

**ESTIMACIÓN DE LLUVIAS DE DISEÑO BASADO EN INFORMACIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**(Resumen Analítico)**

***DESIGN RAINFALL ESTIMATION BASED ON HIGH SPATIAL RESOLUTION INFORMATION IN THE DEPARTMENT OF NARIÑO.***

***(Analytical Summary)***

**Autores (*Authors*):** DELGADO BUCHELI Andrea Camila, CASTILLO GUTIERREZ Yeiner Andrés

**Facultad (*Faculty*):** de INGENIERÍA

**Programa (*Program*):** INGENIERÍA AMBIENTAL

**Asesor (*Support*):** PHD. FRANCISCO RICARDO MAFLA CHAMORRO

**Fecha de terminación del estudio (*End of the research*):** OCTUBRE 2024

**Modalidad de Investigación (*Kind of research*):** Trabajo de Grado

**PALABRAS CLAVE**

ERA 5  
LLUVIAS MÁXIMAS  
GESTIÓN HÍDRICA  
DISEÑO HIDROLOGICO  
RESOLUCIÓN ESPACIAL

**KEY WORDS**

*ERA 5  
MAXIMUM RAINFALL  
WATER MANAGEMENT  
HYDROLOGICAL DESIGN  
SPATIAL RESOLUTION*

**RESUMEN:** El análisis de datos hidrometeorológicos es fundamental para gestionar recursos hídricos, especialmente en regiones con escasa disponibilidad de información. Este estudio se centra en el departamento de Nariño, Colombia, utilizando datos de precipitación del reanálisis climático ERA5. De acuerdo a la metodología del estudio, se preparó las series de precipitación máxima (SPM) obtenidas del producto de reanálisis ERA5, para estimar lluvias de diseño, a partir de un conjunto de técnicas estadísticas, análisis de frecuencia, interpolación y una validación, basada en la comparación punto – píxel, con la red de estaciones de campo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Por su parte ERA5 presentó más datos atípicos en la región Andina y en duraciones

inferiores a doce (12) horas, sin embargo, también están presentes en la región del pacífico, donde el único pixel que coincide en la presencia de outliers con la estación de campo Mosquera, es el n°1 y para las SPM de estaciones IDEAM la mayoría de datos atípicos se dan en influencia de la región pacífica, otra en la estación CUMBAL y en la estación CHURUYACO. Las SPM de ERA5 presentaron resultados positivos en cuanto a homogeneidad e independencia, por lo tanto, se aceptaron las series para el análisis de frecuencia con el modelo de Gumbel por momentos. La interpolación con el error inferior de estimación fue a través del modelo de Kriging Ordinario con ajuste esférico y el Kriging Simple con ajuste Gaussiano, donde se observó una tendencia de oeste a este en el departamento de Nariño, presentándose las precipitaciones más altas e intensas en la región del pacífico en comparación con la región andina. Quince (15) de treinta y un (31) pixeles de ERA5 con una resolución espacial de 31 km se consideran con un desempeño bueno para posibles modelos de IDF en la zona de estudio y para los pixeles con un desempeño insatisfactorio o sin validación se deben ajustar y comparar con productos de mayor resolución espacial validados como CHIRPS, especialmente para la región andina. La resolución temporal de ERA5 de una (1) hora también juega un papel muy importante, debido a que las lluvias intensas comúnmente son capturadas en resoluciones temporales más pequeñas, que pueden presentar resultados más precisos en la generación de curvas IDF, utilizadas en el diseño hidrológico.

**ABSTRACT:** *Hydrometeorological data analysis is essential for managing water resources, especially in regions with scarce availability of information. This study focuses on the department of Nariño, Colombia, using precipitation data from the ERA5 climate reanalysis. According to the methodology of the study, maximum precipitation series (MPS) obtained from the ERA5 reanalysis product were prepared to estimate design rainfall, from a set of statistical techniques, frequency analysis, interpolation and a validation, based on point-pixel comparison, with the network of field stations of the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM). For its part, ERA5 presented more atypical data in the Andean region and in durations less than twelve (12) hours, however, they are also present in the Pacific region, where the only pixel that coincides in the presence of outliers with the Mosquera field station is number 1 and for the SPM of IDEAM stations, most of the atypical data are given in the influence of the Pacific region, another in the CUMBAL station and in the CHURUYACO station. The ERA5 SPM presented positive results in terms of homogeneity and independence, therefore, the series were accepted for the frequency analysis with the Gumbel model at times. The interpolation with the lower estimation error was through the Ordinary Kriging model with spherical adjustment and the Simple Kriging with Gaussian adjustment, where a trend from west to east was observed in the department of Nariño, presenting the highest and most intense rainfall in the Pacific region compared to the Andean region. Fifteen (15) of thirty-one (31) ERA5 pixels with a spatial resolution of 31 km are considered to have a good performance for possible IDF models in the study area and the pixels*

*with an unsatisfactory performance or without validation should be adjusted and compared with higher spatial resolution validated products such as CHIRPS, especially for the Andean region. The ERA5 temporal resolution of one (1) hour also plays a very important role, because intense rains are commonly captured at smaller temporal resolutions, which can present more accurate results in the generation of IDF curves, used in hydrological design.*

**CONCLUSIONES:** Las series de precipitación máxima (SPM) del producto ERA5 presentaron valores atípicos que no coinciden con las mediciones de las estaciones de campo IDEAM, pero las series originales cumplieron con homogeneidad e independencia a excepción de dos píxeles de duración 24 horas. Además, la distribución de Gumbel cumplió con las expectativas al realizar un buen ajuste de los valores observados. Los dos píxeles de las SPM no homogéneas indicaron que los datos no pertenecen a la misma población, esto puede deberse a las influencias de fenómenos atmosféricos y climáticos, como El Niño o La Niña, e incluso errores del modelo de estimación, también puede estar asociado a cambios de topografía, ya que las particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial puede afectarse por erosión, la deforestación, lo que puede cambiar el régimen hidrológico en un área determinada. Sin embargo, los resultados indican que la mayoría de las series cumplen las condiciones estadísticas. La independencia, indicó que más del 90% de las series de precipitación máxima son generadas de un proceso aleatorio, es decir un valor no está correlacionado con el anterior ni tampoco influye en la formación de uno posterior, de ninguna forma. Por lo tanto, la información se pudo utilizar en el posterior análisis de frecuencia de Gumbel con ajuste por momentos.

La distribución de Gumbel con ajuste por momentos ( $\alpha$  y  $\mu$ ), tuvieron un alto grado de ajuste gráfica y numéricamente a través del EEA. En cuanto a  $\alpha$  y  $\mu$ , estos no presentan datos atípicos, tienen una autocorrelación espacial positiva, es decir, las zonas con valores altos están correlacionados con otras áreas que también tienen valores altos e igualmente para áreas con valores bajos que se correlacionan con áreas cercanas con valores bajos.

En la interpolación del parámetro de ajuste de ubicación ( $\mu$ ) para la duración 1 hora y el parámetro de escala ( $\alpha$ ) para las duraciones de 1 hora y 24 horas, utilizados en el análisis de frecuencia de Gumbel, el mejor modelo que se ajustó a los valores observados de ERA5 fue el de kriging ordinario con ajuste esférico y para  $\mu$  con una duración de 24 horas, el Kriging Simple con ajuste Gaussiano ya que estos tuvieron el error medio (mean) más cercano a 0, es decir, la diferencia con la serie original fue menor, en comparación a los demás métodos utilizados como el IDW.

En la zona sur del Pacífico, en base a la distribución espacial del parámetro  $\alpha$ , existe una notable diferencia entre las precipitaciones más intensas y las menos intensas, las cuales también se asociaron a un periodo de retorno (T), es decir, se evidenció un mayor rango de diferencia entre una precipitación máxima de un T de un año (1)

con un T de 37 años, con respecto a píxeles que cuentan con valores más bajos para el parámetro  $\alpha$  (zona centro y norte de la región pacífica), que además tuvieron un desempeño aceptable en la evaluación con los datos in situ disponibles, por lo tanto, esto puede estar relacionado con el bajo desempeño de ERA 5 en la región sur del Pacífico Nariñense, donde ERA5 detectó valores de precipitación mayores con respecto a otras regiones.

Los datos de precipitaciones máximas del reanálisis ERA5 para el departamento de Nariño en el periodo de estudio de 36 años: 1988-2023, logran reproducir adecuadamente eventos máximos de precipitación en la zona norte de la región pacífica y en áreas de altitud media al oeste de la región andina, sin embargo, la resolución espacial 31 km, representa un gran desafío para reproducir los eventos máximos asociados en la región andina, especialmente en las zonas de mayor altitud del área de estudio; en consecuencia, se puede generar una distribución de precipitaciones máximas asociadas a un periodo de retorno en las zonas que el producto tuvo un mejor desempeño, pero en regiones sin datos observados para la validación de ERA5 y con un desempeño insatisfactorio, es conveniente realizar una corrección de sesgo para la resolución temporal diaria, con otras bases validadas y que mantienen una mejor resolución espacial, como CHIRPS, GPM - IMERG V06B, entre otras, particularmente para la región andina y de acuerdo al objetivo de posteriores investigaciones.

Por último, la estimación de lluvias de diseño utilizando el producto ERA5 es válida en un rango de confiabilidad del 70% para los píxeles que presentaron un desempeño bueno, es decir, quince (15) de treinta y un (31) píxeles evaluados; los cuales tuvieron una diferencia inferior al 10 % entre la distribución de Gumbel asociado a un periodo de retorno, utilizando las SPM estimadas con ERA5, en relación a la distribución de Gumbel, obtenida de las observaciones que proveen las estaciones de campo disponibles y evaluadas en esta investigación, para el departamento de Nariño.

**CONCLUSIONS:** *The maximum precipitation series (SPM) of the ERA5 product presented outliers that do not match the measurements of the IDEAM field stations, but the original series complied with homogeneity and independence except for two pixels of 24-hour duration. In addition, the Gumbel distribution met expectations by making a good fit of the observed values. The two pixels of the non-homogeneous SPM indicated that the data do not belong to the same population. This may be due to the influences of atmospheric and climatic phenomena, such as El Niño or La Niña, and even errors in the estimation model. It may also be associated with changes in topography, since the particularities that a terrain presents in its surface configuration can be affected by erosion, deforestation, which can change the hydrological regime in a given area. However, the results indicate that most of the series meet the statistical conditions. Independence indicated that more than 90% of the maximum precipitation series are generated from a random process, that is, a*

*value is not correlated with the previous one nor does it influence the formation of a subsequent one in any way. Therefore, the information could be used in the subsequent Gumbel frequency analysis with moment adjustment.*

*The Gumbel distribution with moment adjustment ( $\alpha$  and  $\mu$ ) had a high degree of graphical and numerical adjustment through the EEA. As for  $\alpha$  and  $\mu$ , these do not present atypical data, they have a positive spatial autocorrelation, that is, areas with high values are correlated with other areas that also have high values and equally for areas with low values they are correlated with nearby areas with low values.*

*In the interpolation of the location adjustment parameter ( $\mu$ ) for the duration of 1 hour and the scale parameter ( $\alpha$ ) for the durations of 1 hour and 24 hours, used in the Gumbel frequency analysis, the best model that fit the observed values of ERA5 was the ordinary kriging with spherical adjustment and for  $\mu$  with a duration of 24 hours, the Simple Kriging with Gaussian adjustment since these had the mean error closest to 0, that is, the difference with the original series was smaller, compared to the other methods used such as the IDW. In the southern Pacific area, based on the spatial distribution of the parameter  $\alpha$ , there is a notable difference between the most intense and the least intense rainfall, which were also associated with a return period ( $T$ ), that is, a greater range of difference was evident between a maximum rainfall of a  $T$  of one year (1) with a  $T$  of 37 years, with respect to pixels that have lower values for the parameter  $\alpha$  (central and northern area of the Pacific region), which also had an acceptable performance in the evaluation with the available in situ data, therefore, this may be related to the poor performance of ERA 5 in the southern region of the Pacific Nariño, where ERA5 detected higher precipitation values with respect to other regions.*

*The maximum precipitation data from the ERA5 reanalysis for the department of Nariño in the 36-year study period: 1988-2023, manage to adequately reproduce maximum precipitation events in the northern zone of the Pacific region and in mid-altitude areas west of the Andean region, however, the 31 km spatial resolution represents a great challenge to reproduce the maximum associated events in the Andean region, especially in the highest altitude areas of the study area; consequently, a distribution of maximum precipitation associated with a return period can be generated in the areas where the product had a better performance, but in regions without observed data for the validation of ERA5 and with an unsatisfactory performance, it is convenient to perform a bias correction for the daily temporal resolution, with other validated bases that maintain a better spatial resolution, such as CHIRPS, GPM - IMERG V06B, among others, particularly for the Andean region and according to the objective of subsequent research.*

*Finally, the estimation of design rainfall using the ERA5 product is valid in a 70% confidence range for the pixels that presented a good performance, that is, fifteen (15) of thirty-one (31) pixels evaluated; which had a difference of less than 10% between the Gumbel distribution associated with a return period, using the SPM*

*estimated with ERA5, in relation to the Gumbel distribution, obtained from the observations provided by the field stations available and evaluated in this research, for the department of Nariño.*

**RECOMENDACIONES:** Se recomienda comparar la información de reanálisis de ERA 5 con bases de datos de igual o diferente resolución espacial ya que los modelos y la calibración de datos de lluvia difieren entre sí. Se recomienda buscar y utilizar bases de datos distintas a las de terreno, con resolución temporal diaria e inferior. Añadir el comportamiento del régimen hidrológico en el departamento de Nariño, para comprender la diferencia de precipitación máxima de acuerdo a las características de cada región. Además, incluir las influencias del efecto del cambio climático en el régimen de lluvias máximas.

Se recomienda comparar con más detalle los datos atípicos de las series máximas de ERA5, con las de campo, para conocer su origen y determinar si pertenecen a errores de medición o a eventos extremos.

Se recomienda determinar a cada pixel de información de ERA 5 su variabilidad orográfica, especialmente en la región andina donde existen diferencias altitudinales significativas en distancias cortas.

De forma general se recomienda seguir aplicando la metodología de este estudio en conjunto con información proporcionada en otras investigaciones para el estudio de eventos de lluvias máximas, para la obtención de modelos i-d-f, utilizadas en el diseño de infraestructura y gestión del riesgo en zonas de Nariño que no cuentan con información pluviométrica y de difícil acceso por conflictos sociales. Se recomienda considerar una resolución espacial de mejor calidad a la de ERA 5 para análisis en regiones específicas o a nivel de cuenca.

**RECOMMENDATIONS:** *It is recommended to compare the ERA 5 reanalysis information with databases of equal or different spatial resolution since the models and calibration of rainfall data differ from each other. It is recommended to search for and use databases other than those of the field, with daily and lower temporal resolution. Add the behavior of the hydrological regime in the department of Nariño, to understand the difference in maximum precipitation according to the characteristics of each region. In addition, include the influences of the effect of climate change on the maximum rainfall regime.*

*It is recommended to compare in more detail the atypical data of the maximum series of ERA5, with those of the field, to know their origin and determine if they belong to measurement errors or to extreme events.*

*It is recommended to determine the orographic variability of each pixel of ERA 5*

*information, especially in the Andean region where there are significant altitudinal differences over short distances.*

*In general, it is recommended to continue applying the methodology of this study in conjunction with information provided in other research for the study of maximum rainfall events, to obtain i-d-f models, used in the design of infrastructure and risk management in areas of Nariño that do not have rainfall information and are difficult to access due to social conflicts. It is recommended to consider a spatial resolution of better quality than that of ERA 5 for analysis in specific regions or at the basin level.*