

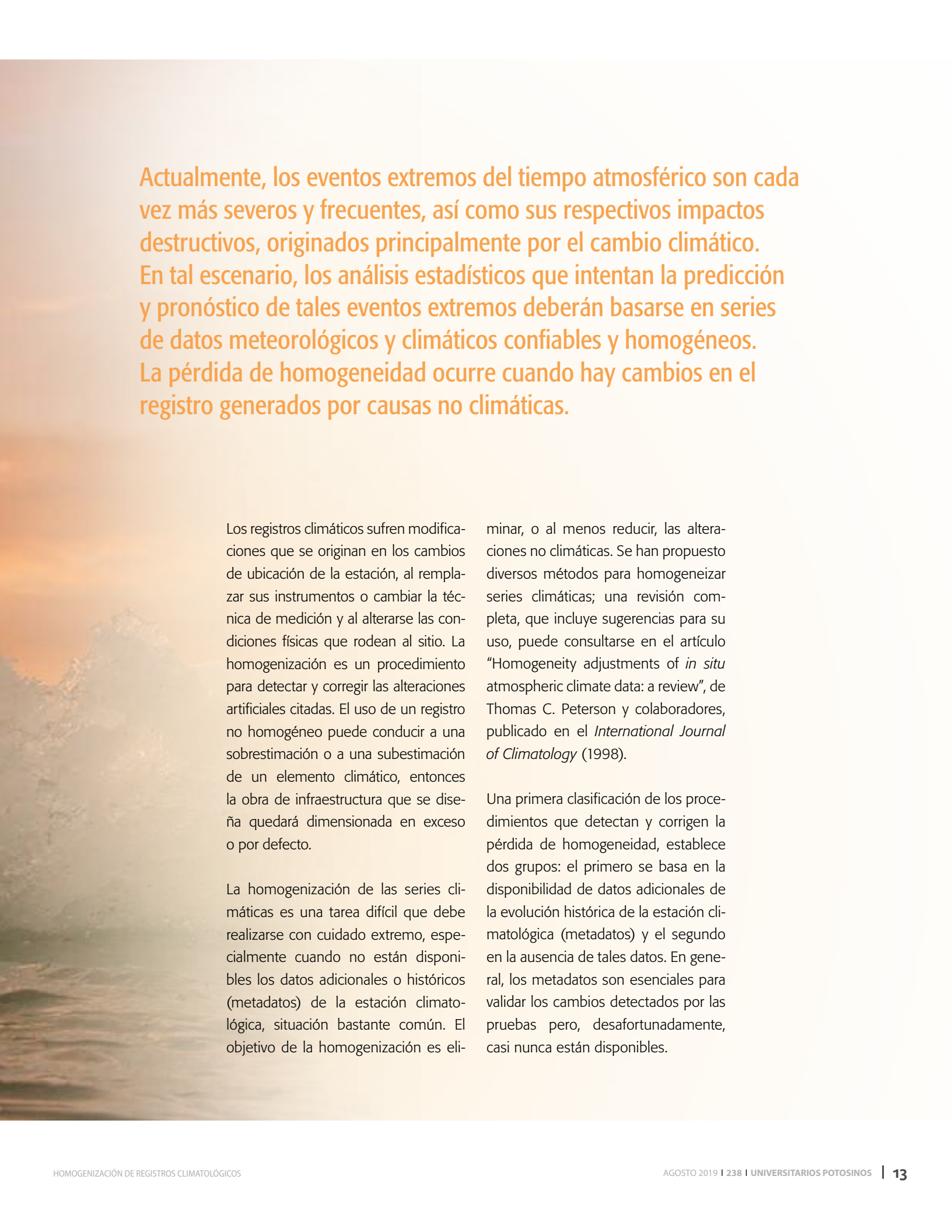
Recibido: 08.03.2019 | Aceptado: 22.06.2019

Palabras clave: Homogenización, registros climatológicos y pruebas.



# Aspectos básicos de la homogenización de registros climatológicos

DANIEL FRANCISCO CAMPOS ARANDA  
*campos\_aranda@hotmail.com*  
PROFESOR JUBILADO DE LA UASLP



Actualmente, los eventos extremos del tiempo atmosférico son cada vez más severos y frecuentes, así como sus respectivos impactos destructivos, originados principalmente por el cambio climático. En tal escenario, los análisis estadísticos que intentan la predicción y pronóstico de tales eventos extremos deberán basarse en series de datos meteorológicos y climáticos confiables y homogéneos. La pérdida de homogeneidad ocurre cuando hay cambios en el registro generados por causas no climáticas.

Los registros climáticos sufren modificaciones que se originan en los cambios de ubicación de la estación, al reemplazar sus instrumentos o cambiar la técnica de medición y al alterarse las condiciones físicas que rodean al sitio. La homogenización es un procedimiento para detectar y corregir las alteraciones artificiales citadas. El uso de un registro no homogéneo puede conducir a una sobrestimación o a una subestimación de un elemento climático, entonces la obra de infraestructura que se diseña quedará dimensionada en exceso o por defecto.

La homogenización de las series climáticas es una tarea difícil que debe realizarse con cuidado extremo, especialmente cuando no están disponibles los datos adicionales o históricos (metadatos) de la estación climatológica, situación bastante común. El objetivo de la homogenización es eli-

minar, o al menos reducir, las alteraciones no climáticas. Se han propuesto diversos métodos para homogeneizar series climáticas; una revisión completa, que incluye sugerencias para su uso, puede consultarse en el artículo "Homogeneity adjustments of *in situ* atmospheric climate data: a review", de Thomas C. Peterson y colaboradores, publicado en el *International Journal of Climatology* (1998).

Una primera clasificación de los procedimientos que detectan y corrigen la pérdida de homogeneidad, establece dos grupos: el primero se basa en la disponibilidad de datos adicionales de la evolución histórica de la estación climatológica (metadatos) y el segundo en la ausencia de tales datos. En general, los metadatos son esenciales para validar los cambios detectados por las pruebas pero, desafortunadamente, casi nunca están disponibles.

Otra clasificación de las técnicas de homogenización las divide en: pruebas absolutas, las cuales emplean exclusivamente la serie o registro bajo análisis, y pruebas relativas, que emplean registros cercanos y correlacionados para formar la serie de referencia. Ambos enfoques son válidos y útiles, pero también exhiben desventajas. Se ha comprobado que las pruebas relativas tienen mejor desempeño, entre ellas destaca en primer término la prueba de homogeneidad normal estándar designada (SNHT, por sus siglas en inglés: standard normal homogeneity test). En cambio, Janet Wijngaard y colaboradores (*International Journal of Climatology*, 2003) citan dos ventajas de las pruebas absolutas: *a)* fácil aplicación en redes de medición poco densas y *b)* son mejores que las pruebas relativas en el estudio de redes con cambios simultáneos, ya que éstas no los detectan.

En México, específicamente en el estado de Veracruz, Rafael Alberto Guajardo-Panes Granados, Sánchez Díaz y Barbosa (2017) han aplicado el enfoque absoluto con las pruebas SNHT, de Pettitt y de Buishand, bajo un esquema de contraste o verificación espacial, para seleccionar estaciones

“  
La  
homogenización  
de los registros  
climatológicos  
permite el  
adecuado diseño  
de infraestructura

climatológicas circunvecinas a la estación que se prueba, dentro de la misma unidad climática.

#### Métodos operativos

Los tres procesos que engloba la homogenización de registros climáticos, son: *a)* detección y corrección de valores dispersos, *b)* técnicas de interpolación de datos faltantes y *c)* detección de la pérdida de homogeneidad y corrección de la serie. Todas las series de datos climáticos son extremadamente sensibles a la presencia de valores erróneos y datos dispersos, por ello, es lo primero que se detecta y corrige. Asimismo, la estimación de datos faltantes ocurre en el nivel mensual, antes de la homogenización y posterior a ésta, cuando intentan completarse series para obtener un periodo común de información.

#### El enfoque absoluto

La detección de registros climáticos no homogéneos bajo el enfoque absoluto es más simple y recomendado en redes de medición dispersas o de poca densidad. Debido a que se prueba la homogeneidad con datos anuales, primero se detectan y corrigen los valores máximos dispersos mensuales, después se deducen los datos mensuales faltantes para com-



pletar años incompletos y, por último, se estiman los valores de los años faltantes.

Para mejorar su efectividad se aplican varias pruebas a cada serie anual de datos, por ejemplo cuatro, y cada registro se clasifica de la siguiente manera: a) confiable, cuando ninguna o sólo una prueba lo encontró no homogéneo; b) menos confiable, cuando un máximo de dos pruebas lo detectan no homogéneo; y c) no confiable, cuando tres o las cuatro pruebas lo encuentran no homogéneo.

### La prueba SNHT

Esta prueba asume que los datos proceden de una distribución normal y acepta que bajo la hipótesis nula los valores anuales de la serie ( $Y_i$ ) de la variable aleatoria  $Y$  que se estudia, son independientes y están idénticamente distribuidos. Bajo la hipótesis alternativa, considera que existe un cambio en la media o punto de quiebre. El estadístico  $T_k$  (es decir, variable cuantificable de la prueba compara la media estandarizada de los primeros  $k$  años del registro contra la relativa a los siguientes  $(n-k)$  años[1.5]:

$$T_k = k \cdot z_1 + (n - k) \cdot z_2^2$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

con 
$$\bar{z}_1 = \left( \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})}{k \cdot S} \right)$$

con 
$$\bar{z}_2 = \left( \frac{\sum_{i=k+1}^n (Y_i - \bar{Y})}{(n - k) \cdot S} \right)$$

### Valores críticos ( $T_k$ ) de la prueba SNHT

n	$\alpha = 5\%$	n	$\alpha = 5\%$	n	$\alpha = 5\%$
20	7.089	40	8.151	70	8.814
30	7.747	50	8.432	100	9.167

Cuadro 1.

En las ecuaciones 2, 3,  $Y$  y  $S$  son la media aritmética y la desviación estándar. Si un punto de quiebre ocurre en el año  $k$ , entonces el estadístico ( $T_k$ ) es máximo o mínimo cerca de tal año y su valor máximo absoluto excede el valor crítico del cuadro 1, el cual es la función del tamaño ( $n$ ) de la serie y del nivel de significancia de la prueba ( $\alpha$ ). La gráfica de  $k$  en las abscisas contra  $T_k$  en las ordenadas, muestra los resultados de la prueba.

### Corrección de la pérdida de homogeneidad

Cuando un punto de quiebre ha sido identificado en un registro de la variable climática  $Y$ , los datos previos a tal cambio son corregidos, al multiplicarlos por el siguiente factor:

$$f = \frac{\bar{Y}_d}{\bar{Y}_a}$$

### Datos parciales de la precipitación anual original ( $Pa$ ) y corregida ( $Pac$ ) en milímetros y valores ( $T_k$ ) de la prueba SNHT en la estación pluviométrica analizada

No.	$Pa$	$T_k$	$Pac$	No.	$Pa$	$T_k$
1	642	1.59	764.8	25	821	30.38
5	677	1.92	806.4	30	747	28.95
10	631	6.21	751.6	35	784	21.87
15	648	15.13	771.9	40	768	17.62
20	635	27.01	756.4	45	839	12.22
24	657	33.80	782.6	50	882	0.00

Tabla 1.

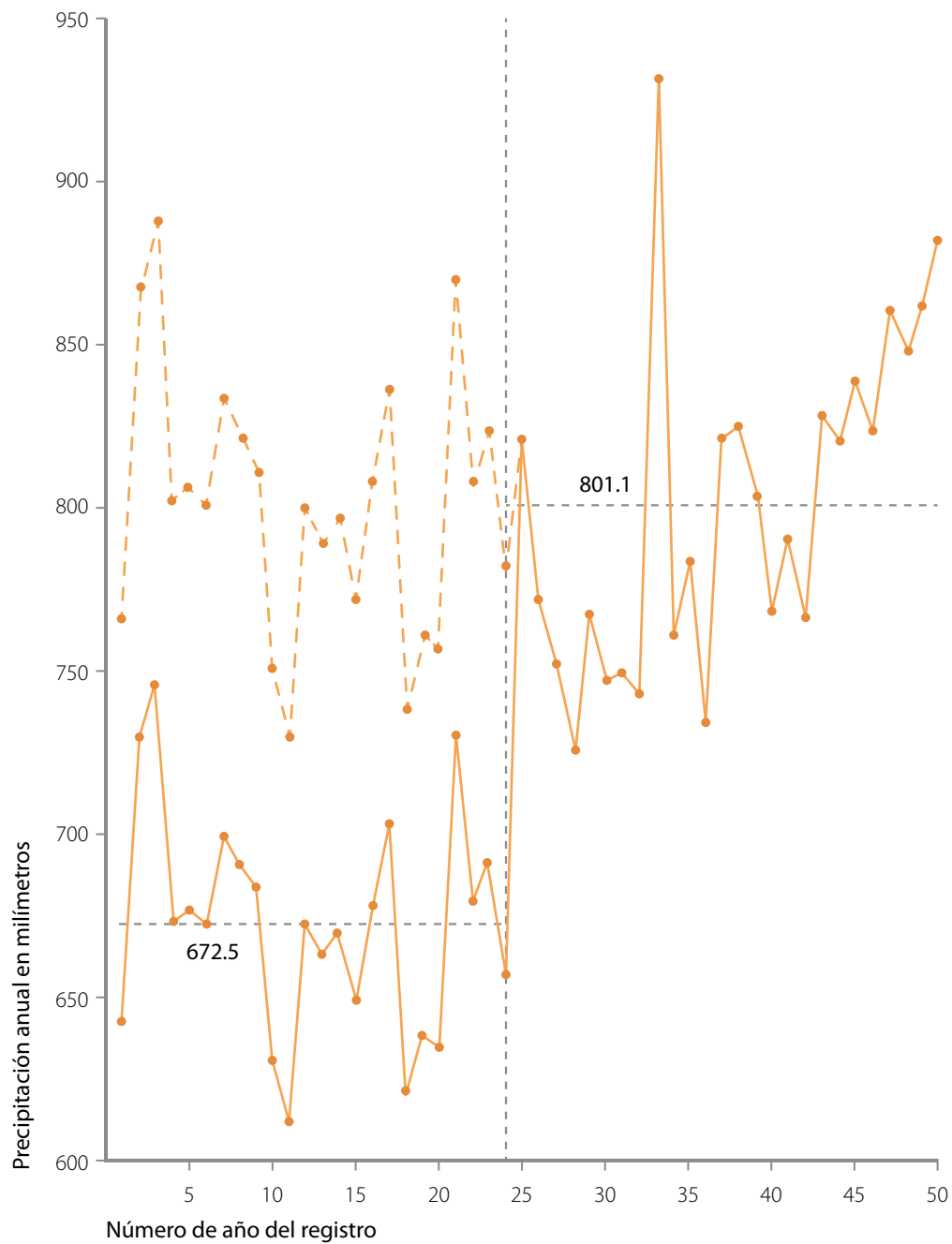


Figura 1.

Series cronológicas de precipitación anual original (línea continua) y de sus valores corregidos (línea punteada), así como año del cambio en la media según prueba SNHT (línea raya-punto) del ejemplo numérico.

Siendo,  $\bar{Y}$  y  $\bar{Y}$  las medias de los valores anuales de  $Y$  después y antes del cambio. Margarita Syrakova y Milena Stefanova (*International Journal of Climatology*) expusieron en 2009 cómo se realiza la corrección de registros climáticos que son contrastados con pruebas relativas.

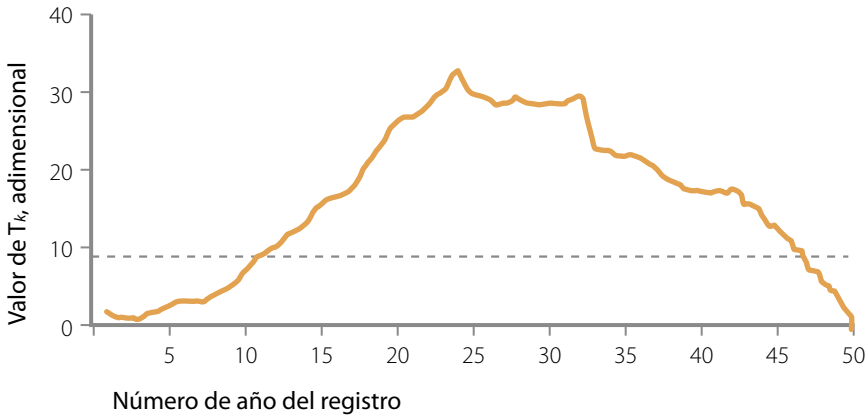


Figura 2.

Valores del estadístico  $T_k$  de la prueba SNHT del ejemplo numérico.

### Ejemplo numérico

En la figura 1 se muestra un registro de precipitación anual con 50 datos, cuyos datos parciales se tienen en la tabla 1, así como los resultados de la aplicación de la ecuación 1, o valores del estadístico  $T_k$  de la prueba SNHT.

En la figura 2 se muestran los resultados de la prueba SNHT, definiéndose claramente un punto de quiebre en el año número 24, ya que  $(T_k)_{max} = 33.80 \gg (T_k)_c = 8.432$ . El factor de corrección (ecuación 4), queda definido por el cociente entre las medias de los tramos reciente (801.1 milímetros, mm) y del inicio (672.5 mm) y resultó igual a 1.1912. Los valores de precipitación anual corregidos ( $P_{ac}$  en tabla 1) también se muestran en la figura 1.

### Conclusión

Los métodos de homogenización han sido desarrollados para reducir el impacto de las alteraciones no climáticas en los registros de las estaciones climatológicas. Tales impactos proceden de

cambios en la ubicación de la estación, en el equipo utilizado y en la técnica de medición, así como por las alteraciones que sufre su entorno. Debido a que la información histórica sobre los cambios ocurridos en la estación climatológica generalmente no están disponibles, se recurre a aplicar pruebas estadísticas para detectar puntos de quiebre que implican cambios en la media y, por lo tanto, pérdida de homogeneidad del registro. **UP**

### Referencias bibliográficas:

- Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6(6), pp. 661-675.
- Guajardo-Panes, R. A., Granados-Ramírez, G. R., Sánchez-Cohen, I., Díaz-Padilla, G. y Barbosa-Moreno, F. (2017). Validación espacial de datos climatológicos y pruebas de homogeneidad: caso Veracruz, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(5), pp. 157-177.
- Peterson, T. C., Easterling, D. R., Karl, T. R., Groisman, P., Nichols, N., Plummer, N., et al. (1998). Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *International Journal of Climatology*, 18(13), pp. 1493-1517.
- Syrakova, M. y Stefanova, M. (2009). Homogenization of Bulgarian temperature series. *International Journal of Climatology*, 29(12), pp. 1835-1849.
- Wijngaard, J. B., Klein Tank, A. M. G. y Können, G. P. (2003). Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology*, 23(6), pp. 679-692.



### DANIEL FRANCISCO CAMPOS ARANDA

Realizó el Doctorado en Ingeniería con especialidad en Aprovechamientos Hidráulicos en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Obtuvo la medalla Gabino Barreda que otorga la UNAM y el Premio Nacional Francisco Torres H. de la Asociación Mexicana de la Hidráulica. Actualmente es profesor jubilado de la UASLP.

