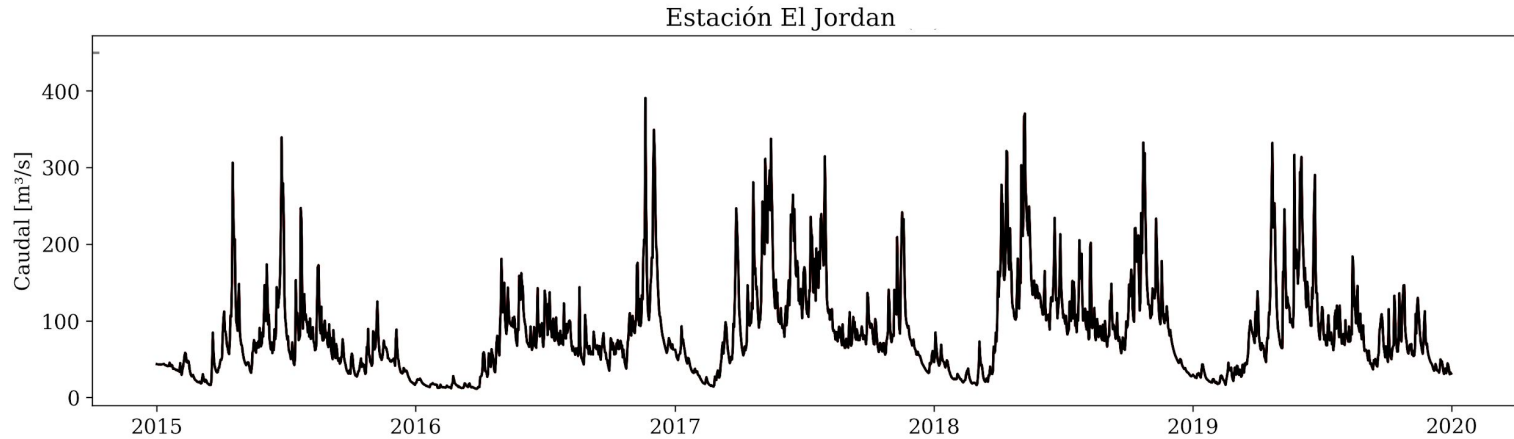


# Predicción de caudales medios diarios usando de modelos de inteligencia artificial y aprendizaje automático

Juan Esteban Taborda Soto

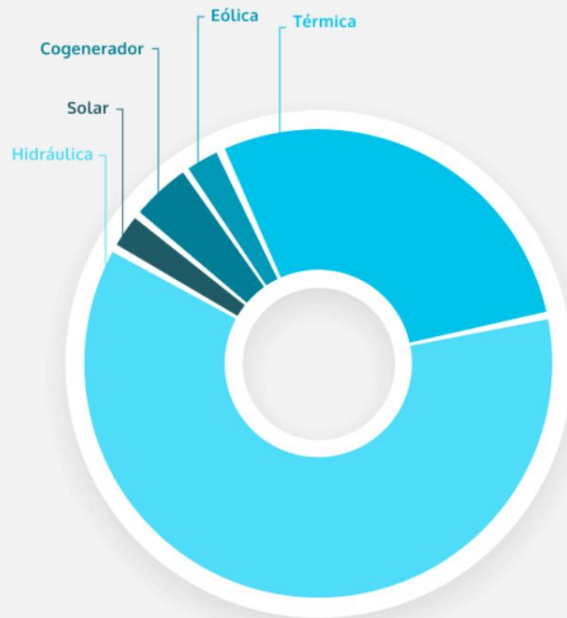
# Justificación

## Variabilidad del caudal en diferentes escalas de tiempo



# Justificación

## Capacidad instalada en Colombia



La matriz de generación eléctrica colombiana, es la sexta matriz mas limpia del mundo, el 68% de la capacidad instalada es de fuentes renovables de energía eléctrica. Las empresas Asociadas a ACOLGEN, representan el 70% de la capacidad instalada del país, de la cual el 85% son plantas de fuentes renovables.



0.1%

Solar

116.61 MW



0.9%

Cogenerador

150.8 MW



0.1%

Eólica

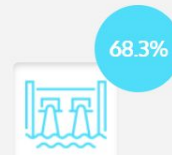
18.42 MW



30.7%

Térmica

5543.24 MW



68.3%

Hidráulica

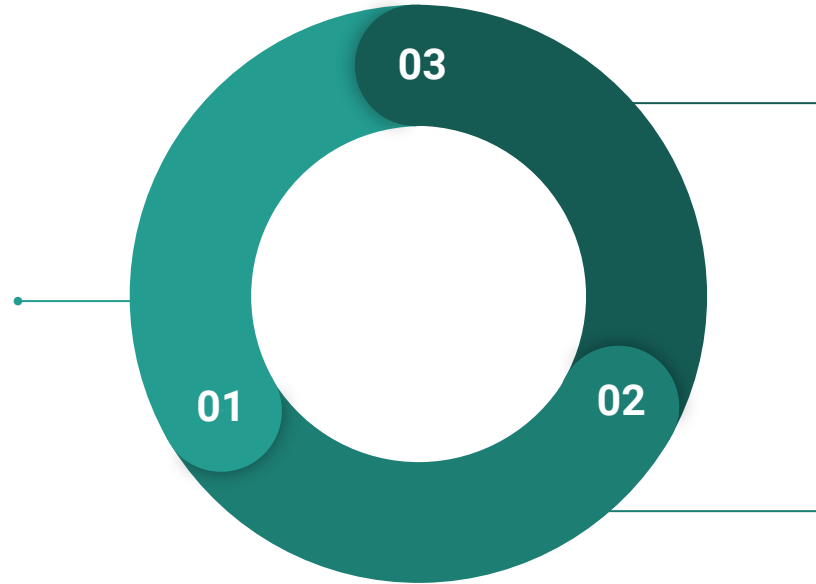
11942.11 MW

# Estado del arte en Colombia

## Típicos moduladores de la precipitación y el caudal

### ANUAL: ZCIT y CHOCÓ JET

El primero modula la precipitación debido al desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (Mejía et al, 1999) y el segundo debido a la advección de humedad (Poveda & Mesa, 2000).



### INTERANUAL: ENSO

Tiene influencia sobre los campos de vientos y humedad atmosférica que condicionan la precipitación sobre la región (Arias et al, 2021; Poveda et al, 2020; 2011).


### INTERDECADAL: PDO y AMO

Mecanismos del océano pacífico y atlántico que afectan los regímenes de precipitación sobre la región y tienen periodos mayores a una década (Poveda, 2004).


# Estado del arte en Colombia

## Modelos de pronóstico de caudal medio mensual

Regresión Lineal  
Múltiple (Poveda  
et al, 2002)




Redes  
Neuronales  
(Poveda et al,  
2002)



Modelo MARS  
(Sanchez &  
Poveda, 2006)



Modelo SSA  
(Rojo-Hernandez  
& Carvajal-Serna,  
2010)



Modelo ARIMA  
(Sanchez &  
Poveda, 2006)



Autoregresivos  
(Salazar  
Velásquez &  
Mesa Sánchez,  
1994)



Bandas  
Espectrales  
(Poveda et al,  
2002)



## Variables predictoras

Índices microclimáticos

Persistencia hidrológica

Pronósticos de otras  
variables

# Estado del arte en Colombia

## Nuevos moduladores de la precipitación y el caudal



## Objetivos

Adicionar nuevos mecanismos a modelos de pronóstico de caudal medio diario.

Explorar diferentes métodos de pronóstico estadístico en esta escala de tiempo.

Evaluar la ganancia de estos modelos con respecto a pronósticos climatológicos y antecedentes

1. Arias, 2005; Yepes Palacio, 2012, Hoyos & Taborda, n.p.; Taborda Soto, n.p.

2. Arias, 2005; Serra et al, 2010; Taborda Soto, n.p.

# Datos

## Variables predictoras

- Precipitación sobre la cuenca.
- Precipitación acumulada (CA).
- Caudal antecedente.
- Índices de las ondas acopladas.
- Advección de humedad por los chorros.

### Bases de datos:

- Precipitación, vientos horizontales y humedad específica del reanálisis ERA5. 0.25x0.25. desde 1959 - presente.
- OLR de la NOAA. 2.5x2.5. Desde 1974 - presente
- Caudal diario del IDEAM desde 1959

## Métodos

- Métodos supervisados
- Métodos no supervisados

## Variables a predecir

- Caudal medio diario del río Sogamoso en la entrada al embalse hasta un horizonte de 4 días.

### Bases de datos:

- Caudal diario del IDEAM desde 1959

# Referencias

Acolgen. (2022). Capacidad instalada en colombia. Retrieved 2022-08-30, from [https:// acolgen.org.co/](https://acolgen.org.co/)

Arenas C´ardenas, J. S., & Carvajal Serna, L. F. (2010). Desarrollo de un modelo de predicci´on de caudales semanales asociado a la variabilidad intraestacional en colombia. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente.

Arias, P. A. (2005). Diagnostico y predicci´on de la variabilidad intra-anual de la hidrolog´ia colombiana (Unpublished master's thesis). Universidad Nacional de Colombia. Sede Medell´ın. Facultad de Minas.

Arias, P. A., Garreaud, R., Poveda, G., Espinoza, J. C., Molina-Carpio, J., Masiokas, M., . . . van Oevelen, P. J. (2021). Hydroclimate of the andes part ii: Hydroclimate variability and sub-continental patterns. *Frontiers in Earth Science*, 8 . Retrieved from <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/feart.2020.505467> doi: 10.3389/feart.2020.505467

Carvajal, L., Salazar, J., Mesa, O., & Poveda, G. (1998, 01). Hydrological prediction in colombia using singular spectral analysis and the maximum entropy method. *Ingenier´ia hidr´aulica en M´exico*, 13 , 7-16.

Giraldo-Cardenas, S., Arias, P. A., Vieira, S. C., & Zuluaga, M. D. (2022). Easterly waves and precipitation over northern south america and the caribbean. *International Journal of Climatology*, 42 (3), 1483-1499. Retrieved from <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.7315> doi: <https://doi.org/10.1002/joc.7315>

Grimm, A. (2019, 07). Madden–julian oscillation impacts on south american summer monsoon season: precipitation anomalies, extreme events, teleconnections, and role in the mjo cycle. *Climate Dynamics*, 53 . doi: 10.1007/s00382-019-04622-6 Hoyos, C., & Taborda, J. (n.d.). The influence of equatorially trapped waves on precipitation variability in the amazon basin and northern south america.

Madden, R. A., & Julian, P. R. (1971). Detection of a 40–50 day oscillation in the zonal wind in the tropical pacific. *Journal of Atmospheric Sciences*, 28 (5), 702 - 708. Retrieved from [https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/28/5/1520-0469\\_1971\\_028\\_0702\\_doadoi\\_2\\_0\\_co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/28/5/1520-0469_1971_028_0702_doadoi_2_0_co_2.xml) doi: 10.1175/1520-0469(1971)028<0702:DOADOI>2.0.CO;2



# Referencias

Madden, R. A., & Julian, P. R. (1972). Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40–50 day period. *Journal of Atmospheric Sciences*, 29 (6), 1109 - 1123. Retrieved from [https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/29/6/1520-0469\\_1972\\_029\\_1109\\_dogsc2.0.co;2](https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/29/6/1520-0469_1972_029_1109_dogsc2.0.co;2) doi: 10.1175/1520-0469(1972) 029<1109:DOGSCC>2.0.CO;2

Mejia, J., Mesa, O., Poveda, G., Velez, J., Hoyos, C., Mantilla, R., . . . Botero, B. (1999, 01). Distribución espacial y ciclos anual y semianual de la precipitación en Colombia. *Dyna (Medellin, Colombia)*, 127 , 7-26. Poveda, G. (2004, 01). La hidroclimatología de Colombia: Una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diaria. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 28 , 201-222.

Poveda, G., Alvarez, D. M., & Rueda, O. A. (2011). Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. *Climate Dynamics*, 36 (11), 2233–2249.

Poveda, G., Espinoza, J. C., Zuluaga, M. D., Solman, S. A., Garreaud, R., & van Oevelen, P. J. (2020). High impact weather events in the Andes. *Frontiers in Earth Science*, 8 . Retrieved from <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/feart.2020.00162> doi: 10.3389/feart.2020.00162

Poveda, G., & Mesa, O. (2000, 06). On the existence of Iloro (the rainiest locality on Earth): —4— manuscript submitted to *Water Resources Research* Enhanced ocean-land-atmosphere interaction by a low level jet. *Geophysical Research Letters*, 27 , 1675-1678. doi: 10.1029/1999GL006091

Poveda, G., Mesa, O., Carvajal, L., Hoyos, C., Mejia, J., Cuartas, L., & Pulgarín. (2002, 01). Predicción de caudales medios mensuales en ríos colombianos usando métodos no lineales. *Meteorología Colombiana*, 6 , 101-110.

# Referencias

Rojo-Hernández, J. D., & Carvajal-Serna, L. F. (2010). Predicción no lineal de caudales utilizando variables macroclimáticas y análisis espectral singular. *Tecnología y ciencias del agua*, 1 (4), 59–73.

Salazar Velásquez, J. E., & Mesa Sánchez, O. J. (1994, ene.). Aplicación de dos modelos no lineales a la simulación de series hidrológicas. *Avances en Recursos Hidráulicos*(02), 27–47. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/arh/article/view/91916>

Sanchez, J., & Poveda, G. (2006, 01). Aplicación de los métodos mars, holt-winters y arima generalizado en el pronóstico de caudales medios mensuales en ríos de antioquia. *Meteorología Colombiana*, 10 , 36-46.

Serra, Y. L., Kiladis, G. N., & Hodges, K. I. (2010). Tracking and mean structure of easterly waves over the intra-americas sea. *Journal of Climate*, 23 (18), 4823 - 4840. Retrieved from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/23/18/2010jcli3223.1.xml> doi: 10.1175/2010JCLI3223.1

Taborda-Soto, J. E. (n.d.). Variabilidad intraestacional de la precipitación sobre el norte de sudamérica: diagnóstico y conexiones.

Torres-Pineda, C., & Pabón Caicedo, J. D. (2017, 03). Variabilidad intraestacional de la precipitación en colombia y su relación con la oscilación de madden-julian. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* , 41 , 79. doi: 10.18257/raccefyn.380

Yepes Palacio, L. J. (2012). Variabilidad climática intraestacional y su efecto sobre la precipitación en colombia: Diagnóstico y pronóstico (Unpublished master's thesis). Escuela de Geociencias y Medio Ambiente

Gracias