

SISTEMA DE GESTIÓN DE AMENAZAS HIDROLÓGICAS, SIERRAS DE CÓRDOBA, ARGENTINA. EVALUACIÓN LOCAL DE SEVERIDAD

Carlos Gastón Catalini¹, Carlos Marcelo García² y Eugenia Raviolo³

¹Instituto Nacional del Agua – Centro de la Región Semiárida y Universidad Católica de Córdoba – Facultad de Ingeniería Grupo de Estudios Hidrológicos en Cuencas Pobremente Aforadas Av. Armada Argentina 3555, Córdoba, Argentina.

²Instituto de Estudios Avanzados en Ingeniería y Tecnología (IDIT CONICET/UNC) y CETA – FCFyN, Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET.

³Instituto Nacional del Agua – Centro de la Región Semiárida (INA-CIRSA) Medrano 325. Villa Carlos Paz. Argentina

E-mail: cgcatalini@hotmail.com, cgarcia2mjc@gmail.com

Introducción

En los últimos años, la provincia de Córdoba en el centro de la república Argentina, ha sido afectada por eventos hidrometeorológicos severos que han causado inundaciones repentinas con consecuencias trágicas y daños en la infraestructura pública y privada de la región. Ante esta situación, el análisis de severidad de eventos severos son el punto de partida para adoptar decisiones operativas correctas, a fin de disminuir el impacto que podrían causar las lluvias intensas.

En este trabajo se describe una aplicación en línea que se ha desarrollado en relación a esta temática denominada SGA (Sistema de Gestión de Amenazas) con la finalidad de ser empleada como parte activa en los Sistemas de Alerta Temprana por lluvias, operados por el Ministerio de Gobierno de la Provincia de Córdoba, Argentina a través de la Secretaría de Gestión de Riesgo Climático y Catástrofes de la cual depende Defensa Civil de la Provincia.

Sistema de gestión de amenazas

El Sistema de Gestión de Amenazas (SGA) es una aplicación en línea y para dispositivos móviles, desarrollada para la Gestión y Evaluación de Amenazas Hidrológicas en base a la información suministrada por el Sistema de Adquisición de Datos Hidrometeorológicos, el cual se encuentra conformado actualmente por 60 estaciones remotas de tecnología ALERT, en una red interinstitucional de sensores de lluvias y algunas que incorporan niveles de río,

La incorporación de la información del sistema se realiza de manera automática y es procesada en base a algoritmos previamente establecidos, y supervisada por profesionales del INA-CIRSA. A lo largo del presente artículo se hará hincapié en lo desarrollado sobre la regionalización de valores extremos de lluvias máximas con fines de evaluación de la severidad de eventos pluviométricos. Se hará una breve descripción de las capacidades del SGA, el cual a los fines prácticos posee definidos 4 niveles de acceso, a saber:

- Acceso Libre: Orientado al público en general, el acceso se realiza a través de la página web del INA o de la aplicación Android. Brindando acceso a mapas de evaluación de amenazas, registros pluviométricos y de nivel.
- Acceso Operador: De carácter restringido orientado a operadores de Defensa Civil, incorporando niveles de evaluación de información adicionales y capacidad de emisión de reportes de “acceso libre”.
- Acceso Supervisor: Acceso restringido al equipo de supervisión, se adiciona la capacidad de gestión de estado de estaciones y sensores.
- Acceso Administrador: Acceso pleno al sistema, capacidad de definición de modelos, alta y baja de estaciones y usuarios.

Consulta de Amenazas a Tiempo Real

La primera herramienta de evaluación de situación con la cual cuenta el SGA es la evaluación de amenazas a tiempo real, la cual se determina con base a la estimación de la precipitación media areal, la cantidad de estaciones pluviométricas de alta frecuencia (PAF) instaladas en una determinada unidad hidrológica, el tamaño y la pendiente media de la cuenca, la ventana temporal de observación que varía en función de la cuenca, así como el monitoreo de los niveles de los cursos de agua, en aquellas cuencas que lo dispongan. Esta estimación se encuentra orientada a eventos cuya magnitud y frecuencia son de carácter ordinario que podrían ocasionar inconvenientes a bañistas y/o a obras de infraestructura de pequeña magnitud (tal el caso de vados y pasarelas), se han establecido 4 niveles de amenaza, identificados mediante una escala de colores, los cuales se establecen en forma automática cada 30 minutos, a saber:

- Nivel Normal (Verde): No se registran lluvias o las mismas son de muy baja intensidad.
- Nivel Ordinario (Amarillo): Precaución, lluvias persistentes en la unidad hidrológica monitoreada.
- Nivel Moderado (Naranja): Lluvias continuas, amenaza de crecientes en los cursos de agua, extremar las medidas de precaución.
- Nivel Elevado (Rojo): Amenaza elevada de crecientes significativas, se debe monitorear de manera conjunta los sensores de nivel en aquellas cuencas que los dispongan.

Evaluación de severidad local

Considerando que solo la cuenca del río San Antonio en la provincia de Córdoba cuenta con suficiente longitud de tiempo de registros para la elaboración de modelos de pronóstico de crecida a tiempo real, es que en el contexto del SGA se decidió evaluar la intensidad de lluvia como patrón de severidad local. Que, si bien la recurrencia de un evento pluviométrico no puede asociarse directamente a la recurrencia de una crecida, permite tener una información muy valiosa en cuanto al posible orden de magnitud del resultado de esta.

La severidad local de lluvias se determina al compararlas con valores de intensidad de lluvia asociadas a una determinada duración y su probabilidad de ocurrencia (provenientes de curvas i-d-T) y con valores de Precipitación Máxima Probable (PMP). Ante la carencia de registros históricos de lluvias en la mayoría de las cuencas monitoreadas por el SGA (ya que muchas de las estaciones tienen registros cortos), se utilizan resultados obtenidos de la regionalización de lluvias máximas con un fin inédito, “la evaluación de la severidad local a tiempo real”, que permite obtener una interpretación cualitativa de la severidad local del evento observado en función de su desarrollo en el tiempo (intensidad). Las curvas i-d-T se han utilizado generalmente para definir la lluvia de diseño, cuya intensidad media “i” es la máxima esperable para una duración “d” y una recurrencia o período de retorno T, preestablecidas. El

principal uso de esta abstracción es evaluar el caudal de proyecto de una obra (o una acción) asociada a riesgo hídrico, cuando esto no es posible a partir de registros de descarga. Para arribar a esa intensidad crítica es necesario, entonces, conocer la relación de dependencia que ella tiene con la duración y el período de retorno de la lluvia. Dicha relación i-d-T puede responder a fundamentos teóricos o empíricos y se han planteado algoritmos diversos para describirla. Uno de éstos es el DIT (Caamaño Nelli, et al. 2003), el cual resulta conveniente por sustento conceptual, expresión analítica continua y lo sencillo que es adaptarlo a condiciones locales cuando se lo transpone.

El DIT exhibe una flexibilidad equivalente a la de las mejores alternativas empíricas, debido a que, al igual que éstas, fue planteado inicialmente como un modelo paramétrico. La metodología aquí propuesta permite regionalizar las familias de curvas i-d-T para cualquier punto dentro del territorio bajo análisis con una resolución espacial de 25 km² abordándolo desde un enfoque geoestadístico a diferencia de la técnica de zonalización originalmente propuesta por los autores de ese modelo. Para ello se produce al análisis geoestadístico y conformación de los mapas temáticos de los parámetros constitutivos del modelo DIT. En síntesis, considerando la ecuación [1], y recordando sus principales parámetros, $A = \sigma + \alpha$, $B = -\beta$ y $C = \mu + \ln 60 + \gamma e$ incorporando características locales provenientes de la información pluviométrica y redefiniendo A [2] y C [3], al incorporar los logaritmos neperianos del desvío (σ') y la media (μ') de los registros pluviométricos se obtendrán como resultado cinco mapas de parámetros que mediante la aplicación del algoritmo DIT, permitirán obtener la grilla espacial de valores para la duración y recurrencia deseada (Figura 1).

$$\ln i_{d,T} = A\Phi_y - B\delta_y + C \quad [1]$$

$$A' = A - \sigma + \sigma' \rightarrow A' = \alpha + \sigma' \quad [2]$$

$$C' = C - \mu + \mu' \rightarrow C' = \gamma + \ln 60 + \mu' \quad [3]$$

Mediante el empleo del Modelo DIT, se determinaron cuatro niveles de severidad local sobre cada una de las estaciones que conforman la red de estaciones PAF (Tabla 1) asociados tanto a la recurrencia como a la duración (1 hora, 3 y 6 horas).

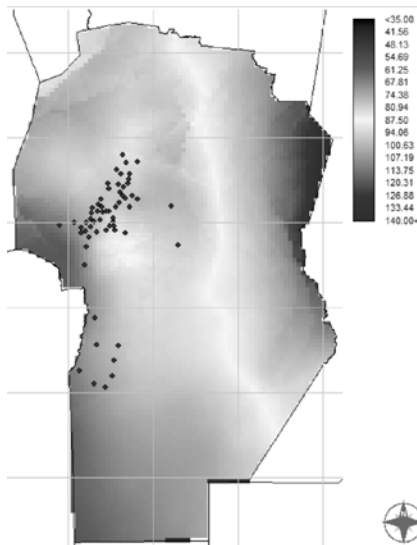


Figura 1.- Precipitación [mm]. d= 6 h T = 10 años. En rojo se indican las estaciones telemétricas que conforman el sistema.

Ejemplos de aplicación, temporada 2016/17

Los criterios antes descriptos pudieron ser aplicados operativamente por primera vez, en el SGA durante la

temporada 2016/17, ya que en ella se registraron 10 eventos que permitieron comprobar la valía de la cuantificación de severidad propuesta, así como evaluar la respuesta de las distintas cuencas al acontecimiento de eventos de relativa severidad. La Tabla 2, muestra el listado completo de eventos registrados. Uno de los eventos de mayor significancia detectado se registró el 26-dic-2016, el desarrollo del evento se dio de SO a NE sobre la zona Serrana del Valle de Punilla, ocasionando una de las crecidas de mayor nivel de la temporada en el río Cosquín.

Tabla 1.- Niveles de Severidad Determinados en función de la recurrencia de lluvia para duraciones de 1,3 y 6 horas.

Nivel de Severidad (Color)	Recurrencia Asociada [años]	Descripción
Normal (Verde)	< 2	Situación normal de lluvias frecuentes de baja intensidad.
Moderada (Amarillo)	$2 \geq T < 5$	Situación moderada de lluvias que podrían ocasionar crecidas de magnitud con baja probabilidad de afectación de infraestructura ribereña.
Alta (Naranja)	$5 \geq T < 10$	Situación de riesgo alta, lluvias que podrían generar crecidas de magnitud con probabilidad de afectación de infraestructura ribereña y/o urbana
Muy Alta (Rojo)	$T \geq 10$	Situación de riesgo muy alta, lluvias que podrían generar crecidas de magnitud con alta probabilidad de afectación de infraestructura ribereña y/o urbana.

Tabla 2.- Listado de eventos que superaron los umbrales de severidad establecidos temporada 2016/17. SGA

Fecha	Duración [HH:MM]	Precipitación [mm] – Estación
8-dic-16	07:45	61 [mm] Estación 3700 / 110 [mm] Estación 5060
26-dic-16	06:00	100 [mm] Estación 1400 / 76 [mm] Estaciones 900 y 4800 / 75 [mm] Estación 2700 / 70 [mm] Estación 2400 / 65 [mm] Estación 5900 / 58 [mm] Estación 2100
6-ene-17	05:15	83 [mm] Estación 2300 / 58 [mm] Estación 2800 / 58 [mm] Estación 4200
9-ene-17	04:00	64 [mm] Estación 6000 / 63 [mm] Estación 2700
14-ene-17	03:00	68 [mm] Estación 400
15-feb-17	02:15	83 [mm] Estación 2200 / 69 [mm] Estación 2800 / 67 [mm] Estación 2300 / 54 [mm] Estación 600
21-feb-17	01:15	51 [mm] Estación 3000
24-feb-17	01:30	51 [mm] Estación 200
6-mar-17	01:00	51 [mm] Estación 4200
28-mar-17	03:15	77 [mm] Estación 400

Conclusiones

El empleo del modelo conceptual (DIT), permite no solo la obtención de la relación i-d-T, sino también la generación de mapas de lámina de lluvia con duración y recurrencia asociada, información que es utilizada aquí para la evaluación de la severidad local junto con la PMP. El SGA del INA-CIRSA provee información relevante para los tomadores de decisión ante el acontecimiento de un evento hidrológico severo.

Referencias

Caamaño Nelli, G. y Dasso, C., Coordinadores (2003). "Lluvias de Diseño: Conceptos, Técnicas y Experiencias". 1ªed. Córdoba, Universitat Argentina.