



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



## Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



# PRONÓSTICO DE VARIABLES: TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS MENSUALES, CON SERIES DE TIEMPO PARA LA ESTACIÓN 09071, EN CDMX

Rocio Cervantes O.; Ramón Arteaga Ramírez; Lucia V. Carmona Mota;  
Waldo Ojeda B.; Osías Ruíz A.

Fecha de presentación del 09 al 11 de junio de 2021





# Resumen

La variable temperatura resulta importante en diversas áreas, recientemente ha tomado importancia el conocer con cierto grado de anticipación su valor debido a los incrementos de esta, y su relación estrecha con el cambio climático. En el presente trabajo se desarrollaron dos modelos de series de tiempo para el pronóstico de promedios de temperaturas mensuales máximas y mínimas.





# Resumen

Se analizaron datos de un periodo de 13 años de la estación 09071 en la alcaldía de Coyoacán, Ciudad de México y se realizó el pronóstico de 24 meses. De ambos modelos encontrados, para la temperatura mínima el respectivo modelo ajustó mejor a los datos.

Palabras claves: pronóstico, series de tiempo, temperaturas



# Introducción

Los pronósticos en series de tiempo tienen la tarea de conocer con anticipación algunos valores en el futuro dada una secuencia de datos históricos de la misma señal o variable, también se puede utilizar datos históricos de señales correlacionadas (Romeu et al., 2013). Los datos de temperaturas mensuales siempre resultan necesarios, tanto como por los agricultores, como por personal que toma decisiones: medioambientalistas, gobierno, etc.

En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62

[www.riego.mx](http://www.riego.mx) | [contacto@riego.mx](mailto:contacto@riego.mx)





De igual manera la temperatura es importante porque influye en la tasa de respiración del suelo, en los cambios de fisiología de los cultivos y es una variable necesaria en el cálculo de la evapotranspiración de referencia (Ye et al., 2013). Existen múltiples métodos de estimación y/o pronóstico de las temperaturas, desde los análisis de regresión múltiple (Flocas et al., 1983), pasando por las series de Fourier y los modelos de series de tiempo, entre otros.

En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62

[www.riego.mx](http://www.riego.mx) | [contacto@riego.mx](mailto:contacto@riego.mx)

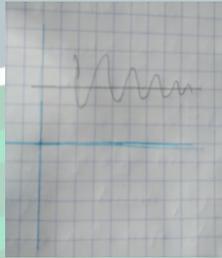


# Introducción

En series de tiempo una variable es explicada por los valores anteriores de esa misma variable, esta es una particularidad de este tipo de modelación. Una característica de lo pronosticado, es que estos valores, van convergiendo a la media del proceso o de la serie.

El presente trabajo ajustó dos modelos ARMA de las respectivas variables de temperatura promedio mensuales máximas ( $T_{max}$ ) y mínimas ( $T_{min}$ ), con la finalidad de obtener un pronóstico de estas. Uno de los resultados obtenidos fue que el modelo encontrado con Stata para  $T_{min}$  ajusto mejor a la serie, con un RMSE de 0.927, a diferencia del ajuste para la  $T_{max}$  con un RMSE de 1.316.

En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62





# Materiales y métodos

Los datos analizados fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional de la estación 09071, ubicada en la alcaldía Coyoacán, de la CDMX, (latitud  $19^{\circ}20'02''$ , longitud  $099^{\circ} 07' 36''$ , altitud 2250 msnm).

Se utilizó un enfoque empírico para identificar el proceso estocástico que genera la serie de tiempo, a través del correlograma se identificó a cual proceso se corresponde dicha serie, ya sea: AR(1), AR(2), ARMA(1,1), etc.

En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62

[www.riego.mx](http://www.riego.mx) | [contacto@riego.mx](mailto:contacto@riego.mx)

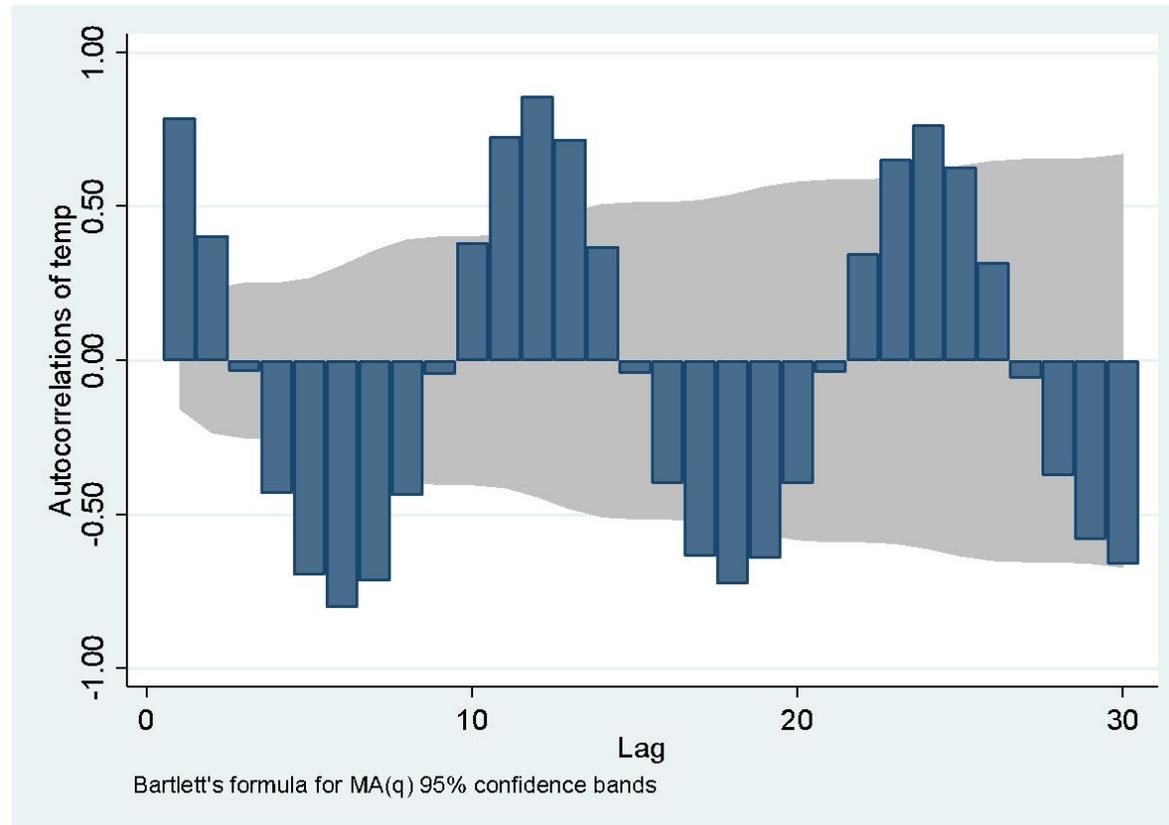




# Materiales y métodos

Todos los procesos ARMA o ARIMA tienen un correlograma (Figura 1), y se utiliza este para identificar que proceso estocástico tuvieron las series, en este caso, de promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas. Las series de datos presentaron datos faltantes, para solventarlo, dado que las series presentaban un comportamiento estacional cada doce meses, cíclico, se utilizó un modelo de regresión (con variables dummy), con este, se estimaron los datos faltantes de diciembre de 1988 a diciembre de 1989 (13 datos) y un dato de abril de 1990.

# Materiales y métodos



**Figura 1.** Correlograma para la serie de datos de temperatura mínima

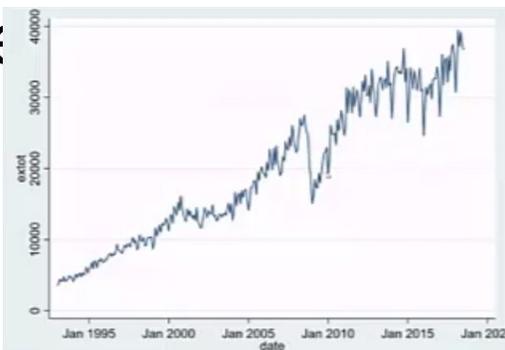
En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62



# Materiales y métodos

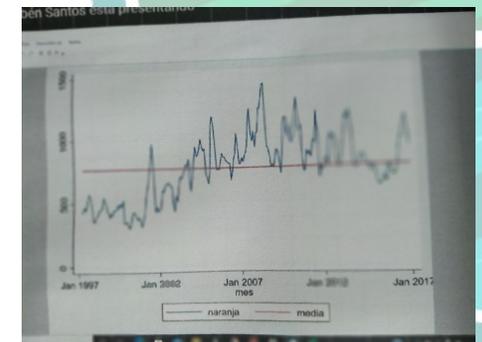
Fue necesario que las series, una vez rellenos los datos faltantes, cumplieran con el supuesto de estacionariedad, esto ayuda para que el número de parámetros del modelo del pronóstico sea el menor posible, es decir, se simplifique. Si la serie no es estacionaria, entonces hay que transformar esta (se aplica la operación de primeras diferencias o diferencia estacional). En el caso de la  $T_{min}$  resultó estacionaria, a diferencia de  $T_{max}$ . Para probar estacionariedad se utilizaron las pruebas de raíces unitarias de Dickey-Fuller y Phillips-Perron

(Be



En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62

[www.riego.mx](http://www.riego.mx) | [contacto@riego.mx](mailto:contacto@riego.mx)





# Materiales y métodos

Una vez las series rellenas, se analizaron los datos de enero de 1982 a diciembre de 1994 para ambas temperaturas (máximas y mínimas), y se realizó el pronóstico para 24 meses a partir de enero de 1995, dado que la estación no presentaba datos para este año. Se utilizó Stata 16.0 para realizar el pronóstico. Cabe resaltar que entre más datos se pronostiquen hacia el futuro el modelo va perdiendo confiabilidad (Esparza, 2007).



El proceso seguido para obtener el modelo de serie de tiempo fue con la metodología de Box-Jenkins, con las siguientes etapas: 1<sup>a</sup>) Identificación. 2<sup>a</sup>) Estimación, 3<sup>a</sup>) Verificación o diagnóstico, 4<sup>a</sup>) Pronóstico. En la tercera etapa se realizó la predicción y se generaron los residuales, a estos se les realizaron las pruebas estadísticas de normalidad Shapiro-Wilk, Jarque-Bera y Liung Box. Si los residuales generados por la predicción del modelo no tienen una distribución normal (campana de Gauss) hay que regresar a la segunda etapa a reconstruir el modelo (lo cual no sucedió).



# Materiales y métodos

Se obtuvo la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RMSE), con la ecuación 1, cabe destacar que este valor se obtuvo de la siguiente forma, la RMSE se calculó de enero de 1983 a diciembre de 1996, faltando los datos de 1995 (resultados arrojados por Stata con la estimación ausente para 1982 y la ausencia de datos del año 1995):

$$RMSE = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - t_i)^2}{n} \right)^{1/2}$$

donde  $a_i$  es el dato estimado por el modelo,  $t_i$  es el dato observado (medido),  $n$  es el número de observaciones o estimaciones.

En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62





# Resultados y discusión

Sample: Jan 1983 - Dec 1994  
 Log likelihood = 236.6335  
 Number of obs = 144  
 Wald chi2(4) = 97.68  
 Prob > chi2 = 0.0000

d12ltemp	Coef.	OPG Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
<b>ARMA</b>						
ar						
L1.	.379177	.1043986	3.63	0.000	.1745595	.5837945
L12.	.1527957	.1024064	1.49	0.136	-.0479171	.3535085
ma						
L1.	-.1424335	.111009	-1.28	0.199	-.3600073	.0751402
L12.	-.8547243	.175354	-4.87	0.000	-1.198412	-.5110368
/sigma	.0445108	.0031543	14.11	0.000	.0383284	.0506932

Note: The test of the variance against zero is one sided, and the two-sided confidence interval is truncated at zero.

Sample: Jan 1983 - Dec 1994  
 Log likelihood = 96.80187  
 Number of obs = 144  
 Wald chi2(5) = 57.57  
 Prob > chi2 = 0.0000

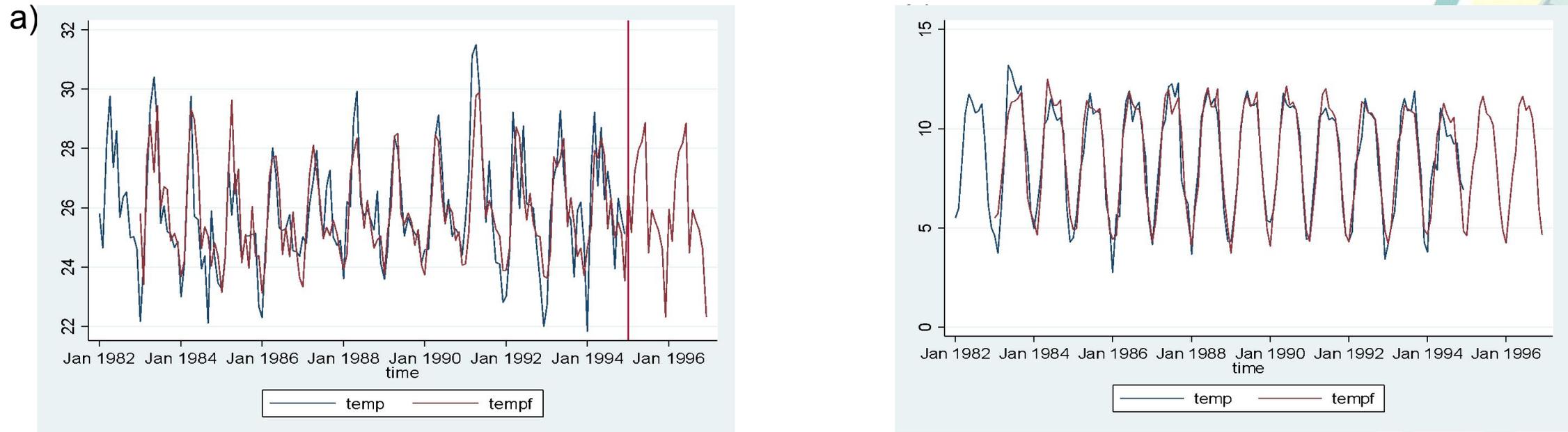
d12ltemp	Coef.	OPG Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
<b>ARMA</b>						
ar						
L1.	.2740747	.085075	3.22	0.001	.1073307	.4408186
L2.	.1696913	.0837122	2.03	0.043	.0056185	.3337641
L13.	.1287154	.0667783	1.93	0.054	-.0021677	.2595986
ma						
L12.	-1.038124	.156253	-6.64	0.000	-1.344374	-.7318739
L35.	.2825276	.0806471	3.50	0.000	.1244623	.440593
/sigma	.1047398	.0095338	10.99	0.000	.0860538	.1234257

Note: The test of the variance against zero is one sided, and the two-sided confidence interval is truncated at zero.

**Figura 2.** Modelos ARMA con sus coeficientes respectivos para a)  $T_{max}$  y b)  $T_{min}$

# Resultados y discusión

Se obtuvo un proceso ARMA, con un 10% de significancia se aceptaron ambos modelos, para  $T_{min}$  presentando tres términos para la parte autorregresiva (AR) y dos términos de media móvil (MA) (Figura 2b), y para  $T_{max}$  dos términos AR y dos MA (Figura 2<sup>a</sup>).



**Figura 3.** Pronóstico de 24 meses de las variables a) temperatura máxima y b) mínima, para la estación 09071 de la CDMX.

En Dios solo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62



# Resultados y discusión

Se observa en la Figura 3 la estimación y/o pronóstico de ambos modelos ARMA obtenidos, para  $T_{min}$  el modelo tuvo un mejor ajuste, en comparación con  $T_{max}$ , lo corroboran los valores de RMSE obtenidos, el cual fue para  $T_{min}$  de 0.927 y para  $T_{max}$  1.316.



# Conclusiones

De ambos modelos encontrados, el que mejor aproximó a los datos observados fue el de  $T_{min}$ . Los modelos de series de tiempo muestran ser una herramienta robusta en la estimación y/o pronóstico de las temperaturas promedio mensuales.

En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62

[www.riego.mx](http://www.riego.mx) | [contacto@riego.mx](mailto:contacto@riego.mx)





# Gracias!!

En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62

[www.riego.mx](http://www.riego.mx) | [contacto@riego.mx](mailto:contacto@riego.mx)





# Referencias bibliográficas

Beckett S. 2013. Introduction to time series using Stata. A Stata Press Publication, StataCorp LP, Texas, United States of America, 443 pp.

Esparza C. C. 2007. Series temporales. 53 pp.

Flocas A. A.; Giles B. D.; and Angouridakis V. E. 1983. On the estimation of annual and monthly means values of air temperature over Greece using stepwise multiple regression analysis. Arch. Met. Geoph. Biocl., Ser. B. 32:287-295.

Ye L.; Yang G.; Van Ranst E.; and Tang H. 2013. Time-series modeling and prediction of global monthly absolute temperature for environmental decision making. Advances in atmospheric sciences 30(2):382-396.

Meyer S. J.; Hubbard K. G. 1992. Nonfederal automated weather stations and networks in the United States and Canada: a preliminary survey. Bulletin of the American Meteorological Society. 73(4):449-457.

Romeu P.; Zamora-Martínez F.; Botella-Rocamora P.; and Pardo J. 2013. V. Mladenov et al (Eds.): ICANN 2013, LNCS 8131, pp 451-458.

En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



## Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



# ¡GRACIAS!

**Rocio Cervantes Osornio**

01800 088 2222 ext IP 85565

 [rcervanteso@hotmail.com](mailto:rcervanteso@hotmail.com)



En Dios sólo descansa el alma mía, de él viene mi esperanza. Salmo 62