

MAPAS EN LINEA DE LLUVIAS MÁXIMAS DIARIAS CON RECURRENCIA ASOCIADA (PMD) Y VALOR LIMITE ESTIMADO PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA

INTRODUCCIÓN

Los mapas en línea que aquí se presentan constituyen una herramienta innovadora sin precedentes en el país, con información que puede ser utilizada para el diseño hidrológico de medidas estructurales y no estructurales requeridas para mitigar el riesgo hídrico y para analizar la severidad de eventos pluviométricos extremos en una gran porción del territorio continental argentino. Esta herramienta ha sido desarrollada en el marco de un esfuerzo conjunto de la Subgerencia del Centro de la Región Semiárida del Instituto Nacional del Agua (INA-CIRSA) y de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC-FCEFYN), con la participación de múltiples instituciones nacionales, provinciales y municipales así como particulares y empresas que suministraron registros históricos de precipitación en distintos puntos del territorio Nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron registros de 1552 estaciones pluviométricas disponibles a lo largo y ancho del territorio nacional, incluyendo algunas estaciones de países vecinos, con longitudes de registro que abarcaron entre los 10 y 105 años (*Figura 1*). Para cada localización se elaboraron las series de valores diarios de lluvias máximas anuales las cuales se analizaron con el objetivo de predecir dos variables de interés: 1) lluvias máximas diarias con recurrencia asociada (PMD) y 2) valor límite estimado de lluvia máxima diaria (VLEP, comúnmente denominado Precipitación Máxima Probable - PMP).

Para predecir los valores de PMD, en primer lugar, se verificaron las hipótesis estadísticas básicas (presencia de datos atípicos, independencia, estacionariedad y homogeneidad) que debe cumplir cada serie histórica para que tenga validez el análisis de estadística inferencial. Sobre cada registro seleccionado se ajustó la Función de Distribución de Probabilidad (FDP) Lognormal para estimar los valores de máxima lámina de lluvia para los periodos de retorno entre 2 y 100 años (PMD), y los intervalos de confianza asociados a cada predicción. Se realizó un análisis de sensibilidad a la selección de la FDP, el cual mostró que la elección de la FDP Lognormal no tiene un efecto significativo sobre las estimaciones, ya que los resultados de las predicciones realizadas con otras FDP están dentro del intervalo de confianza del 95% de su valor estimado con FDP Lognormal, en la mayoría de los casos (Catalini 2018). Dado que la magnitud del intervalo de confianza depende en gran medida del alcance de la serie de datos, este resultado podría indicar que la incertidumbre debido a la longitud limitada de los registros es mayor que la generada por la elección de FDP en esta área de estudio.

Para la predicción del valor límite estimado de lluvia

máxima diaria (VLEP), denominado generalmente Precipitación Máxima Probable (PMP) se utilizó el método desarrollado por Hershfield (1965) y avalado por la Organización Meteorológica Mundial (2009), para lo cual se elaboró la envolvente regional mediante una metodología inédita (Bazzano 2019). Luego, se realizó una interpolación espacial de los valores puntuales de PMD y PMP, aplicando técnicas geoestadísticas.

El análisis geoestadístico realizado permitió elaborar mapas con de PMD de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de tiempo de retorno, así como la PMP con una resolución de 5 x 5 km. Para lograr este objetivo se empleó la técnica de Kriging Universal, que requiere definir para cada variable la función de autocorrelación espacial denominada semivariograma.

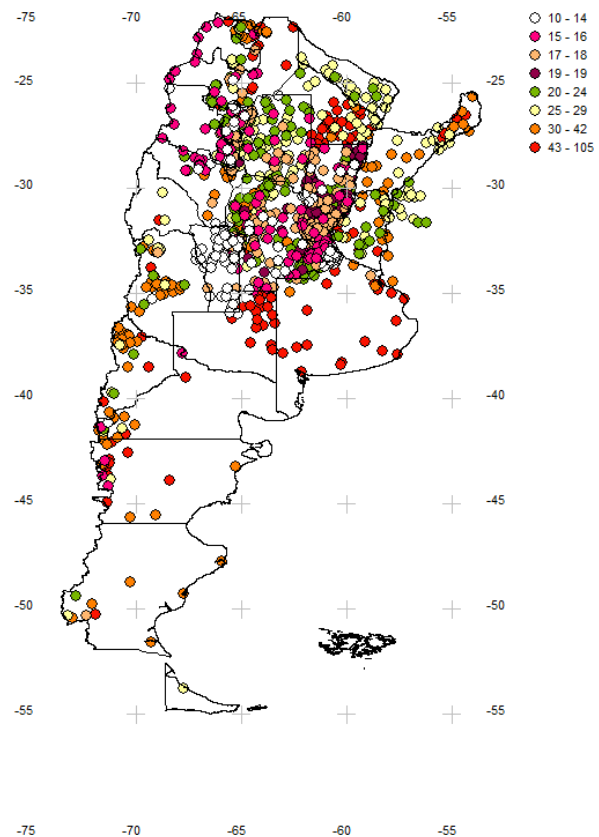


Figura 1. Emplazamiento de las estaciones pluviométricas analizadas. Se indica la longitud de sus registros en años.

Para obtener los semivariogramas, se realizó un análisis exploratorio de cada variable para verificar normalidad en su distribución, corroborar la estacionariedad espacial de primer y segundo orden (uniformidad en la media y la varianza, respectivamente) y detectar la presencia de datos atípicos globales e internos (aquellos que difieren sustancialmente de las ubicaciones vecinas) (Córdoba, y

otros 2014). Luego, se definieron los semivariogramas evaluando en cada variable el ajuste de varias funciones teóricas usadas para este fin.

Los mapas ráster fueron generados mediante la técnica de Kriging Universal que contempla la presencia de tendencias espaciales en las variables. El método de Kriging es el mejor estimador lineal imparcial, dado que el error en las estimaciones es mínimo y se cuantifica a través de la varianza de Kriging (Oliver y Webster 2015). Conocer la distribución de errores es una ventaja con respecto a otros modelos matemáticos para interpolación espacial dado que permite analizar la calidad de las estimaciones y decidir acerca de la verosimilitud de los resultados.

Finalmente, se evaluó la bondad de las predicciones realizadas con Kriging utilizando validación cruzada. Esta metodología consiste en realizar predicciones espaciales usando el semivariograma y excluyendo una observación por vez. De esta forma, se verificó la similitud general entre observaciones y predicciones y la uniformidad en la distribución de los residuos.

Si bien todo el territorio Nacional fue considerado en los análisis, la falta de una adecuada densidad espacial de información pluviométrica en algunas zonas (Figura 1) impidió que se puedan obtener distribuciones espaciales representativas en las regiones del país con altitud superior a los 3.000m snm (efectos orográficos importantes) y en la región Patagónica (Figura 2).

APLICACIÓN DE MAPEO EN LINEA (WEB MAPPING)

El INA-CIRSA, ha desarrollado para distintas aplicaciones, una herramienta la cual, combina las funcionalidades de geo-procesamiento de los sistemas de información geográfica (SIG), los datos geoespaciales y las interfaces interactivas basadas en la web para proporcionar a los usuarios la capacidad de almacenar, procesar y visualizar datos geoespaciales utilizando protocolos web, permitiendo la libre disponibilidad de la información requerida para un emplazamiento dado.

Esta aplicación, que integra el Sistema de Gestión de Amenazas Hidrológicas (INA-SGA), tiene un formato de mapa web que mejora la visualización y la manipulación de la información. El principal beneficio de este formato es que se puede acceder de forma gratuita sin que el usuario necesite conocimientos de software SIG. Para evaluar el valor de precipitación de diseño solicitado para una determinada ubicación, se lleva a cabo un proceso de consulta, siguiendo algoritmos previamente establecidos y validados (Figura 2), pudiéndose contar con la información de PMP tanto de 1 día como de 24 horas y PMD para recurrencias de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de tiempo de retorno.

NOTA

Los autores de esta herramienta y las Instituciones participantes de la misma, no se responsabilizan por el mal uso y/o interpretación de la información suministrada. Esta herramienta tiene como objeto ser referencial para la planificación, gestión y diseño de obras hídricas de pequeña y mediana magnitud y para evaluar la severidad local de eventos de lluvia observados. Los requerimientos normativos están definidos por las autoridades provinciales, municipales y/o jurisdiccionales pertinentes.

Los resultados se basan en desarrollos presentados en tesis de doctorado finalizadas recientemente (Catalini, 2018 y Bazzano 2019) y otras que se encuentran en desarrollo.

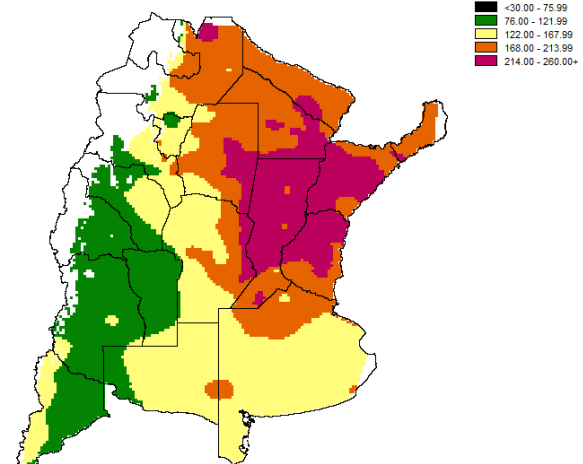


Figura 2. Precipitación Máxima Diaria (PMD) con recurrencia asociada 100 años- grilla 5 km.

REFERENCIAS

- Bazzano, Flavia. *Predicción de Lluvias Máximas para Diseño Hidrológico. Desarrollo Experimental en la Provincia de Tucumán*. Tesis doctoral, San Miguel de Tucumán: UNT. Tesis Doctoral., 2019.
- Catalini, C. G. *Predicción de Lluvias Máximas en Argentina. Desarrollos y Nuevas Aplicaciones*. Córdoba, Argentina.: UNC. Tesis Doctoral., 2018.
- Córdoba, M., C. Bruno, F. Aguate, M. Tablada, y M. Balzarini. *Análisis de la variabilidad espacial en lotes agrícolas. Manual de buenas prácticas*. Córdoba, Argentina.: Educor, 2014.
- Hershfield, D.M. «Method for Estimating Probable Maximum Precipitation.» *Journal American. Waterworks Association* 57, nº 8 (1965): 965 – 972.
- Oliver, M.A., y R. Webster. *Basic Steps in Geoestadistics: The Variogram and Kriging*. New York, Dordrecht, London: Springer Briefs, 2015.
- WMO. *Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2009.

RESPONSABLES TÉCNICOS

Carlos Gastón Catalini / Nicolás Federico Guillen / Carlos Marcelo García / Gabriel Eduardo Caamaño Nelli / Clarita María Dasso / Flavia Bazzano / Magdalena Baraquet.

Responsable del Diseño Web: Eugenia Raviolo

INSTITUCIONES RESPONSABLES

Instituto Nacional del Agua – Centro de la Región Semiárida (INA-CIRSA) / Universidad Nacional de Córdoba – Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (UNC-FCEFYN)

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

UCC Universidad Católica de Córdoba / UCASAL. Universidad Católica de Salta / UNT. Universidad Nacional de Tucumán / UTN regional Córdoba / UTN regional Concordia / UNSE – Universidad Nacional de Santiago del Estero / UNR Universidad Nacional de Rosario

Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Catamarca / Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro / Servicio Meteorológico Nacional / Secretaría de Infraestructura y Políticas Hídricas - Red Hidrológica Nacional / Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Córdoba / Administración Provincial de Recursos Hídricos