, 2008). La reducción de espacios vegetados reduce en primera instancia la intercepción natural y la evapotranspiración en las cuencas, así como transforma las dinámicas ambientales que alteran continuamente la topografía natural (Gomes, et al. 2010).

En consecuencia, la acción antrópica sobre las cuencas hidrográficas ha traído como resultado las inundaciones urbanas, impactando sobre la sociedad y el ambiente (Tucci, 2008). Estas inundaciones ocurren en las zonas más vulnerables, las cuales podrán ser cuantificadas en mayor o menor grado dependiendo de la eficiencia del sistema de drenaje y sus componentes. Muchos centros poblados y comunidades no cuentan con la información necesaria para afrontar una inundación ni poseen conocimiento para identificar la amenaza, tampoco cuentan con un plan o ruta de evacuación para afrontar el desastre, lo

que incrementa la cantidad de pérdidas humanas y materiales en una inundación.

### **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Por lo antes expuesto, la presente investigación tiene como objetivo principal diseñar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) en zonas vulnerables a inundaciones. Los objetivos específicos son:

- Identificar las zonas vulnerables a inundaciones a través de los criterios de vulnerabilidad San Carlos estado Cojedes.
- Caracterizar los parámetros hidrológicos e hidráulicos de las zonas vulnerables San Carlos estado Cojedes.
- Proponer un sistema de alerta temprana de las zonas vulnerables de San Carlos estado Cojedes.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Sobre inundaciones y sistemas de drenaje urbano se han realizado muchos estudios importantes, por ejemplo: Tingsanchali (2012) desarrolló una investigación titulada “manejo de desastres por inundaciones urbanas”, cuyo marco referencial estableció tres

conceptos generales para la gestión del riesgo de inundación urbana, la gestión integrada de inundaciones; gestión total del ciclo del agua; y planificación del uso de la tierra. Por otro lado, Yu y Coulthard (2015) destacaron la importancia de los parámetros hidrológicos para la aplicación de un modelo de simulación hidrológica en drenajes urbanos, lo que enfatizó el efecto que tienen las capacidades del drenaje para las inundaciones. Lo mismo resaltó Paredes et al. (2007), en un trabajo sobre el efecto de la expansión urbana en la cuenca alta de la quebrada La Yaguara de la ciudad de San Carlos.

Estos autores estimaron que al presentarse una tormenta cuya duración superase los 130 minutos casi todas las estructuras de drenaje colapsarían produciendo inundaciones en importantes avenidas y urbanizaciones. En consecuencia, el tiempo para implementar una evacuación en caso de una inundación apenas superaría las dos horas.

La metodología propuesta para la presente investigación es una revisión bibliográfica, con el fin de determinar la relevancia e importancia del tema. Además de esto, es una investigación que

se fundamenta en la revisión sistemática de diferentes posturas y autores, a través de una sistematización profunda y rigurosa de material bibliográfico (Palella y Martins, 2006).

Por otro lado, el diseño es de tipo documental debido a que el proceso está basado en la búsqueda, recuperación, análisis y crítica de los datos obtenidos y registrados por fuentes documentales o por autores, en virtud de esto la indagación persigue contribuir aportes de nuevos conocimientos (Arias, 2012)

#### **Fases de la investigación:**

**Fase I.** Identificación de las zonas en riesgo a inundaciones a través de los criterios de vulnerabilidad: para la delimitación de la unidad de estudio se tomará en consideración, el nivel de vulnerabilidad. Esta variable comprende diversos factores socioeconómicos, ambientales, culturales, etc., del territorio en donde se busca implementar el SAT, que dé cuenta de la data histórica y de posibles amenazas futuras frente a inundaciones y otros fenómenos (Dávila, 2016). Una vez considerado las variables se obtiene una imagen de la cuenca urbana

utilizando los Sistemas de Información Geográficos (SIG).

**Fase II.** Caracterización de los parámetros hidrológicos e hidráulicos de las zonas vulnerables: cada microcuenca urbana será caracterizada a través de diferentes parámetros morfométricos como: área drenada, coeficiente de escorrentía (dependiendo de la cobertura superficial), pendiente promedio, longitud de cauce principal, componentes del drenaje urbano (sumideros, cunetas y alcantarillado). Además de esto, los datos hidrológicos de la zona como la intensidad de la lluvia, frecuencia y duración, así como la evapotranspiración (a través de registro de datos de una estación hidrológica cercana y un balance hídrico) (Paredes, et al. 2007).

**Fase III.** Propuesta de un sistema de alerta temprana de las zonas vulnerables: se determinarán los riesgos y los indicadores para identificar y clasificar la amenaza: la organización comunitaria y el liderazgo local juegan un papel fundamental en la implementación de un sistema de alerta que cuenta con el apoyo y el conocimiento local, además es esencial en la construcción del capital

social (Bravo et al, 2010; Da Silva et al, 2013). Esta fase contemplará cuatro subsistemas: Medición y seguimiento de las amenazas; Conocimiento de los riesgos; Preparación y Capacidad de Respuesta; Difusión y Comunicación. (Maskrey, 1997). En un primer momento se construirá un plan de monitoreo en las comunidades haciendo lectura de pluviómetros en los puntos críticos (canales de drenaje). Se prevé educar a los actores de las comunidades a fin de que, ante un evento de tormenta, emitan boletines de aviso, cuyo nivel de peligrosidad se definirá a partir de umbrales de intensidad y duración de cada fenómeno (Camarasa-Belmonte y Butrón, 2016 citando a AEMET, 2009). Se establecerán cuatro categorías, caracterizadas por colores, que van desde el verde (sin riesgo) hasta el rojo (riesgo extremo), pasando por el amarillo (riesgo bajo) y el naranja (riesgo importante) (Camarasa-Belmonte y Butrón, 2016). Por último, en un segundo momento se generará un mapa con las rutas de evacuación para la emergencia, utilizando las herramientas de libre acceso disponible vía QGIS.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

El desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) en Venezuela, ha presentado muchas carencias en su implementación. Esta propuesta se basa en el monitoreo comunitario, proporcionando información mediante la implantación de una plataforma tecnológica de los SIG que velen por la sostenibilidad y seguridad de la población. Esta iniciativa representa un aporte del compromiso social con las comunidades y una contribución a la sistematización de una herramienta preventiva que debe ser replicada ampliamente a nivel nacional.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Arias, F. G. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. 5ta. Edición. G. Arias Odón. Pp. 1-30.
- Bravo, L., Hernández, R. J., Llatas, I., y Salcedo, A. (2010). Desarrollo de un sistema de alerta temprano comunitario en el estado Vargas, Venezuela. Revista temas de coyuntura, (61).
- Camarasa-Belmonte, A. y Butrón, D. (2016). Umbrales de lluvia, daños y niveles de alerta en la Comunidad Valenciana. X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio. 10 p.
- Da Silva, F., Heikkila, T., de Souza, F., y Costa, D. (2013). Developing

- sustainable and replicable water supply systems in rural communities in Brazil. *International journal of water resources development*, 29(4), 622-635.
- Dartmouth Flood Observatory, Reported Floods. (2009), Dartmouth College Hanover NH, 2009 [<http://www.dartmouth.edu/~floods/>], fecha de consulta: 22 Junio 2019.
- Dávila, D. (2016). *Sistemas de alerta temprana ante inundaciones en América Latina* / Autora: Dilma Dávila. — Lima: Soluciones Prácticas; Clasificación SATIS. Descriptores OCDE. Lima, Perú. p.60.
- Gomes, C, dos Santos, A., de Andrade, E, Pereira, A. y Holanda, M. (2010). Análise da influencia vegetacional na altimetria dos dados SRTM em bacias hidrográficas no semiárido. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 2, p. 222-230.
- IPCC. (2007). Eds. Climatechange, Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ and Hanson CE. *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 7-22.
- Maskrey, A. (1997). *Report on national and local capabilities for early warning. International Decadefor Natural Disaster Reduction (IDNDR)*.
- Mendoza, J. y Orozco, M. (2014). Análisis de la vulnerabilidad biofísica a los riesgos por inundación en la zona metropolitana de Toluca, México. *Revista Luna Azul*, (38).
- Momparler, S. y Doménech, A. (2008). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia”. *Revista Técnica de Medio Ambiente. C&M Publicaciones*, 124, p. 92-104.
- Palella, S., y Martins, F. (2006). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: Fedupel. P. 96.
- Paredes, F., Rumbo, L., y La Cruz, F. (2007). Efecto de la expansión urbana en la cuenca alta de la quebrada La Yaguara sobre el caudal pico aguas abajo de la ciudad de San Carlos-estado Cojedes. *Revista Agrollanía de Ciencia y Tecnología*, 4, p. 117-131.
- Tingsanchali, T. (2012). Urban flood disastermanagement. *Procedia engineering*, 32, 25-37.
- Tucci, C. (2008).Gestão integrada das águas urbanas. *REGA. Revista de Gestão de Águas da América Latina*, v. 5, p. 71-80.
- Vergara, M., Ellis, E., Aguilar, C., Antonio, J., Alarcón, L., y Galván, U. (2011). La conceptualización de las inundaciones y la percepción del riesgo ambiental. *Política y cultura*, (36), 45-69.
- Yu, D. y Coulthard, T. (2015). Evaluating the importance of catchment hydrological parameters for urban surface water flood modelling using a simple hydro-inundation model. *Journal of Hydrology*, 524, pp. 385-500.