



Title: Metodología para el tratamiento de datos meteorológicos e hidrométricos a escala de cuenca

Authors: SÁNCHEZ-QUISPE, Sonia Tatiana, NAVARRO-FARFÁN, María del Mar and GARCÍA-ROMERO, Liliana

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2021-01

BCIERMMI Classification (2021): 271021-0001

Pages: 11

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

- Contar con series de datos meteorológicos e hidrométricos bajo condiciones homogéneas resulta de interés en la actualidad para la comunidad científica (Costa & Soares, 2006), por ello debe pasar por un proceso de validación antes de ser utilizada en otras aplicaciones.
- Existen varios métodos que permiten evaluar las propiedades de las series temporales de precipitación o caudales, es decir, evaluar la consistencia de las series (Salas, 1980).
- La literatura actual, muestra las pruebas de consistencia por excelencia: para probar la *independencia* de las series meteorológicas, se utiliza la prueba de los Límites de Anderson; para la *homogeneidad*, prueba estadística de Helmert, prueba de secuencias, curva masa doble, o algunas más específicas como la *t* de Student o Cramer; para series de caudales se utilizan pruebas como la de Coeficiente de Escurrimiento o Modulo Relativo (Sánchez, 2017; Campos, 2007).

Metodología

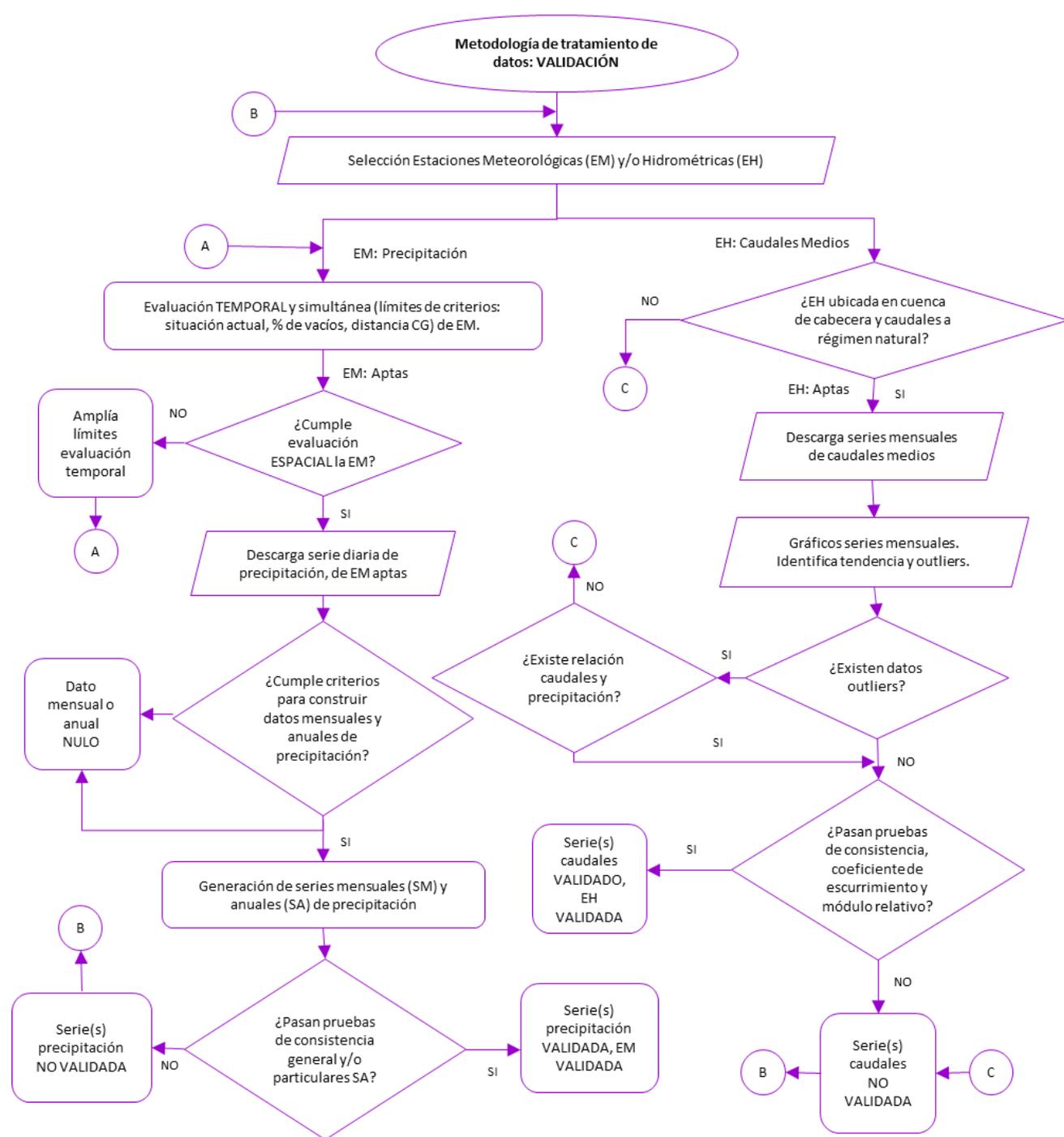
En la mayoría de los estudios relacionados con la hidrología y en investigaciones relacionadas con recursos hídrico y el medio ambiente, intervienen siempre ambos tipos de datos: precipitación e hidrometría (Guajardo-Panes et al., 2017; Walker, 2000).

La metodología planteada se divide en análisis de información proveniente de:

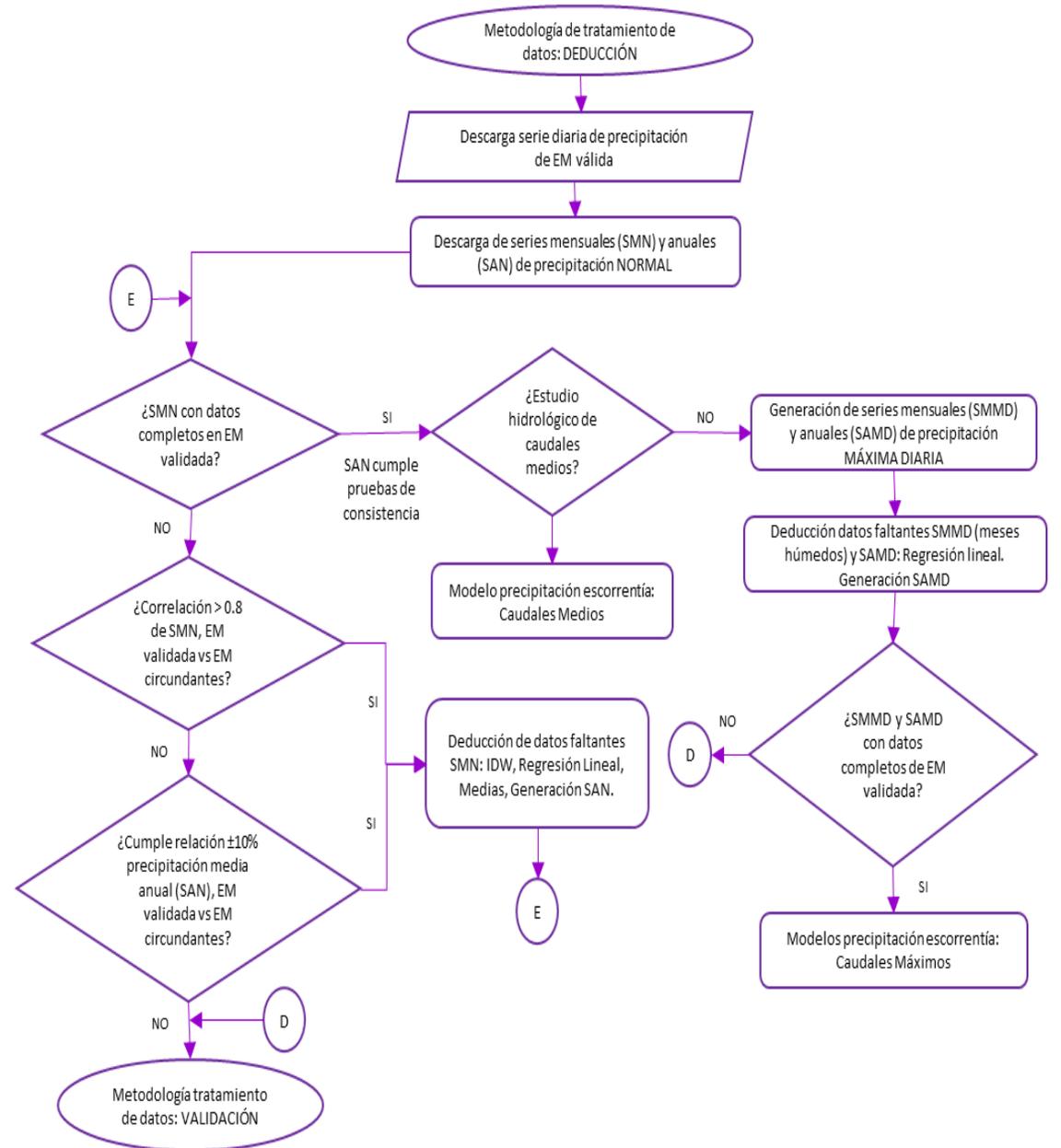
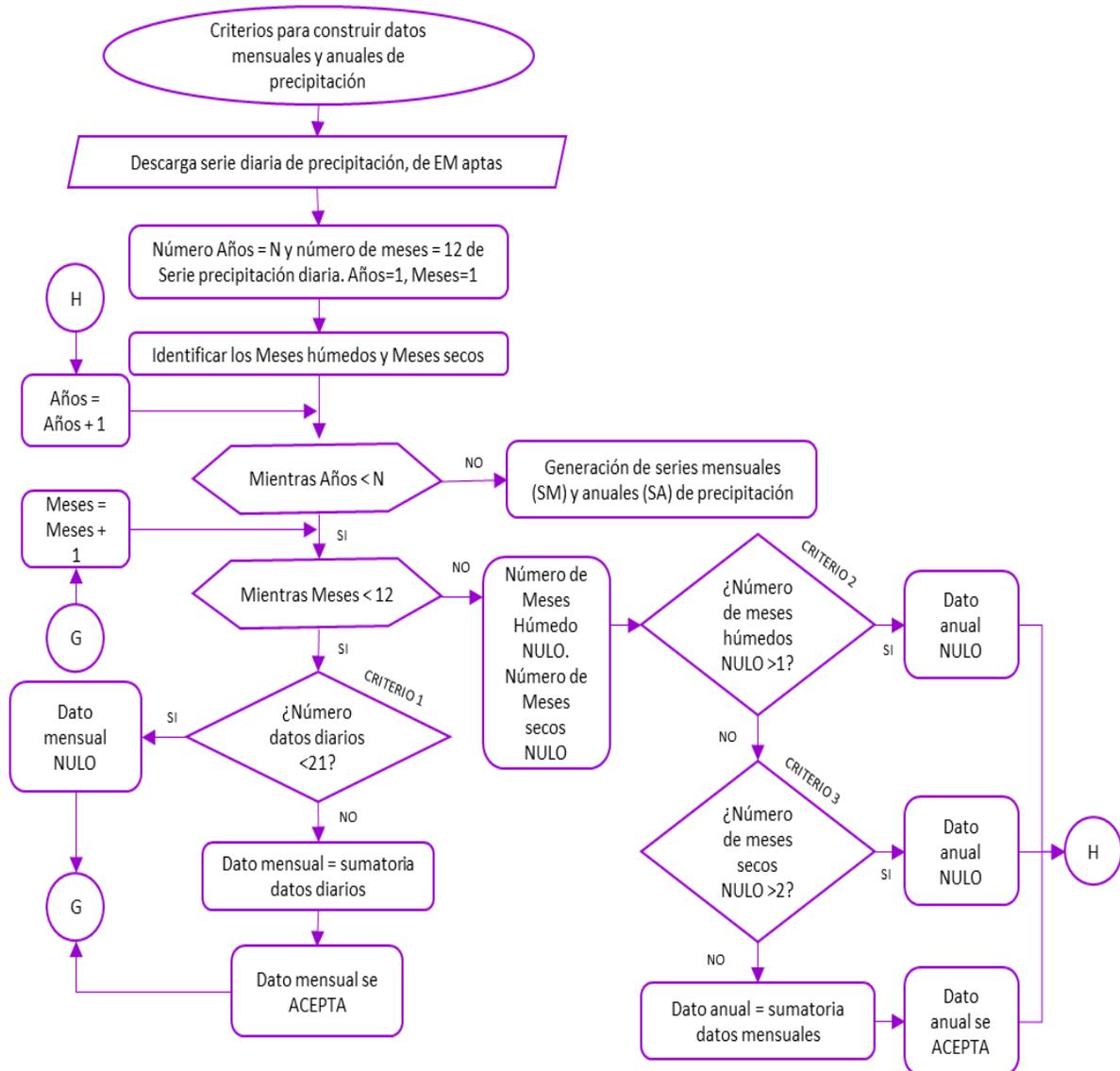
- Estaciones Meteorológicas (EM) y,
- Estaciones Hidrométricas (EH).

Para los dos análisis, se distinguen tres etapas

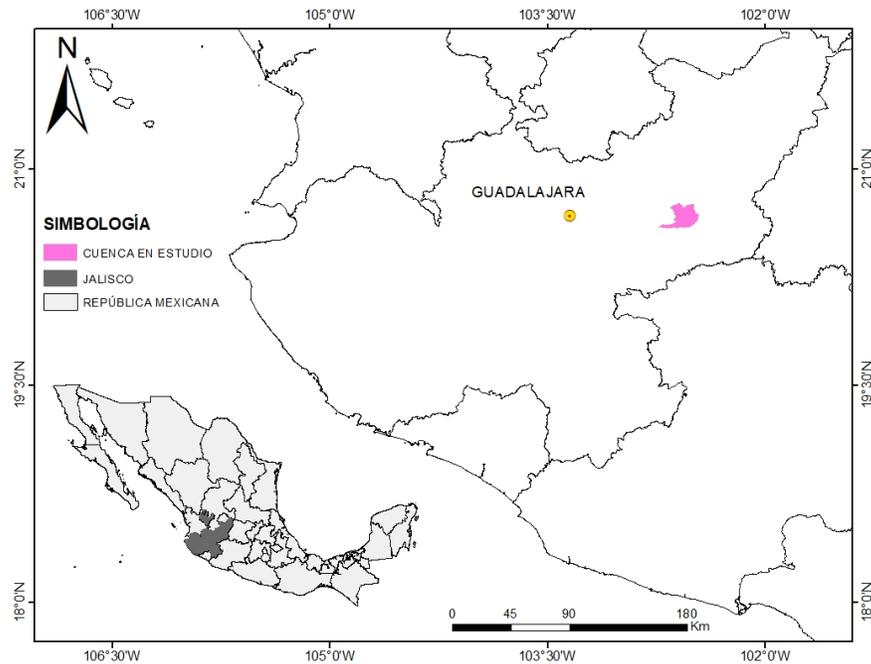
- Selección de estaciones aptas para el análisis,
- Obtención o generación de las series y,
- Análisis de la consistencia de las series para determinar su fiabilidad como serie temporal de precipitación o caudales.



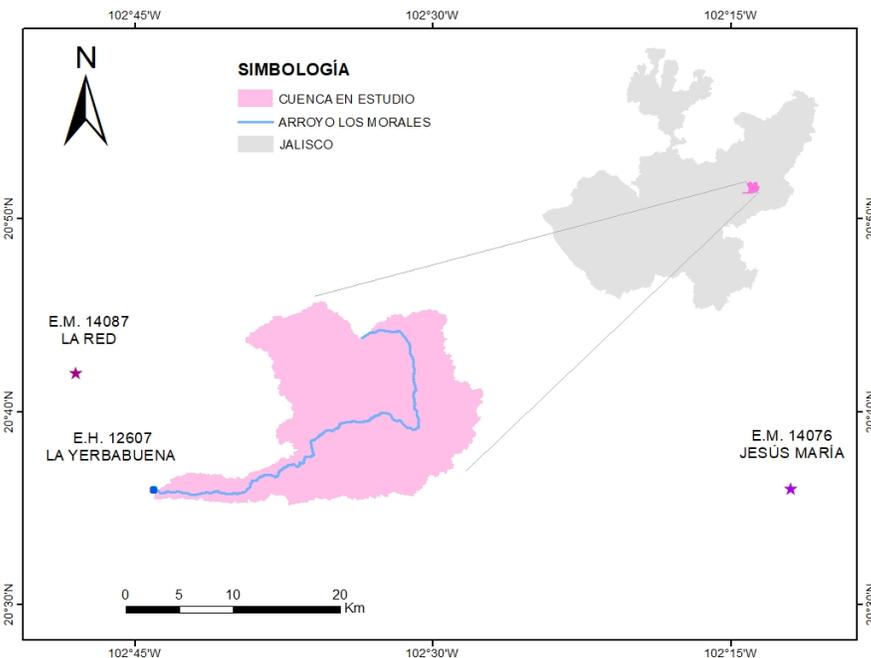
Metodología



Caso de Estudio



Código	Nombre	Periodo de Años		% Vacíos	D.E.* (m)
		Servicio	Efectivo		
14076	Jesús María, Jal	70.9	67.2	5.3%	38,932
14080	La Cuña, Jal	65.6	63.2	3.7%	44,161
14086	La Manzanilla de la Paz, Jal.	64.3	54.3	15.6%	99,177
14087	La Red, Jal.	53.6	52.2	2.6%	24,609
14121	Guadalajara (SMN), Jal	42.0	38.0	9.5%	86,934



Dado que el problema es identificar la estación o estaciones meteorológica más adecuadas, la decisión se basa en una estructura multicriterio discreta, muy útil cuando hay que evaluar más de 3 estaciones.

Los criterios analizados, en el caso de estudio son: años efectivos de precipitación, porcentaje de vacíos y distancia euclidiana al centro de gravedad de la cuenca.

Por lo que se seleccionan las estaciones 14076 y 14087; además, la estación hidrométrica que genera la cuenca en estudio, tiene el código 12607 “La Yerbabuena”

Metodología

–Validación de datos Meteorológicos–

Las series temporales de precipitación deberán demostrar homogeneidad en sus datos. Esto se logra a través de la implementación de la prueba de Secuencias (Mather, 1975), la prueba de Helmert (Doorembos, 1976), o Curva Masa Doble (Martínez et al., 2006), o Wald-Wolfowitz (Siegel, 2015); además de pruebas específicas como t de Student (WMO, 1966), o Cramer (WMO, 1966). Por otra parte, la independencia se evalúa a través de la prueba de los Límites de Anderson (Anderson, 1941; Salas, 1980).

Se dice que una serie es homogénea cuando las pruebas demuestran que los elementos presentes en la muestra provienen estadísticamente de una misma población.

Se dice que una serie es independiente, cuando se demuestra que la probabilidad de que la ocurrencia de cualquier dato de precipitación presente en la muestra, no dependa de la ocurrencia del valor de precipitación subsecuente o precedente en el tiempo o en el espacio.

Las pruebas de homogeneidad pueden clasificarse en dos grupos:

- Las pruebas que no requieren de una estación adicional para determinar la homogeneidad de sus datos, donde el análisis se efectúa con los datos propios de la estación: Prueba de Helmert, Secuencias, t de Student y Cramer, los cuales se explican en los apartados siguientes.
- Las pruebas que requieren al menos una estación auxiliar cercana para realizar el análisis: prueba de la Curva Masa Doble y Wald-Wolfowitz.

Metodología

-Validación de datos Meteorológicos-

Prueba de Secuencias

n	u	n	u	n	u	n	u
12	5-8	22	9-14	32	13-20	50	22-30
14	5-10	24	9-16	34	14-21	60	26-36
16	6-11	26	10-17	36	15-22	70	31-41
18	7-12	28	11-18	38	16-23	80	35-47
20	8-13	30	12-19	40	16-25	100	45-57

Curva Masa Doble



Prueba de Helmert

$$-\sqrt{n-1} \leq (S - C) \leq \sqrt{n-1}$$

Prueba estadística de Cramer

$$t_k = \left[\frac{n'(n-2)}{n - n'[1 + (\tau_k)^2]} \right]^{1/2} \cdot (\tau_k)$$

Prueba Estadística de Wald - Wolfowitz

$$z = \frac{\left| r - \left(\frac{2N_1N_2}{N_1 + N_2} + 1 \right) \right| - 0.50}{\sqrt{\frac{2N_1N_2(2N_1N_2 - N_1 - N_2)}{(N_1 + N_2)^2(N_1 + N_2 - 1)}}}$$

Prueba estadística t de Student

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}}$$

Límites de Anderson

$$r_k = \beta \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$$

$$\beta = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$l_{r(95\%)} = \frac{-1 \pm 1.96 \sqrt{n - k - 1}}{n - k}$$

Metodología

–Validación de datos Hidrométricos–

Estaciones a Régimen Natural

Las series hidrométricas a régimen natural son dadas por la serie histórica de caudales que hubieran circulado por dicho lugar en caso de que no existiera ninguna intervención humana en la cuenca. Las acciones antropogénicas son todos los trabajos de regulación o utilización del agua superficial o subterránea que alteren la cuantía del caudal que habría circulado por el río (Solera, 2003).

Revisión Visual

Las tendencias en las series cronológicas de escurrimientos anuales, pueden resultar de cambios en el ambiente hidrológico que produce la serie o de alteraciones que provienen de variaciones graduales naturales o que son inducidas por el hombre.

Coefficiente de Escurrimiento

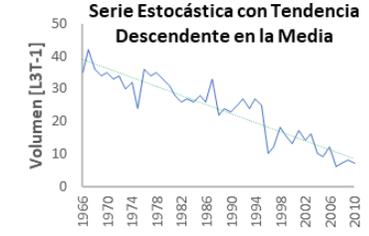
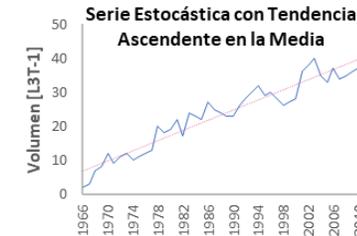
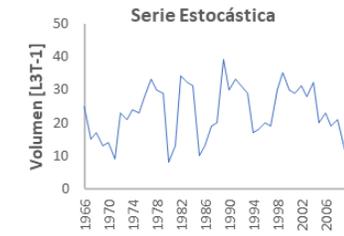
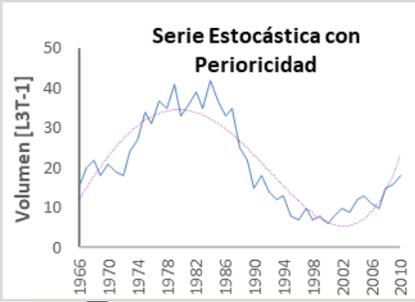
Chow et al. (1994) definió el coeficiente de escurrimiento como la relación entre el escurrimiento directo y la intensidad promedio de la precipitación de una tormenta.

$$C_e = \frac{V_E}{V_P}$$

Módulo Relativo

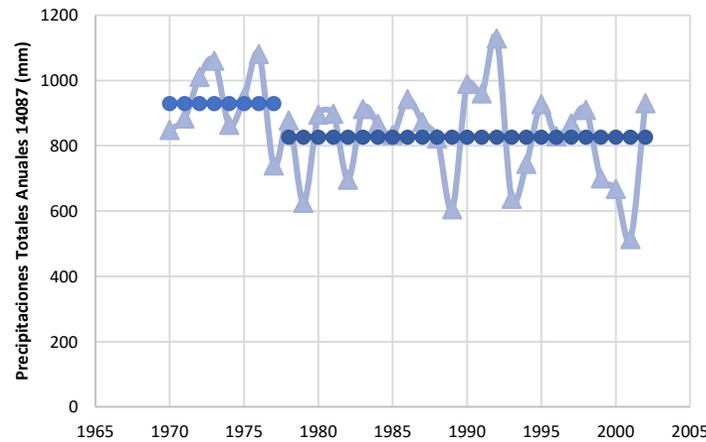
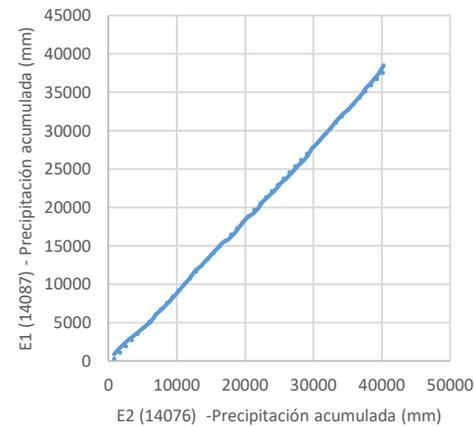
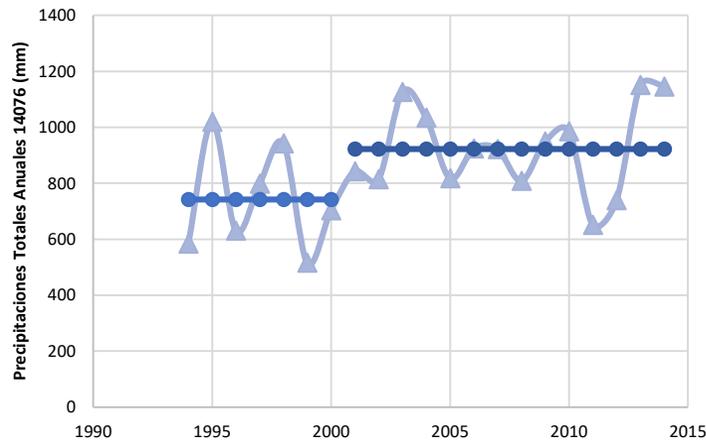
El módulo relativo permite comparar el caudal de diversas cuencas, siendo sus superficies distintas (Sánchez, 2017), con valores entre 5 y 15 litros/seg·km².

$$M_r = \frac{M}{S}$$



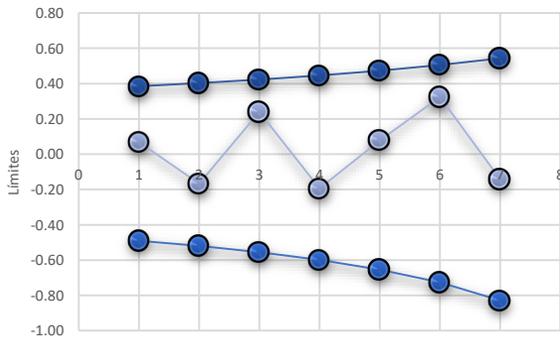
Resultados

-Datos Meteorológicos-

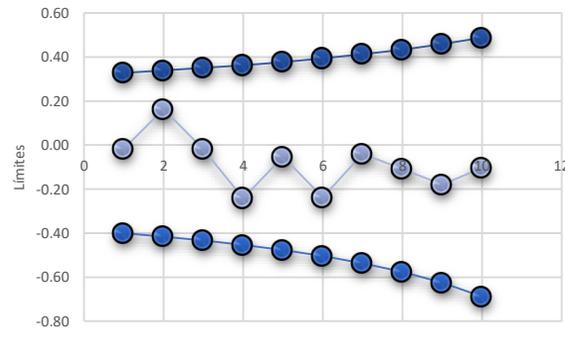


Prueba	Estación	
	14076	14087
Secuencias	Homogénea	Homogénea
Helmert	Homogénea	Homogénea
Curva Masa Doble	Homogénea	Homogénea
t de Student	Homogénea*	Homogénea*
Cramer	No homogénea**	Homogénea**
Wald - Wolfowitz	Homogénea***	Homogénea***
Límites de Anderson	Independiente****	Independiente****

Límites de Anderson E.M. 14076



Límites de Anderson



* Nivel de significancia del 5% para una cola.

** Nivel de significancia del 5% para dos colas.

*** Nivel de significancia del 10%

**** Nivel de significancia del 5%.

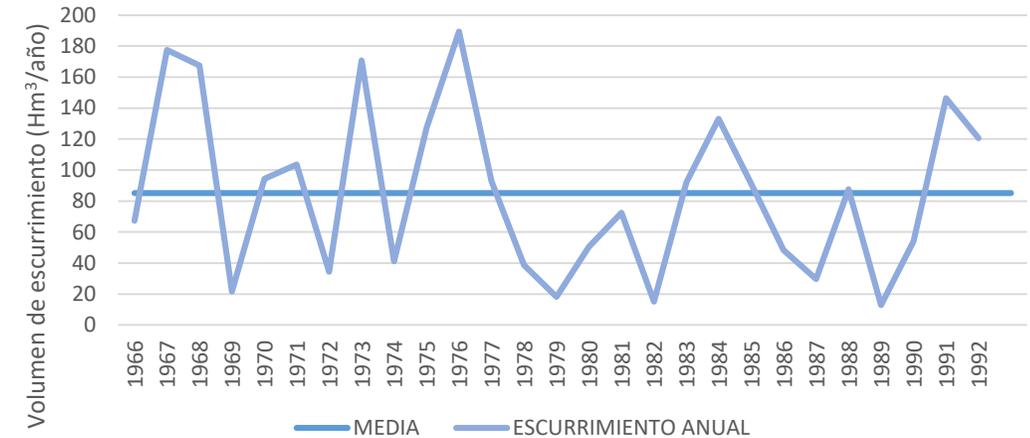
Se recomienda iniciar por las pruebas generales, y si existe discrepancia de resultados entonces se recomienda la aplicación de al menos una tercera prueba específica que pueda ayudar en la validación de la homogeneidad de la serie.

Resultados

-Datos Hidrométricos-

La serie no presenta saltos marcados a lo largo del tiempo, en el periodo de 1977 a 1983, se tiene un decremento del volumen de escurrimiento muy poco perceptible. Sin embargo y pese a que se cuenta con información antigua, cabe mencionar que dentro de la cuenca no se tiene ninguna obra de control, por lo que el cauce del arroyo corre sin alteraciones, lo que nos indica que la cuenca se encuentra a régimen natural.

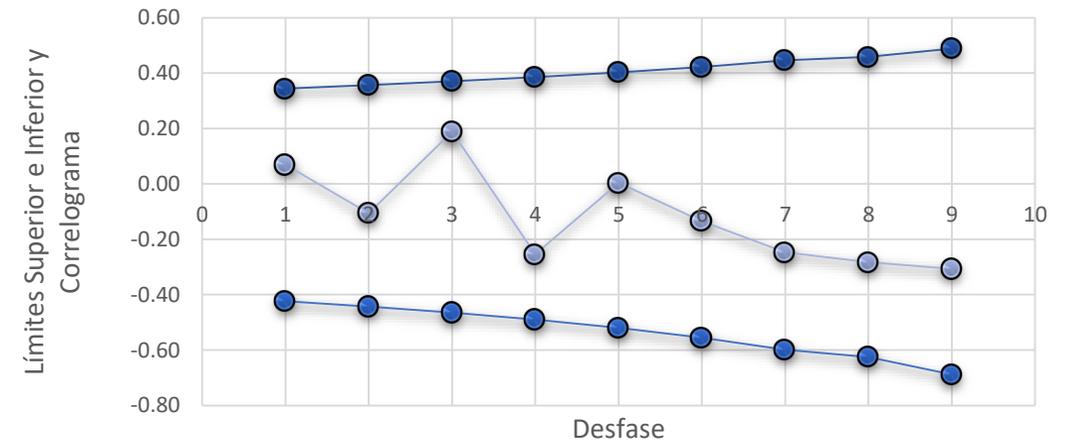
ESCURRIMIENTOS ANUALES



Prueba	Estación Meteorológica 12607
Secuencias	Homogénea
Helmert	Homogénea
Límites de Anderson	No Persistente
Ce & K	0.3149
$M_r (l/s \cdot km^2)$	9.34

Como se puede observar, la estación no es persistente, sin embargo, es conveniente recordar que esto no es un impedimento para seguir utilizando la estación.

Límites de Anderson



Conclusiones

El desarrollo de este trabajo permitió generar una metodología para el tratamiento de series de precipitación y caudales medios provenientes de las estaciones meteorológicas e hidrométricas, así mismo, el objetivo también es aportar fiabilidad a los datos para que puedan brindar certeza en su aplicación para fines de modelación u otros objetivos.

Este trabajo muestra un procedimiento claro para la evaluación de las propiedades que caracterizan a cada tipo de serie, tales como la homogeneidad y la independencia.

La metodología aporta un conjunto de criterios establecidos que permiten la selección de las mejores estaciones tanto meteorológicas como hidrométricas

En el marco de la metodología también se propuso el procedimiento para generación de datos mensuales y anuales de precipitación cuando existen vacíos, realizando lo correspondiente para la generación de datos anuales de caudales medios cuando cuentan con vacíos. Se establecieron criterios para considerar nulo un dato, criterio valioso como punto de partida en el tratamiento de datos con entendimiento del riesgo.

Existe un aporte complementario a la metodología, y es la deducción de datos faltantes necesaria para completar algunos vacíos identificados en la generación. Si bien las metodologías de deducción de datos existen, en este trabajo se plantean criterios, y a partir de esta propuesta, se puede ser arriesgado o conservador en la deducción de datos faltantes.

Referencias

- Anderson, R. (1941). Distribution of the Serial Correlation Coefficient. *The Annals of Mathematical Statistics*.
- Campos Aranda, D. F. (2007). *Estimación y Aprovechamiento del Esguerrimiento*. México: UNAM.
- Costa, A. C., & Soares, A. (2006). Identification in inhomogeneities in precipitation time series using SUR models and the Ellipse test (pp. 419-428). In: *Proceedings of Accuracy 2006*. Caetano, M., & Painho, M. (eds.). 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences. Instituto Geográfico Portugués. Lisbon.
- Chow, V., Maidment, D. R., y Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. Colombia: McGraw Hill.
- Doorembos, J. (1976). *Agro-meteorological field stations: Vol. Irrigation and Drainage Paper No. 27*. Food And Agriculture Organization of the United Nations.
- Guajardo-Panes, R. A., Granados-Ramírez, G. R., Sánchez-Cohen, I., Díaz-Padilla, G., & Barbosa-Moreno, F. (2017). Validación espacial de datos climatológicos y pruebas de homogeneidad: Caso Veracruz, México. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(5), 157–177. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-05-11>
- Martínez P.E., Martínez P., & Castaño S. (2006). *Fundamentos de Hidrogeología*. Ed. Mundi-Prensa, México D.F.
- Mather, J.R. 1975: Estimation of areal average precipitation using different network densities and averaging techniques. Publication in *Climatology*, vol. XXVIII, No. 2, C.W. Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, Elmer, New Jersey
- Salas, J. D., Delleur, J. W., Yevjevich, V., y Lane, W. L. (1980). *Applied Modeling of Hydrologic Time Series*. Colorado: Water Resources Publications.
- Sánchez San Román, F. (2017). *Hidrología Superficial y Subterránea*. España: Createspace Independent Pub.
- Siegel, S. & TRILLAS, EDITORIAL. (2015). *Estadística No Paramétrica* (4.a ed.). Trillas.
- Solera Solera, A., y Andreu Álvarez, J. (2003). *Herramientas y métodos para la ayuda a la decisión en la gestión sistemática de recursos hídricos. Aplicación a las cuencas de los ríos Tajo y Júcar*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Walker, S. (2000). The value of hydrometric information in water resources management and flood control. *Meteorological Applications*, 7(4), 387–397. <https://doi.org/10.1017/S1350482700001626>
- World Meteorological Organization (WMO). (1966). *Climate change* (N.o 79). Secretariat of the WMO.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)