

Modelación de Tormentas Convectivas mediante Software específico

*Jorge Bonilla*¹

¹ Instituto Nacional del Agua, Centro Regional Andino, Mendoza, Argentina

E-mail: jbonilla@ina.gob.ar

RESUMEN

Las tormentas convectivas son un fenómeno meteorológico que es local, de alta intensidad, corta duración y núcleos pequeños. Para poder caracterizarlas es necesario conocer la precipitación total en el núcleo, además de la distribución espacial y temporal.

El trabajo tiene como objetivo Verificar la bondad del software desarrollado mediante la comparación de los resultados obtenidos, con los registrados en la bibliografía existente.

Entre el año 2015 a 2018 se desarrolló un método matemático y gráfico para el trazado de isoyetas elípticas con pocas observaciones. Partiendo de algunas hipótesis básicas, se arriba a un método iterativo de resolución, apto para ser implementado mediante técnicas de programación.

El desarrollo del software correspondiente y las pruebas realizadas con mediciones del piedemonte de la Ciudad de Mendoza son lo suficientemente buenas y alentadoras para seguir la investigación iniciada.

El presente trabajo es un extracto del presentado en el Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Buenos Aires 2018.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El modelado de tormentas convectivas es todo un desafío dentro de la hidrología. Las tormentas convectivas son un fenómeno meteorológico que se caracteriza por ser local, de alta intensidad, corta duración y núcleos pequeños. Para poder caracterizarlos es necesario conocer la precipitación total en el núcleo, además de la distribución espacial y temporal.

En la zona del piedemonte de Mendoza este tipo de tormentas se producen fundamentalmente en la época de verano, aunque se considera que el período de lluvias intensas es entre el 1 de octubre de un año, hasta el 31 de marzo del año próximo.

Los primeros trabajos realizados para la modelación mediante isoyetas elípticas llevaron a diseñar un método eficaz, pero de compleja aplicación (Bonilla, 2017). Con el avance del tiempo y las investigaciones, se logró

consolidar una metodología basada en procedimientos matemáticos adecuadamente fundamentados, que llevaron al desarrollo de un software específico en lenguaje C#.

Disponer de una herramienta de fácil aplicación permitió aplicar este procedimiento en forma sistemática a distintas tormentas registradas por la Red Telemétrica del INA-CRA.

Precipitación media

Dentro de los métodos existentes para calcular la precipitación media, el promedio no da buenos resultados al no tener en cuenta la distribución espacial de los pluviómetros, los polígonos de Thiessen no son adecuados para zonas de montaña, siendo las isoyetas el procedimiento más adecuado.

Las isoyetas representan líneas de igual precipitación, que pueden ser trazadas mediante técnicas de interpolación de datos o mediante modelos matemáticos como las isoyetas elípticas.

OBJETIVO

Verificar la bondad del software desarrollado mediante la comparación de los resultados obtenidos, con los registrados en la bibliografía existente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Modelo de Isoyetas Elípticas

Un resumen del modelo desarrollado en 2015 y perfeccionado en 2018 en el INA Centro Regional Andino, se presenta a continuación:

Se tienen en cuenta una serie de hipótesis de partida:

- a. Las tormentas son del tipo convectivas de núcleo único.

El modelo matemático elegido, es decir las elipses, permiten modelar solamente tormentas de un solo núcleo, no dando buenos resultados con tormentas de dos núcleos. En la zona del Piedemonte de Mendoza se han dado ocasionalmente algunas tormentas de dos núcleos, las cuales aún no son posibles de modelar mediante los procedimientos aquí descriptos, aunque se está investigando la hipótesis de tratarlas como tormentas separadas y sumar los efectos de cada una.

- b. El núcleo de la precipitación es cercano a los pluviómetros.

Al considerar que son pocas observaciones es importante estar registrando valores cercanos al núcleo para disminuir la incertidumbre propia del método, que supone iterar entre otros parámetros, la posición del núcleo.

Para acotar el problema se van probando posiciones del núcleo que se encuentran en el área de influencia de los pluviómetros, la cual se encuentra limitada. Para considerar válida esta hipótesis, se deben utilizar en una zona que no esté aislada de mediciones, de manera que, si el núcleo esté lejos de los pluviómetros con mediciones, el mismo sea detectado por otras estaciones del área cercana.

c. La tormenta registrada corresponde a un evento intenso.

Esta condición tiene que ver con el modelo en sí, donde se sabe que las tormentas convectivas intensas tienden a tener un desarrollo espacial compatible con elipses concéntricas.

d. Se disponen de al menos tres observaciones simultáneas.

Es la cantidad mínima de observaciones que son necesarias para disponer de una tendencia de la ubicación del núcleo. Se puede apreciar en la Figura 1 que, con dos datos de precipitación, puede haber múltiples geometrías de soluciones. Como criterio general se puede decir que mientras más datos de precipitación simultánea se dispongan, mejor va a ser la aproximación encontrada.

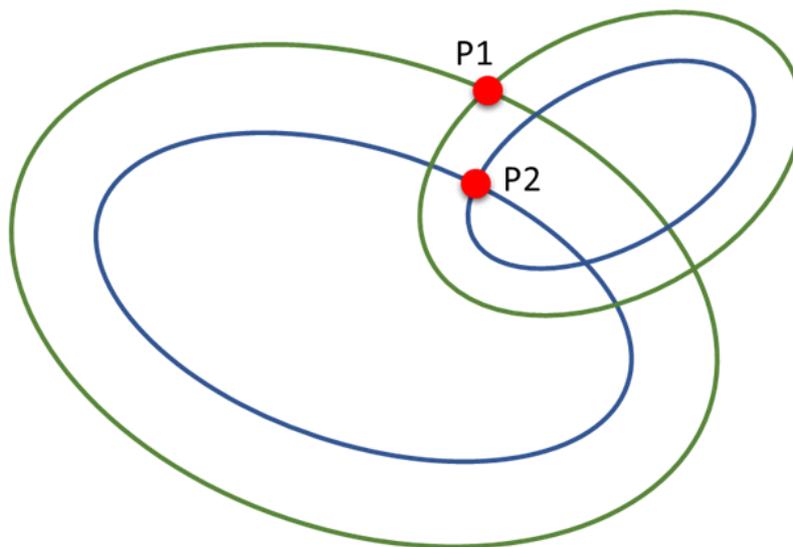


Figura 1.- Incertidumbre en la posición de la tormenta con dos observaciones

La relación entre ejes de la elipse se expresa en la Ecuación 2:

$$c = a/b \quad (1)$$

Donde:

a: el eje mayor de la elipse

b: el eje menor de la elipse.

Sobre el eje menor de la elipse se utiliza el modelo de decaimiento exponencial para obtener la precipitación:

$$P_b = P_o \cdot e^{-k \cdot b^2} \quad (2)$$

Donde:

P_o : Precipitación en el centro de las elipses (núcleo de la tormenta)

k : Coeficiente de decaimiento puntual a lo largo del eje menor de las elipses

b : Distancia al centro de las elipses (núcleo de la tormenta)

Llamando coeficiente 'w' a la relación de la Ecuación 3:

$$w = k/c \quad (3)$$

Donde k y c han sido definidas entre los parámetros de las Ecuaciones 1 y 2.

El modelo de decaimiento espacial obtenido en trabajos anteriores (Bonilla, 2018) es:

$$p_m[\%] = \frac{\pi}{w \cdot A} \cdot \left(1 - e^{-\frac{w \cdot A}{\pi}}\right) \quad (4)$$

Donde:

p_m : Porcentaje de precipitación en el núcleo

A : Área considerada

w : Coeficiente de decaimiento regional

Al analizar la Ecuación 4, se aprecia que la ecuación de decaimiento espacial para este modelo queda en función del área de la cuenca 'A' y el coeficiente 'w', por lo que definido este último, queda definido el decaimiento, lo que justifica la denominación de 'regional'.

El problema se reduce a obtener el valor adecuado de 'w'

Software desarrollado

Se desarrolló un software en Microsoft Visual C# Express, software de licencia libre, cuya pantalla principal se muestra en la Figura 2.

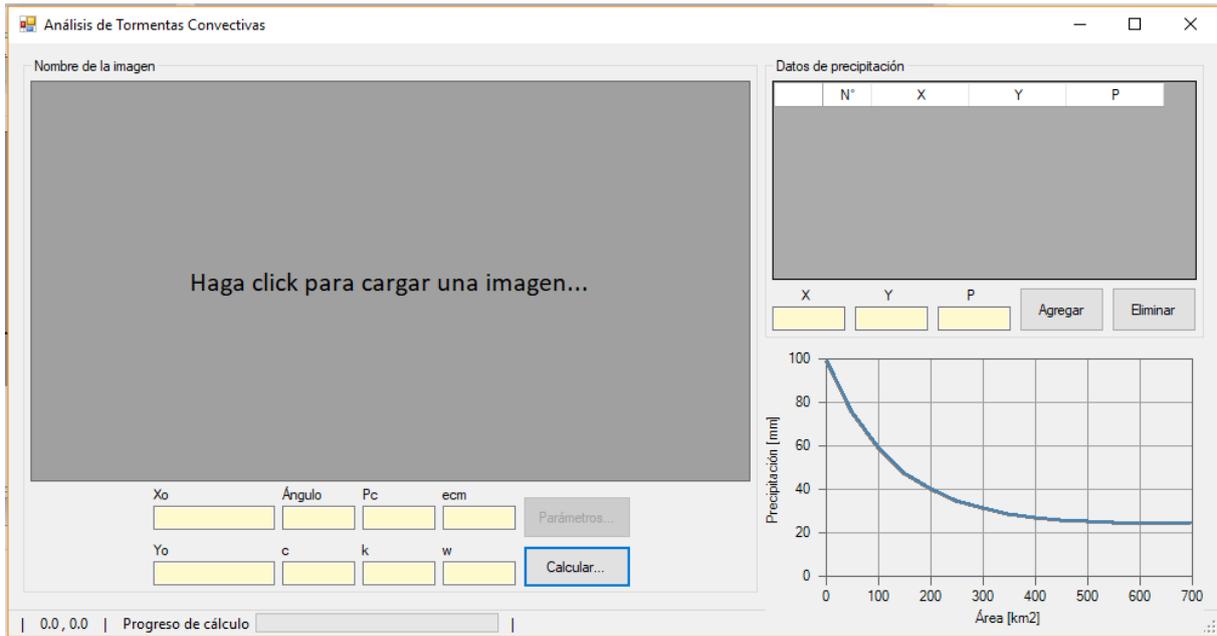


Figura 2.- Software desarrollado “Análisis de Tormentas Convectivas”

Este programa permite iterar los distintos parámetros y obtener de manera automática la que presenta el menor error cuadrático medio respecto a las observaciones realizadas. Sus funcionalidades permiten colocar una imagen de fondo, referenciarla a un sistema plano y cargar los datos de precipitación disponibles. Devuelve como resultado los parámetros óptimos y el gráfico de decaimiento espacial (en rojo) que se puede comparar con otro disponible (en azul). En la Figura 3 se puede apreciar el resultado obtenido, comparado con el decaimiento publicado por el INA-CRA para el piedemonte de Mendoza (INA Centro Regional Andino, 2008).

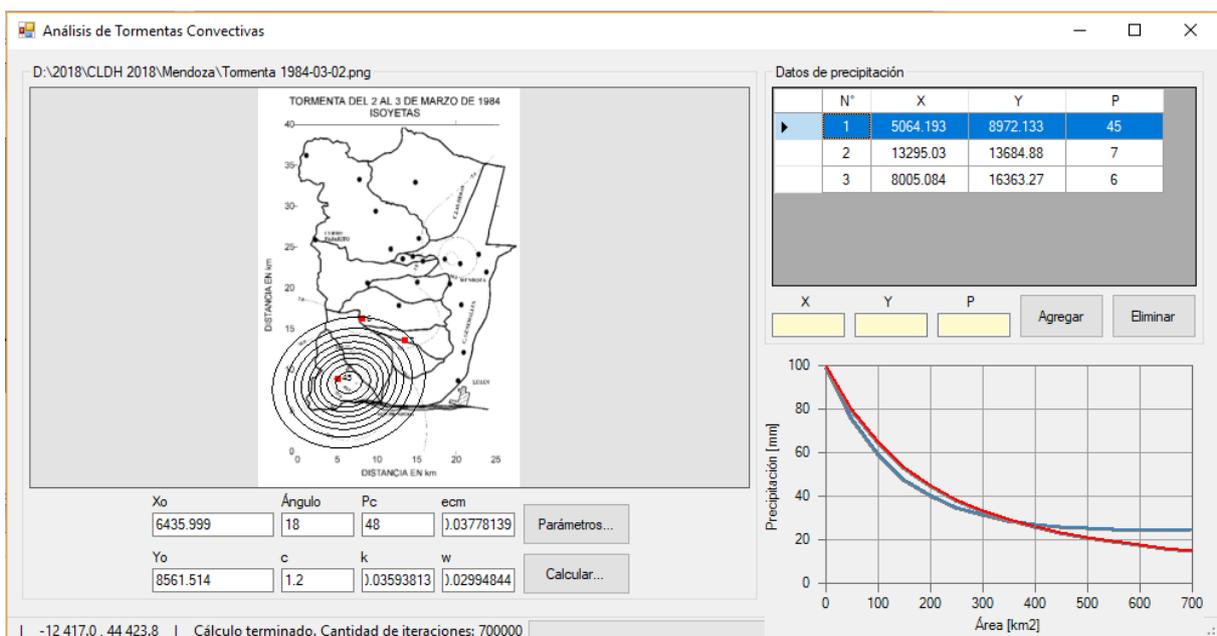


Figura 3.- Ejemplo de uso del software para una tormenta histórica

Los parámetros de iteración los puede seleccionar el usuario mediante un cuadro de diálogo (Figura 4):

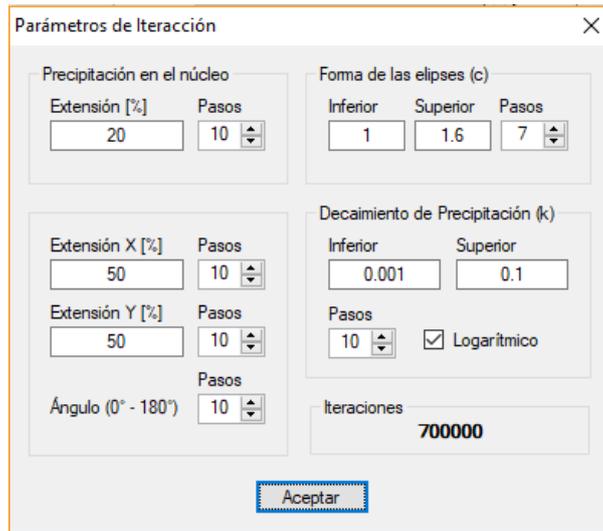


Figura 4.- Selección de los parámetros de iteración

RESULTADOS

El modelo se ha aplicado de manera exitosa a numerosas precipitaciones intensas registradas en el piedemonte de la Ciudad de Mendoza y registradas por la Red Telemétrica del INA-CRA.

Se presentan dos resultados de la aplicación del método a dos tormentas convectivas históricas de Mendoza La primera del 02/03/1984, donde resultó $w=0.030$ (Figuras 5 y 6).

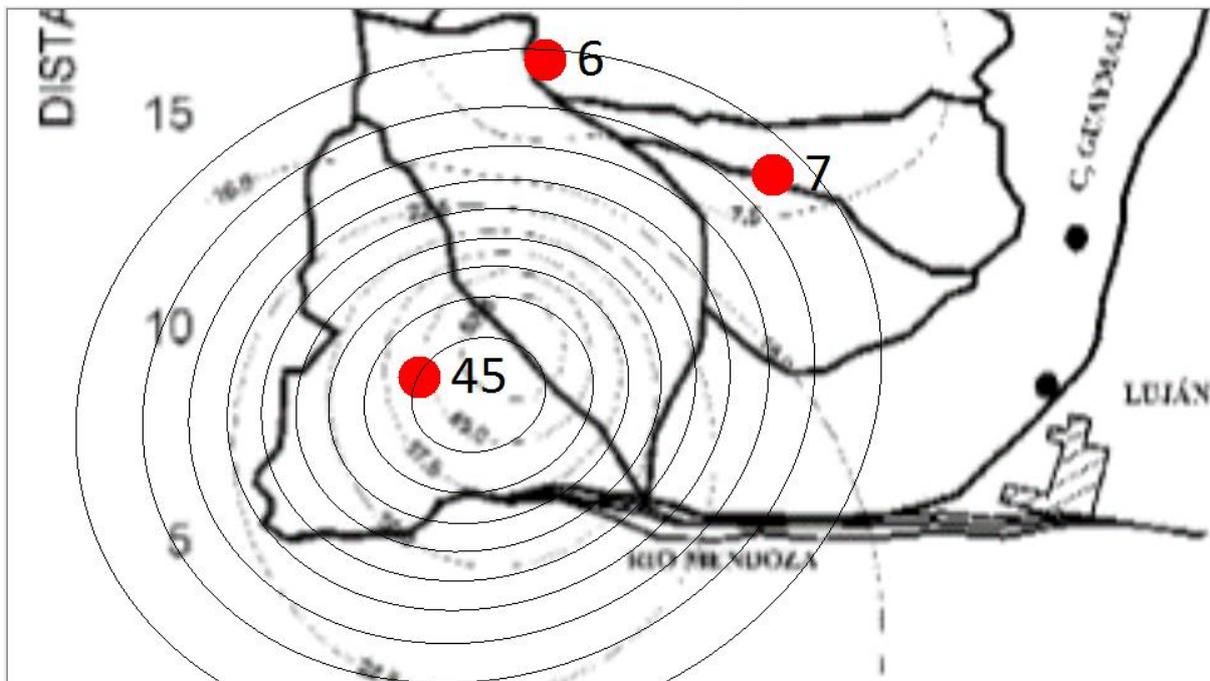


Figura 5.- Tormenta del 2 de marzo de 1984 modelada mediante isoyetas elípticas

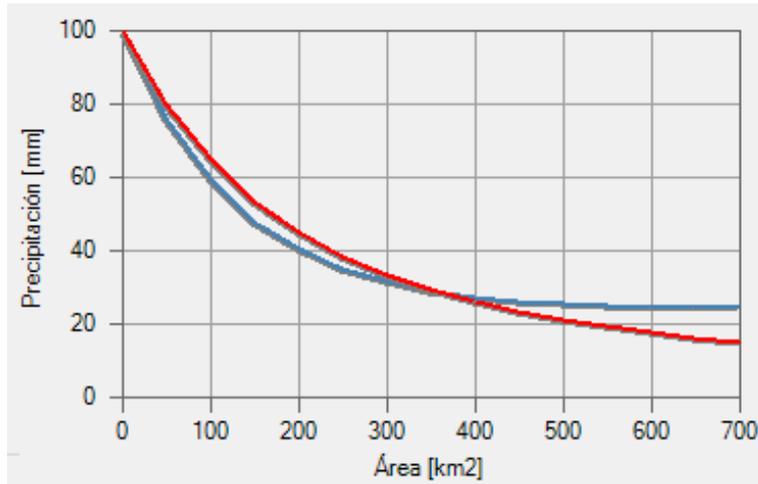


Figura 6.- Decaimiento espacial tormenta del 2 de marzo de 1984

El segundo ejemplo es la tormenta del 13/03/1991, donde resultó $w=0.035$ (Figuras 7 y 8).

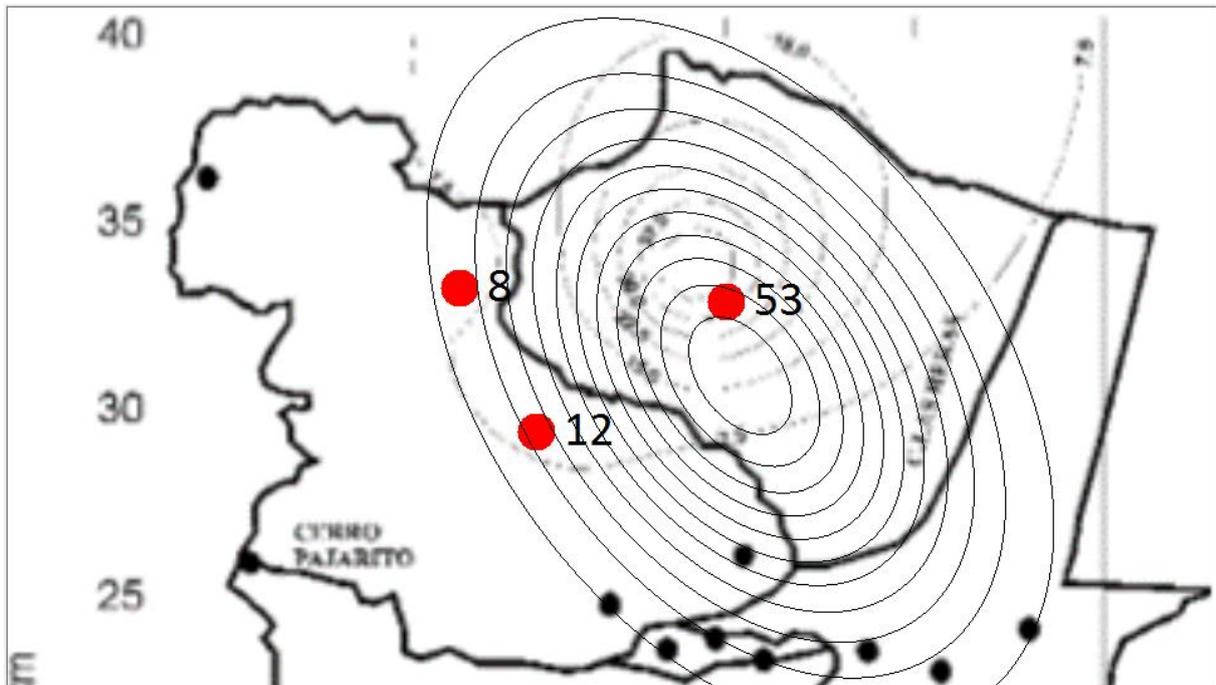


Figura 7.- Tormenta del 13 de marzo de 1991 modelada mediante isoyetas elípticas

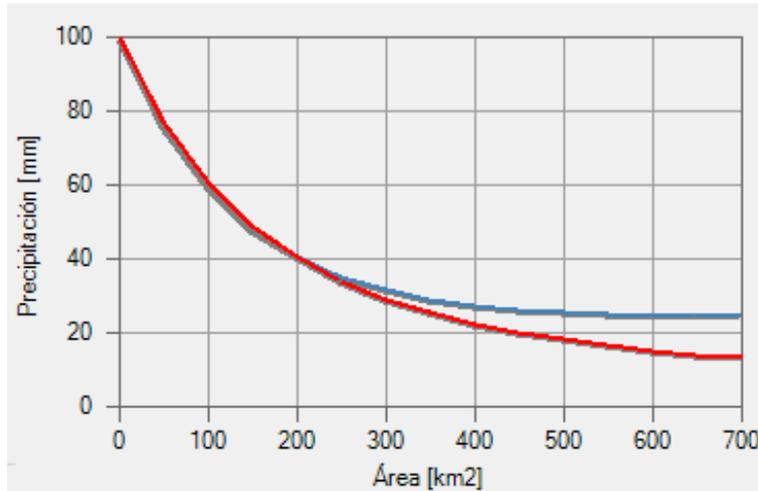


Figura 8.- Decaimiento espacial tormenta del 13 de marzo de 1991

La comparación de la curva de decaimiento espacial lograda en ambos casos (Figura 6 y Figura 8), respecto a la disponible muestra una marcada coincidencia. El error cuadrático medio en ambos casos fue menor a 0.1 mm.

CONCLUSIONES

Las pruebas realizadas con datos medidos y estudios estadísticos previos muestran que el modelo calcula adecuadamente los parámetros y éstos se ajustan a la información disponible.

El cálculo sistematizado de 'c' y 'k', permiten obtener 'w', de modo de poder aplicarlo a cada una de las tormentas intensas disponibles y analizar el cambio a lo largo del tiempo. Esto convierte a este desarrollo en una herramienta apta para estudiar los efectos de cambio climático.

REFERENCIAS

- INA Centro Regional Andino (2008). "Relaciones Intensidad Duración Frecuencia (IDF) para el pedemonte del Gran Mendoza". INA Centro Regional Andino. Mendoza, Argentina.
- Bonilla, J. (2016). "Estimación de la distribución espacial de tormentas intensas, mediante isoyetas elípticas, en zonas de limitada disponibilidad de datos". IFRH 2016, Buenos Aires, Argentina.