



Evento:XXX Jornada de Pesquisa

TIEMPO DE RETORNO PARA UNA TORMENTA EXTREMA EN LA ZONA CENTRO DE LA PROVINCIA DE MISIONES¹

Fátima Schoningher², José Javier Fernández³, Jean Paolo Gomes Minella⁴, Lidiane Buligon⁵, Dario Tomas Rodriguez⁶, Ivan Luis Morales⁷, Ariana Giselle Seufert⁸, Gustavo Gabriel Prytz Nilsson⁹

¹ Trabajo del curso: Tópicos especiales em Meteorología II.

² Ing. Civil, Profesora en Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Becaria Doctoral CONICET y CAPES en el Grupo Interdisciplinario de Investigación en Erosión Superficial e Hidrología (GIPEHS) Universidad Federal de Santa María (UFSM).

³ Ing. Civil, Profesor en Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Becario CAPES en el Centro Tecnológico- UFSM.

⁴ Profesor en el Departamento de Suelos, Coordinador del GIPEHS-UFSM.

⁵ Profesora del Departamento de Matemáticas y de Pos-Graduación en Metereología- UFSM.

⁶ Ing. Civil, Profesor en Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.

⁷ Ing. Industrial, Profesor en Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.

⁸ Ing. Civil, Profesora en Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Becaria Doctoral CONICET.

⁹ Ing. Civil, Profesor en Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Becaria Doctoral CONICET.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático está alterando el patrón de comportamiento de las precipitaciones, afectando el ciclo hidrológico y la disponibilidad de los recursos hídricos (IPCC, 2025). En el nordeste de Argentina y Sur de Brasil, la variabilidad climática por fenómenos como El Niño, muestran un aumento de la intensidad y frecuencia de eventos extremos de precipitación. En el año 2024 ocurrieron grandes inundaciones en el sur de Brasil, superando los 400 mm durante los días 29 y 30 de abril, según los registros del Grupo Interdisciplinario de Investigación en Erosión Superficial e Hidrología (GIPEHS) y en la zona centro de la Provincia de Misiones se registró un evento de grandes magnitudes como se observa en la Figura1. Lo antes expuesto afectó a la provincia de Misiones con alerta en la zona del Río Uruguay, debiendo evacuar a las familias en zona de riesgo. Se creía que fuera un evento extremo aislado, hasta que en junio del corriente año sucedió nuevamente un evento lluvioso de grandes magnitudes. Entre los días 16 al 18 de junio de 2025, donde en 40 horas se registraron 334 mm acumulados de lluvia en la estación meteorológica en Santa María, correspondiente al proyecto Bate-Papo Astronómico, nuevamente generando zonas de anegamiento, carreteras cortadas y puentes caídos.

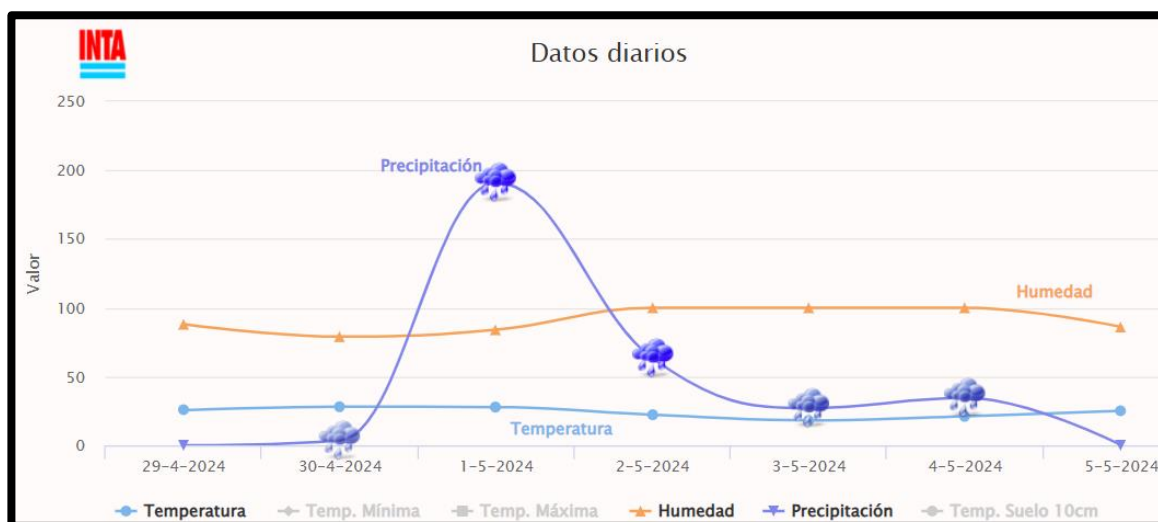


Figura 1: Precipitación día 01/05/2024. Fuente: <https://sig.inta.gob.ar/#/data>

Un estudio realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE, 2024) de Brasil muestra que el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) advierte que el cambio climático ya está provocando alteraciones en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos a escala global. Por lo cual es fundamental la incorporación de enfoques de resiliencia climática en sectores estratégicos como la agricultura, la infraestructura y la salud pública, los ecosistemas y preservar el bienestar de la sociedad. Este trabajo tiene como objetivo determinar el tiempo de retorno para un evento extremo en la zona centro de la provincia de Misiones, durante los días 18 y 19 de junio del corriente año.

METODOLOGIA

Se utilizaron datos de precipitación para un intervalo de tiempo de 10 minutos para el evento de los días 18 y 19 de junio del año 2025, de la estación meteorológica automática de Martín Bauer Argentina (MBA), localizada en Lote 8 Sección II, Campo Ramón, Misiones, correspondiente a las coordenadas 27° 24' 13" S y 55° 3' 27" O.

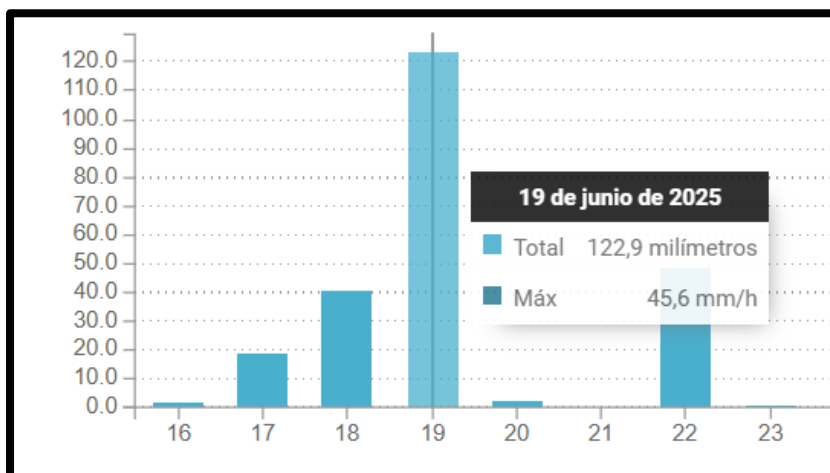


Figura 2: Precipitação dia 19/06/2025 MBA. Fonte: <https://app.weathercloud.net/>

Se aplicó la metodología propuesta por Bell, 1969; con los parámetros regionales de la ecuación 1, ajustados por Basso et al., 2019. A partir de la Ecuación 1, se determinó el tiempo de retorno (TR).

$$P_t^{TR} = (a \times \ln TR + b)(c \times t^d - e)P_{dia}^{10} \quad (1)$$

Los parámetros utilizados son los correspondientes a la región homogénea A, noroeste del estado de Río Grande do Sul, Brasil, por su cercanía a la zona en estudio.

RESULTADOS E DISCUSIÓN

En la Figura 4, se observan las curvas IDF desarrolladas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y los puntos generados a partir del evento analizado, para las duraciones de 10, 20, 30 y 40 minutos, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 12 horas y las intensidades correspondientes. La aplicación de la metodología de Bell, 1969; utilizando los parámetros regionales ajustados por Basso et al., 2019 permitieron calcular el tiempo de retorno para las distintas intensidades de la tormenta analizada. Se comparan las intensidades máximas registradas durante el evento (puntos rojos) con las curvas IDF de referencia para la zona en estudio.

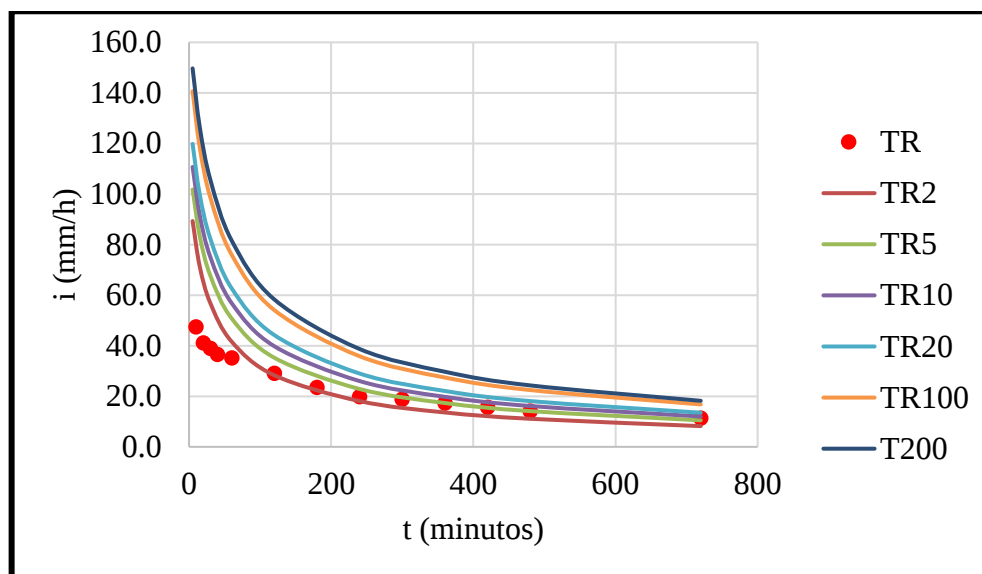


Figura 4: Tempo de Retorno calculado para a tormenta extrema.

El análisis gráfico revela que las intensidades del evento se sitúan por debajo de la curva correspondiente a un tiempo de retorno entre 2 y 10 años para todas las duraciones estudiadas, desde 10 minutos hasta 12 horas. Este hallazgo cuantitativo indica que el evento, desde una perspectiva de intensidad máxima, tiene una alta probabilidad de ocurrencia. Los daños ocurridos se atribuyen al gran volumen de la lluvia, lo que provocó la saturación del suelo y el fallo de los sistemas de drenaje, evidenciando una alta vulnerabilidad en la infraestructura y planificación de las zonas afectadas, las cuales son insuficientes para gestionar incluso tormentas de alta frecuencia.

CONSIDERACIONES FINALES

Este análisis del tiempo de retorno de un evento de lluvia severa reveló que, si bien el evento fue percibido como extremo por su volumen total y los daños generados, las intensidades máximas para duraciones entre 10 minutos y 12 horas corresponden a períodos de retorno inferiores a 10 años. Se recomienda, como futuras líneas de investigación: Actualizar curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) locales para la provincia de Misiones, Un análisis hidrológico para evaluar cómo el volumen de lluvia se traduce en caudal en las cuencas locales y evaluar la capacidad de la infraestructura de drenaje urbana y rural frente a eventos con los tiempos de retorno aquí calculados. Se deja en evidencia la necesidad urgente de adaptar la infraestructura y las políticas públicas, considerando que los eventos capaces de generar



desastres pueden ser más frecuentes de lo que se piensa, en un contexto de cambio climático que ya altera los patrones de precipitación en la región.

Palavras-chave: Tiempo de Retorno. Precipitaciones. Tormenta Extrema. Cambio Climático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSO, R. E.; ALLASIA, D. G.; TASSI, R. Vazão de projeto na microdrenagem em locais sem dados de precipitação: estudo para o Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 233-247, jul./set. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000300335>. Acesso em: 2 julio 2025.

Com 125 municípios afetados pelas chuvas, Rio Grande do Sul tem 73 mil pessoas fora de casa. **O Globo**, 21 jun. 2025. Brasil. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/noticia/2025/06/21/com-125-municipios-afetados-pelas-chuvas-rio-grande-do-sul-tem-73-mil-pessoas-fora-de-casa.ghtml>. Acesso: 10 julio 2025.

En las últimas tres décadas, el sur de Brasil ha registrado hasta un 30% más de precipitaciones medias anuales.

Planalto, mayo 2024. Disponible en: <https://www.gov.br/planalto/es/ultimas-noticias/2024/05/en-las-ultimas-tres-decadas-el-sur-ha-registrado-hasta-30-mas-de-precipitaciones-medias-anuales>. Acesso: 11 abril 2025.

GONÇALVES, Aparecido. Chuvas continuam no Rio Grande do Sul, mas perdem força. **Agência Brasil**, 22 jun. 2025. Disponible em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2025-06/chuvas-continuum-no-rio-grande-do-sul-mas-perdem-forca>. Acesso em: 25 junio 2025.

Inundação histórica no Rio Grande do Sul completa um ano. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 1 mayo 2025. Notícias. Disponible en: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/inundação-histórica-no-rio-grande-do-sul-completa-um-ano>. Acesso en: 18 julio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Mapa de Estações**. Brasília, DF: INMET. Disponible en: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso en: 17 julio 2025.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2025. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/>

LITWIN, C. J.; MOLAS FRANCO, P. **Estudio Hidrológico e Hidráulico de tributarios del Río Paraná en el tramo comprendido entre el Río Iguazú y la sección Encarnación-Posadas**. Comisión Mixta Argentino – Paraguay del Río Paraná, 1987.

RODRIGUEZ, D. T. **Calibración de modelos hidrológicos en ambientes urbanos de la provincia de Misiones**. 2014. Tesis (Grado no especificado) – Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Laboratório de Pesquisas Hidrossedimentológicas – LAPEHS**. Santa Maria, Disponible en: <https://www.ufsm.br/laboratorios/lapehs>. Acesso en: 18 jul. 2025.