



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ESCALADO ESPACIAL EN EL
PRODUCTO DE PRECIPITACIÓN SATELITAL CHIRPS EN LA
CUENCA CATAMAYO-CHIRA Y MAYO-CHINCHIPE
UTILIZANDO MODELOS LINEALES Y NO LINEALES**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

Magister en Matemática Aplicada

Autor:

Lic. Jessica Katherine Gaona Alvarado, MSc.

Director:

Ing. Julio Cesar Mosquera Gutierrez, PhD.

Cuenca – Ecuador

2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al PhD. Luis Felipe Duque por todo su apoyo, desde la elección del tema de investigación hasta el último momento. Su paciencia al escuchar y resolver mis dudas, así como guiarme hacia el conocimiento correcto, han sido invaluable. También agradezco al PhD. Julio Mosquera y a los miembros del tribunal por su oportuna y continua revisión a este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a todos los alumnos que me han inspirado a desarrollar destrezas en modelación y simulación de fenómenos físicos y ambientales, a aquellos que han sido la motivación para buscar mi mejor versión.

A mis padres que han sido mi sostén emocional durante el desarrollo de esta investigación, que sean eternos.

A todos aquellos que aportan con su granito de arena a la ciencia y nos inspiran a todos a dejar huella en este paseo terrenal fugaz.

Jessica.

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. METODOLOGÍA	10
2.1. Área de estudio	10
2.2. Procedimiento General	11
2.3. Modelos Lineales y No Lineales	12
2.4. Validación.....	15
3. RESULTADOS	17
3.1. Comparación entre la precipitación observada y estimada por CHIRPS	17
3.2. Análisis de punto-píxel.....	17
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	29
REFERENCIAS	32

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Figura 1	11
Cuencas binacionales Catamayo-Chira y Mayo-Chinchipe. Los puntos rojos representan la ubicación de las estaciones meteorológicas con respecto a las cuales se ha validado el escalado espacial.....	11
Figura 2	20
Resultados de la validación de la precipitación promedio anual escalada a 1 km utilizando la precipitación promedio anual observada de 2003 a 2023 para modelos lineales de la cuenca Catamayo-Chira.....	20
Figura 3	21
Resultados de la validación de la precipitación promedio anual escalada a 1 km utilizando la precipitación promedio anual observada de 2003 a 2023 para modelos no lineales de la cuenca Catamayo-Chira.....	21
Figura 4	22
Resultados de la validación de la precipitación promedio anual escalada a 1 km utilizando la precipitación promedio anual observada de 2003 a 2023 para modelos lineales y no lineales de la cuenca Mayo-Chinchipe	22
Figura 5	23
Resultados de las métricas de evaluación de diferentes modelos de escalamiento utilizando los datos observados, y, la estimación de CHIRPS para la cuenca Catamayo-Chira en un promedio de 20 años (a) R^2 , (b) MAE, (c) RMSE y (d) Se	23
Figura 6	24
Resultados de las métricas de evaluación de diferentes modelos de escalamiento utilizando los datos observados, y, la estimación de CHIRPS para cuenca Mayo-Chinchipe en un promedio de 20 años (a) R^2 , (b) MAE, (c) RMSE y (d) Se	24
Figura 7	25
AIC normalizado de los modelos lineales y no lineales para la cuenca Catamayo-Chira en un promedio de 20 años	25
Figura 8	26
AIC normalizado de los modelos lineales y no lineales para la cuenca Mayo-Chinchipe en un promedio de 20 años	26
Figura 9	27
Precipitación promedio anual de CHIRPS en la cuenca Catamayo-Chira en un promedio de 20 años a una escala espacial de 5 km	27
Figura 10	27
Modelo de mejor rendimiento para la predicción de la precipitación promedio anual, según el AIC, para la cuenca Catamayo-Chira en un promedio de 20 años.....	27
Figura 11	28
Precipitación promedio anual de CHIRPS en la cuenca Mayo - Chinchipe en un promedio de 20 años a una escala espacial de 5 km	28
Figura 12	29
Modelo de mejor rendimiento para la predicción de la precipitación promedio anual, según el AIC, de la cuenca Mayo - Chinchipe en un promedio de 20 años	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Información de las estaciones meteorológicas para las cuencas Catamayo – Chira (CC) y Mayo – Chinchipe (MC), considerando un promedio de 23 años.....	16
Tabla 2 Resultados del análisis de regresión lineal entre la precipitación promedio anual escalada de modelos lineales y no lineales (a partir de variables predictoras) y la precipitación promedio anual observada de la cuenca Catamayo-Chira y Mayo-Chinchipe desde el 2003 al 2023	18
Tabla 3 Configuración de parámetros de los tres modelos no lineales de escalo espacial	18

APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ESCALADO ESPACIAL EN EL PRODUCTO DE PRECIPITACIÓN SATELITAL CHIRPS EN LA CUENCA CATAMAYO-CHIRA Y MAYO-CHINCHIPE UTILIZANDO MODELOS LINEALES Y NO LINEALES

Jessica Gaona, jessica.gaona@es.uazuay.edu.ec
Julio Gutierrez, juliosmosquera@uazuay.edu.ec

RESUMEN

Esta investigación se enfocó en aplicar métodos estadísticos de escalado espacial para mejorar la resolución de la estimación de precipitación promedio anual del producto satelital CHIRPS en las cuencas binacionales Catamayo-Chira y Mayo-Chinchipe, utilizando modelos lineales y no lineales. Se utilizaron cinco variables predictoras geoespaciales como la elevación, latitud, longitud, *NDVI* y temperatura de la superficie terrestre para conocer la variabilidad espacial de la precipitación. Los modelos se validaron con datos de estaciones meteorológicas provenientes del INAMHI y SENAMHI. El método de *AIC* mostró que las regresiones lineales de las variables de la temperatura, *NDVI* y elevación son predictores significativos de la precipitación. Los modelos no lineales, en particular el método de *random forest* y el *support vector machine lineal*, demostraron un desempeño superior en la predicción de la precipitación, indicado por valores más altos de R^2 y menores valores de *MAE*, *RMSE* y S_e , pero no son aceptables por *AIC*. Estos resultados muestran la efectividad del escalado espacial a 1 km en la mejora de la precisión y resolución de las estimaciones de precipitación satelital.

Palabras clave

Escalado espacial, CHIRPS, precipitación satelital, modelos lineales, modelos no lineales.

Ing. Julio Mosquera, PhD.
Firma de responsabilidad

ABSTRACT

This research focused on applying statistical spatial downscaling methods to improve the resolution of the annual average precipitation estimate of the CHIRPS satellite product in the binational Catamayo-Chira and Mayo-Chinchiipe basins, using linear and non-linear models. Five geospatial predictor variables such as elevation, latitude, longitude, *NDVI*, and land surface temperature were used to understand the spatial variability of precipitation. The models were validated with data from meteorological stations from INAMHI and SENAMHI. The *AIC* method showed that linear regressions of temperature, *NDVI*, and elevation variables are significant predictors of precipitation. Nonlinear models, in particular the random forest method and the linear support vector machine, demonstrated superior performance in predicting precipitation, indicated by higher values of R^2 and lower values of *MAE*, *RMSE* and S_e , but are not acceptable by *AIC*. These results show the effectiveness of spatial downscaling to 1 km in improving the precision and resolution of satellite precipitation estimates.

Keywords

Spatial downscaling, CHIRPS, satellite precipitation, linear models, nonlinear models.