

Validación espacial de datos climatológicos y pruebas de homogeneidad: caso Veracruz, México

• Rafael Alberto Guajardo-Panes •

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México

• Guadalupe Rebeca Granados-Ramírez •

Universidad Nacional Autónoma de México

• Ignacio Sánchez-Cohen* •

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera, México

*Autor para correspondencia

• Gabriel Díaz-Padilla • Finlandia Barbosa-Moreno •

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México

DOI: 10.24850/j-tyca-2017-05-11

Resumen

Guajardo-Panes, R. A., Granados-Ramírez, G. R., Sánchez-Cohen, I., Díaz-Padilla, G., & Barbosa-Moreno, F. (septiembre-octubre, 2017). Validación espacial de datos climatológicos y pruebas de homogeneidad: caso Veracruz, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(5), 157-177.

La fiabilidad de la información climática es sustancial en cualquier tipo de investigación, por ello es importante implementar herramientas y metodologías que permitan identificar datos que contengan errores, ya sea por la toma de datos, fallas en los sensores de los instrumentos, por la transcripción de la información y/o por la reubicación de las estaciones. En el presente trabajo se describe una propuesta metodológica para validar e identificar registros anómalos de precipitación, y temperatura mínima y máxima diaria. La propuesta detalla el desarrollo de una metodología que permitió seleccionar estaciones con información mínima necesaria, verificar su congruencia lógica, el proceso de un esquema de validación espacial y la aplicación de pruebas de homogeneidad normal estándar (SNHT), Pettitt y Buishand, para validar datos climatológicos, y comprobar la homogeneidad de datos de precipitación y temperaturas registrados en estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) ubicadas en el estado de Veracruz y áreas aledañas. Se observó que 72% de las estaciones con información de precipitación cumple el criterio de homogeneidad; en contraste, para la temperatura mínima y máxima, sólo el 31 y 30% de las estaciones cumplió dicho criterio. Lo anterior permitió fundamentar que es posible que los datos sean homogéneos, sin considerar ciclos o condiciones estacionales; sin embargo, es recomendable incluir el empleo de las pruebas sugeridas, tomando en

Abstract

Guajardo-Panes, R. A., Granados-Ramírez, G. R., Sánchez-Cohen, I., Díaz-Padilla, G., & Barbosa-Moreno, F. (September-October, 2017). *Spatial validation of climatological data and homogeneity tests: The case of Veracruz, Mexico*. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*, 8(5), 157-177.

Given that the reliability of climate information is crucial for any type of research, it is important to use tools and methodologies that identify erroneous data resulting from data collection, faulty instrument sensors, transcription of information, and the relocation of stations. This paper describes a methodology to validate and identify anomalous records of rainfall and low and high daily temperatures. It presents: the development of a methodology to select stations based on the least possible amount of information, and verify its logical coherence; the development of a spatial validation process; and the use of the Pettitt and Buishand Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) to validate climatological data and to test the homogeneity of data recorded at National Weather Service (SMN) stations located in the state of Veracruz and surrounding areas. In terms of rainfall data, we found that 72% of the stations met the homogeneity criterion, while for low and high temperatures only 31 and 30% met the criterion. Therefore, the data may be homogeneous, without taking into account seasonal cycles or conditions. Nevertheless, it is recommended that the suggested tests be used, taking into account cold and/or hot periods and any possible relationships with the dependence on rainfall (wet and/or dry periods).

Keywords: Homogeneity of variance test, Standard Normal Homogeneity Test (SNHT), Pettitt, Buishand, rainfall, temperature and validation data weather.

cuenta los periodos de frío y/o calor, o bien la relación que exista con la dependencia de la precipitación (periodos húmedos y/o secos).

Palabras clave: pruebas de homogeneidad de varianza, prueba de homogeneidad normal estándar (SNHT), Pettitt, Buishand, precipitación, temperatura y validación.

Recibido: 07/01/2016

Aceptado: 27/03/2017

Introducción

La información climática debe ser representativa y precisa del lugar donde las estaciones climatológicas se encuentran ubicadas para realizar estudios relacionados con la predicción meteorológica y climática, permitiendo que se reduzcan los riesgos de desastre o realizar predicciones a diferentes plazos para minimizar los riesgos de desastre que pueden generarse por eventos de inundación, heladas, sequías o el cambio climático; los registros de información climática deben guardar comportamientos homogéneos (Cao & Yan, 2012). Los datos climáticos pueden no representar la variación del tiempo actual por fallas en los instrumentos de medición, errores que se ocasionan de forma accidental por la persona responsable en la toma de datos, la ubicación en la que se encuentra la estación, entre otras, dando a lugar a variaciones en datos reales, y provocando que el usuario de información climática obtenga resultados o realice inferencias erróneas. Contar con series de datos meteorológicos de largo plazo bajo condiciones homogéneas resulta de interés en la actualidad para la comunidad científica (Costa & Soares, 2006) y por ello debe ser validada para desarrollar cualquier aplicación. Para alcanzar este objetivo es necesario aplicar metodologías de verificación y tratamiento que permitan identificar las estaciones que cumplen el supuesto de homogeneidad en variables de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación.

Objetivo

En este trabajo se desarrolla una propuesta metodológica para verificar que datos climáticos diarios registrados por estaciones del Servicio

Meteorológico Nacional (SMN) del estado de Veracruz y estados aledaños cuentan con un comportamiento homogéneo mediante la implementación de tres pruebas: homogeneidad normal estándar (SNHT), Pettitt y Buishand.

Antecedentes

Los investigadores con experiencia en el análisis de datos han citado el uso de estas pruebas que han empleado información climática de diversas latitudes del planeta, tal es el caso de Dhorde y Zarenistanak (2013), que utilizaron las pruebas de Pettitt, la prueba de homogeneidad normal estándar y la prueba de homogeneidad normal estándar desarrollada por Alexanderson y Moberg para determinar la homogeneidad en series de temperatura y precipitación tanto en periodos estacionales como anuales en la República Islámica de Irán. La aplicación de estas pruebas permitió clasificar las estaciones en útiles, dudosas y sospechosas. Las estaciones clasificadas como útiles presentaron como máximo una inhomogeneidad en las tres pruebas aplicadas; las que se especificaron como dudosas fueron aquellas que registraron dos condiciones de inhomogeneidad; las catalogadas como sospechosas contaron con tres condiciones de inhomogeneidad. Se estableció como conclusión que las series de precipitación y temperatura de las 20 estaciones consideradas en el estudio presentaron condiciones homogéneas. Ahmad y Deni (2013) reportan haber empleado pruebas de homogeneidad normal estándar; rangos de Buishand, de Pettitt y de razón de Von Neumann para probar homogeneidad en datos diarios de precipitación en series registradas de estaciones ubicadas en la Malasia peninsular y detectaron que de las 59 estaciones consideradas

en el estudio, el 22% presentó condiciones de inhomogeneidad y el 78% de homogeneidad. En el continente europeo, Stepánek, Zahradnicek y Farda (2013) llevaron a cabo todo un proceso completo de verificación de calidad de información y homogeneización de registros del tiempo en estaciones ubicadas en la República Checa, aplicaron la prueba de homogeneidad normal estándar, la prueba bivariada de Maronna y Yohai, y la prueba de Easterling y Peterson. Estas pruebas consideraron los registros mensuales, estacionales y anuales de precipitación; el empleo de tales intervalos permitió contar con diversidad de resultados. En la zona del mar Mediterráneo, específicamente en la región de la Campania, al sur de Italia, Longobardi y Villani (2009) aplicaron las pruebas *t* de Student y una modificación de la prueba de Ward para comprobar la homogeneidad en series de precipitación en el periodo 1981-1999, a fin de estudiar tendencias de variación. En el sur de Portugal, Costa y Soares (2006) implementaron las pruebas de homogeneidad normal estándar, de rangos de Buishand y de Pettitt a datos de precipitación. Como resultado, 13 estaciones cuentan con información homogénea, mientras que otras 15 no cuentan con esta condición. En 2001, Tuomenvirta empleó la prueba de homogeneidad normal estándar desarrollado por Alexandersson (1986) para analizar tres conjuntos de datos: medias anuales de temperatura para el periodo 1961-1990 en Finlandia; series de temperatura y precipitación monitoreadas en el Atlántico Norte, y series de temperatura mínimas y máximas diarias correspondientes al periodo 1910-1995. Se encontró que los registros de medias anuales de temperatura y las series diarias de temperaturas mínimas y máximas no mostraron comportamientos homogéneos debido a la reubicación de estaciones, sin considerar el sitio original de su ubicación para minimizar dichos cambios. Sin embargo, para el conjunto de datos de precipitación y temperatura registrados en el Atlántico Norte, no se presentaron cambios significativos en los registros. Pérez et al. (2011), en Argentina, comprobaron la existencia de cambios abruptos en series de precipitación

anual en el periodo 1921-2004 de 17 estaciones en un área de transición de clima templado húmedo en el este y estepa en el oeste. Las pruebas empleadas fueron Buishand y Pettitt, sus resultados mostraron que se registró un aumento de la precipitación anual en la década de 1960 en estaciones ubicadas en el sur de la zona de estudio, mientras que en el norte se presentaron aumentos en la década de 1970. Guentchev, Barsugli y Eischeid (2010) dieron a conocer una opción metodológica en donde se emplean las pruebas de Alexandersson, la prueba de rangos de Buishand, la prueba de Pettitt y la prueba de Von Neuman, para verificar tres conjuntos de datos de precipitación reticulares en los estudios de la cuenca superior del río Colorado. Los resultados indicaron que las series de tiempo son suficientemente homogéneas para el análisis de la variabilidad en el periodo 1950-1999, cuando se agrega en una escala subregional. Naulier et al. (2015) emplearon la prueba de Buishand para analizar las tendencias de temperatura en Canadá nororiental a registros dendrocronológicos y encontraron que los veranos se volvieron más cálidos después de 1975 y un incremento de los grados día durante la última década (2000-2010). En México, López, Sánchez y Vargas (2013) usaron la prueba de Pettitt, la de homogeneidad normal estándar (SNHT), Buishand y la de Von Neumann, para verificar la homogeneidad de los datos empleados en la caracterización climatológica de la cuenca baja del río Bravo, Tamaulipas. Por otro lado, García (2013) utilizó las pruebas Pettitt, homogeneidad normal estándar, Buishand, Von Neumann y *t* de Student para probar homogeneidad y detectar puntos de cambio en la media para el análisis de la distribución de gastos máximos anuales en la república mexicana. Dada la importancia que implica contar con información climática confiable, el presente trabajo tiene como objetivo describir una propuesta metodológica para validar datos climatológicos, y comprobar la homogeneidad de datos de precipitación y temperatura registrados en estaciones del SMN ubicadas en el estado de Veracruz y en áreas aledañas.

Metodología

Delimitación geográfica del área de estudio

Se utilizaron datos de estaciones del SMN, que es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local de México. La información se obtuvo a través de la aplicación desarrollada por dicho organismo para *Google Earth* (Conagua-SMN, 2014), donde se despliegan en total 5 420 estaciones climatológicas clasificadas en dos categorías: en operación (3 200) y suspendidas (2 220), las cuales se distinguen en color amarillo y rojo, respectivamente. La información se extrajo en formato "kmz" y se exportó a formato "shape" para facilitar su manejo en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se clasificaron las estaciones con base en su incidencia dentro de la cobertura vectorial de las unidades climáticas (INEGI, 2014). Dada la importancia de incluir en su totalidad el territorio de Veracruz, se delimitó un área adicional de 20 km en relación con el límite político del estado, para incluir estaciones de apoyo ubicadas en los estados vecinos de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Tabasco, así como considerar un área representativa de la precipitación en dichos estados, pues de acuerdo con Cruz (2013), los datos de precipitación son representativos en una distancia de 10 km.

Selección de estaciones con información mínima necesaria

Se emplearon registros diarios de temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$), temperatura mínima ($T_{\text{mín}}$), y precipitación (Pp) de cada una de las estaciones; el periodo de tiempo considerado es desde que inició operaciones hasta su última fecha de registro. Para que la estación fuera considerada en el análisis, se seleccionaron aquellas que cumplieran los siguientes requisitos mínimos: 1) contar con al menos 25 años de información; 2) tener al menos 80% de registros históricos, y 3) que la estación no haya dejado de operar antes del año 2000.

Congruencia lógica o integridad de los datos

Conformada la base de datos climatológica de las estaciones de interés, se desarrollaron rutinas en macros de Excel, con el compilador *Visual Basic*, para verificar los siguientes criterios lógicos: 1) Pp mayores o iguales a 0; 2) $T_{\text{máx}}$ mayores a temperaturas mínimas ($T_{\text{mín}}$); 3) $T_{\text{mín}}$ menores a temperaturas máximas ($T_{\text{máx}}$), y 4) verificar que los registros se registren en fechas congruentes.

Los datos que no cumplieron los criterios fueron reemplazados con el valor -99, el cual se identifica como valor faltante en procesos posteriores.

Validación espacial de la información

Otro filtro empleado para verificar la información climática fue la validación espacial, que se realizó considerando lo expuesto en la norma UNE 500540:2004, y que describen Estévez y Gavilán (2008) como un nivel de validación opcional. El procedimiento consistió en identificar las estaciones vecinas más cercanas a una estación de referencia (figura 1); a cada estación de referencia se calculó un intervalo de confianza de los registros diarios históricos de cada variable climática con base en la expresión:

$$\bar{x} \pm z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

donde \bar{x} es el promedio y s la desviación estándar de las variables $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$ o Pp ; n , el número de datos en la serie de datos climáticos, y $z_{\alpha/2}$ es el valor estadístico 2.58 de la curva normal de frecuencias asociado con un nivel de confianza de 99% o significancia de 1% ($\alpha = 0.01$) (Steel & Torrie, 1985).

Los valores registrados en las variables $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$ o Pp que no se encontraron dentro de los intervalos de confianza se reemplazaron con el valor -99 para identificarlo como valor faltante en procesos posteriores (figura 1 y cuadro 1).

Al igual que en el apartado anterior, para realizar la validación espacial, se desarrollaron

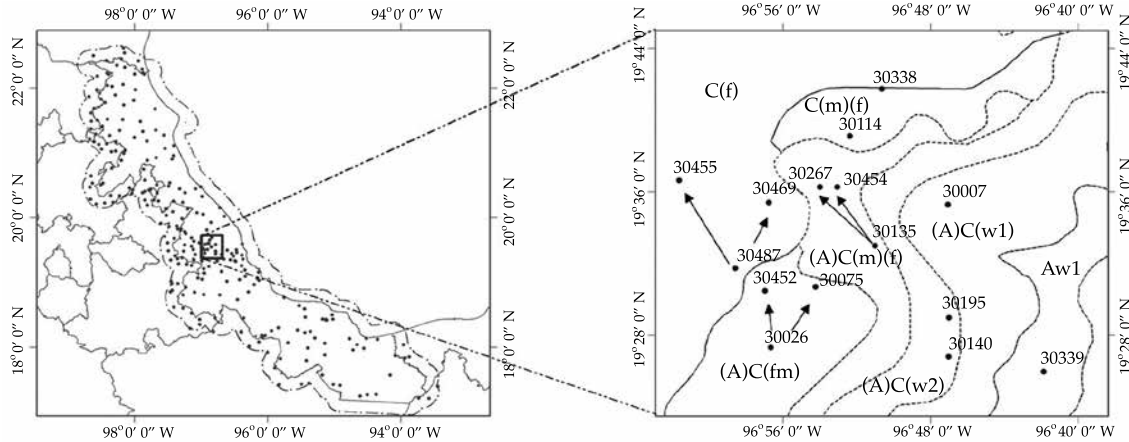


Figura 1. Identificación de estaciones vecinas cercanas a una estación de referencia.

rutinas en macros de Excel con el compilador *Visual Basic*; se consideraron grupos de no más de cinco estaciones por cada estación de referencia ubicadas dentro de un perímetro de 50 km y situadas dentro de la misma unidad climática.

Aplicación de pruebas de homogeneidad

Las pruebas empleadas en este trabajo fueron: 1) homogeneidad normal estándar (SNHT); 2) Pettitt, y 3) Buishand, las cuales se describen brevemente a continuación, junto con sus estadísticos de prueba de acuerdo con lo planteado por Ahmad y Deni (2013):

1. Homogeneidad normal estándar (SNHT), por sus siglas en inglés, desarrollada por Alexandersson (Alexandersson, 1986) y que modificó con Moberg (Alexandersson & Moeberg, 1997); un valor $T(d)$ compara el promedio de los primeros d años registrados con los últimos $(n - d)$; este valor se obtiene con la expresión:

$$T_d = d\bar{z}_1 + (n - d)\bar{z}_2 \text{ para } d = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

donde:

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d (y_i + \bar{y}) \text{ y } \bar{z}_2 = \frac{1}{n-d} \sum_{i=d+1}^n (y_i - \bar{y}) \quad (3)$$

Un valor alto de T en un año d indica una variación "brusca". El estadístico de prueba T_0 se define como:

$$T_0 = \max_{1 \leq d \leq n} T(d) \quad (4)$$

2. Pettitt, prueba no paramétrica, que se basa en rangos y hace caso omiso de la normalidad de la serie. Se basa en el orden de rangos de los valores y_i . El estadístico que se emplea se define como:

$$X_d = 2 \sum_{i=1}^d r_i - d(n+1) \text{ para } d = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

y un valor en el año m que cumple la condición:

$$X_m = \max_{1 \leq d \leq n} |X_d| \quad (6)$$

es una variación fuerte en la serie (Pettitt, 1979).

3. Buishand, por su origen bayesiano, puede ser empleada en variables con cualquier tipo de distribución y propone identificar un cambio en la media de la serie de datos. El estadístico se define como:

$$S_0^* = 0 \text{ y } S_d^* = \sum_{i=1}^d (y_i - \bar{y}) \text{ para } d = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Cuadro 1. a) Registro histórico diario de una estación de referencia de las variables $T_{máx}$, $T_{mín}$ y Pp ; b) registros diarios de las estaciones vecinas.

a)

Estación	Histórico		$T_{máx}$		$T_{mín}$		Pp	
	Mes	Día	LI	LS	LI	LS	LI	LS
30026	1	1	15.13	39.46	6.04	26.79	0.00	8.53
30026	1	2	16.15	39.63	6.95	25.25	0.00	6.03
30026	...	...	...	...	...	...	...	...
30026	1	30	17.26	39.04	4.84	27.38	0.00	13.94
30026	1	31	18.00	39.39	5.69	26.08	0.00	7.75
30026	2	1	17.55	39.34	6.80	25.62	0.00	0.00
30026	2	2	16.64	40.45	6.10	25.48	0.00	0.47
30026	...	...	...	...	...	...	...	...
30026	2	28	16.81	40.70	5.77	26.23	0.00	3.10
30026	2	29	17.38	40.72	5.83	26.79	0.00	2.10
30026	.	.	.	.	.	.	.	.

30026	12	1	18.54	38.61	6.98	27.59	0.00	11.20
30026	12	2	18.15	38.88	5.68	28.45	0.00	21.50
30026	...	...	...	...	...	...	...	...
30026	12	30	13.58	41.47	4.67	26.97	0.00	5.05
30026	12	31	15.71	39.54	4.57	26.68	0.00	5.16

b)

Estación	Año	Mes	Día	$T_{máx}$	$T_{mín}$	Pp
30075	1961	1	1	23.50	20.00	0.00
30075	...	...	...	...	...	...
30075	2009	1	1	26.00	15.50	0.00
30075	1961	1	2	25.50	19.00	0.00
30075	...	...	...	...	...	...
30075	2009	1	2	27.50	15.50	0.00
30075	...	...	...	...	...	...
30075	1961	1	31	23.00	16.00	0.00
30075	...	...	...	...	...	...
30075	2009	1	31	22.00	18.00	0.00
30075	...	...	...	...	...	...
30075	1961	12	1	26.00	18.50	0.90
30075	...	...	...	...	...	...
30075	2009	12	31	27.00	16.50	0.00
30452	1956	1	1	26.50	20.00	0.00
30452	...	...	...	...	...	...
30452	2007	1	1	29.00	15.00	5.50
30452	1955	1	2	23.00	16.00	9.20
30452	...	...	...	...	...	...
30452	2007	1	2	31.50	12.50	0.00
30452	1955	1	31	25.50	15.50	61.80
30452	...	...	...	...	...	...
30452	2007	1	31	30.00	19.00	0.00
30452	1955	12	1	30.00	20.00	0.00
30452	...	...	...	...	...	...
30452	2005	12	31	29.00	17.00	3.50

La prueba se define como:

$$Q = \max_{0 \leq d \leq n} \left| \frac{s_d^*}{s} \right| \quad (8)$$

Otro estadístico de prueba que puede emplearse es el rango que calcula la diferencia entre el valor mínimo y máximo de las sumas parciales ajustadas. La fórmula es:

$$R = \frac{\left(\max_{0 \leq d \leq n} s_d^* - \min_{0 \leq d \leq n} s_d^* \right)}{s} \quad (9)$$

es importante agregar que Buishand propone valores críticos Q/\sqrt{n} y R/\sqrt{n} para las pruebas de homogeneidad (Buishand, 1982).

El juego de hipótesis planteadas en las tres pruebas son las siguientes:

H_0 : los datos son homogéneos.

versus

H_a : hay una fecha en la que hay un cambio en los datos.

El nivel de significancia planteado es $\alpha = 0.05$, es decir, la probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera (error de tipo I) es de 5% (Ramírez & López, 1993).

Las pruebas se realizaron a las variables T_{\max} , T_{\min} y Pp de cada estación con la aplicación XLSTAT en su versión de prueba, mediante el cual se obtuvieron los valores p (p -value) correspondientes; se identificaron los años en los que se presentó un cambio abrupto en los datos cuando la H_0 fue rechazada, y se realizó un concentrado de resultados para clasificar las estaciones en tres clases, como lo llevaron a cabo Schonwiese y Rapp (1997), y Wijngaard, Klein y Konnen (2003).

En la clase 1 se agrupan estaciones cuyas pruebas de hipótesis nula fueron rechazadas a lo más en una de las tres pruebas, por tanto se considera que la información es confiable. Cuando las estaciones presentaron como máximo dos hipótesis nulas, las estaciones se consideraron

en la clase 2 y la información se puede considerar como medianamente confiable. En la clase 3 se agruparon estaciones en que se rechazaron tres hipótesis nulas, por lo cual la información se consideró como no confiable.

Resultados

Estaciones incluidas en el área de estudio

En el estudio se incluyeron 260 estaciones ubicadas en el área de estudio: 162 son del estado de Veracruz y 98 de estados circunvecinos, las cuales se identifican de apoyo para procesos geoestadísticos y de validación. Estas estaciones fueron clasificadas de acuerdo con su ubicación en unidades climáticas, observando que 35% de las estaciones incide en climas subhúmedos, el 25% en climas húmedos y el 18% en climas semicálidos húmedos. Dicha clasificación se consideró en la validación espacial de los datos diarios.

Estaciones con información mínima necesaria

En cuanto a la verificación de información mínima necesaria, se observó que 226 (87%) no han dejado de operar antes del año 2000, contienen al menos 25 años de información y los registros históricos no superan el 20%. La figura 2 muestra un panorama general de las condiciones de las estaciones climáticas en cuanto al inicio (línea punteada) y fin (línea continua) de los registros históricos (línea discontinua), y el total de años con información de T_{\max} , T_{\min} y Pp (área sombreada).

Verificación de congruencia lógica y validación espacial de la información

Se observó que la información no congruente y no válida en relación con sus estaciones de referencia no sobrepasó el 2.83% para la variable T_{\max} ; para el caso de la T_{\min} , no superó el 1.54%; por último, para la variable Pp , la incongruencia y los valores no válidos en relación con sus estaciones vecinas no superó el 4%.

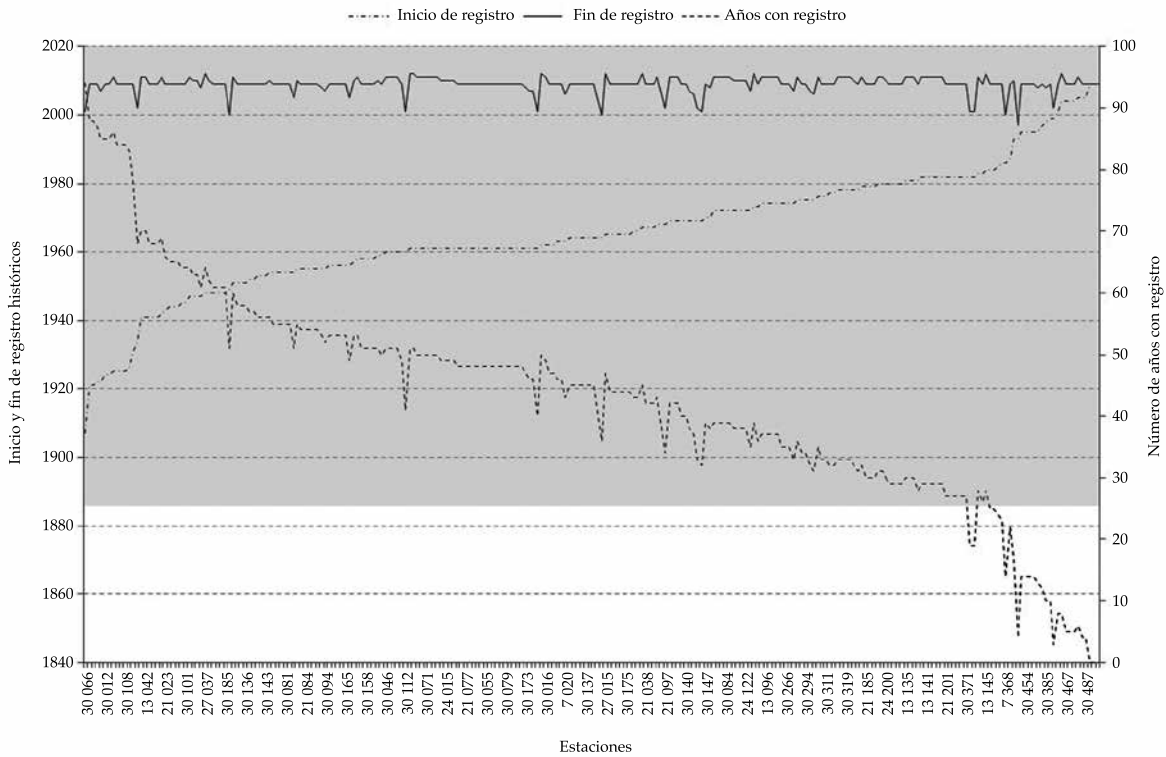


Figura 2. Representación del inicio y fin de registros históricos y número de años con información climática en las estaciones consideradas del área de estudio.

Aplicación de pruebas de homogeneidad

En lo correspondiente a esta etapa, se realizaron las pruebas de SNHT, Pettitt y Buishand a las variables $T_{mín}$, $T_{máx}$ y Pp de las 226 estaciones; con los resultados obtenidos se clasificaron las estaciones en confiables, medianamente confiables y no confiables. Para la variable Pp , se clasificó el 72% de las estaciones con información homogénea, en tanto que para la $T_{mín}$ y $T_{máx}$ se clasificaron el 31 y 30%, respectivamente. Se observó que los datos correspondientes a la Pp presentaron condiciones de homogeneidad, en tanto que, contrario a lo que se esperaba, los datos de $T_{mín}$ y $T_{máx}$ presentaron mayores condiciones de no homogeneidad. El cuadro 2 muestra las estaciones desagregadas en cuanto a su confiabilidad por variable climática y el estado donde se encuentran ubicadas.

Con el fin de mostrar los resultados generados de las pruebas de homogeneidad para las tres pruebas empleadas se conformaron tres tablas, donde es posible consultar los valores p (p -value) y los años en los que se presentó un cambio abrupto en las variables de $T_{mín}$ (cuadro 4), $T_{máx}$ (cuadro 5) y Pp (cuadro 6), así como la clasificación de la estación con base en el número de H_0 que fueron rechazadas.

En un sentido estricto, se seleccionaron aquellas estaciones que cumplieron con la condición de información confiable. Se observó que para el estado de Veracruz, tan sólo 11 estaciones mostraron comportamientos homogéneos en las tres variables analizadas; para el estado de Puebla fueron seis; para San Luis Potosí se registraron sólo tres, y para el estado de Hidalgo y Oaxaca fueron 2 y 1, respectivamente (cuadro 3 y figura 3).

Cuadro 2. Resultados de pruebas de homogeneidad de varianza por estado.

Variable	Clasificación	Estados								Totales
		Chiapas	Hidalgo	Oaxaca	Puebla	San Luis Potosí	Tabasco	Tamaulipas	Veracruz	
T _{mín}	Confiable		4	4	16	5	1	1	40	71
	Medianamente confiable		2	1	8	1		1	20	33
	No confiable	3	11	4	15	5	2	6	76	122
T _{máx}	Confiable		4	3	18	6	1	1	35	68
	Medianamente confiable	1	3	1	2			3	17	27
	No confiable	2	10	5	19	5	2	4	84	131
P _p	Confiable	2	14	6	23	10	1	7	99	162
	Medianamente confiable	1		3	5				13	22
	No confiable		3		11	1	2	1	24	42

Cuadro 3. Estaciones con información homogénea en la zona de estudio en las variables de T_{máx}, T_{mín} y P_p.

Estación	Estado	Municipio	Longitud	Latitud	Altitud
13140	Hidalgo	Jaltocán	98° 32' 18"	21° 07' 56"	232
13144		Huehuetla	98° 04' 34"	20° 27' 36"	466
20294	Oaxaca	San Juan Bautista Tuxtepec	96° 07' 59"	18° 04' 59"	37
21038	Puebla	Guadalupe Victoria	97° 17' 21"	19° 23' 07"	2 481
21072		Chalchicomula de Sesma	97° 27' 02"	19° 01' 11"	2 586
21129		Cuyoaco	97° 30' 04"	19° 36' 53"	2 574
21142		Venustiano Carranza	97° 40' 05"	20° 30' 37"	161
21154		Esperanza	97° 26' 07"	18° 52' 51"	2 433
21201		Hueytamalco	97° 17' 14"	19° 59' 14"	593
24009	San Luis Potosí	San Martín Chalchicuautla	98° 39' 19"	21° 22' 22"	187
24053		San Martín Chalchicuautla	98° 33' 53"	21° 30' 15"	95
24113		San Vicente Tancuayalab	98° 36' 33"	21° 41' 21"	40
30047	Veracruz	Comapa	96° 41' 47"	19° 10' 20"	550
30089		Las Minas	97° 08' 51"	19° 41' 23"	1 459
30125		Papantla	97° 19' 30"	20° 26' 45"	200
30147		San Juan Evangelista	95° 08' 45"	17° 53' 00"	29
30180		Chicontepec	98° 08' 28"	21° 02' 17"	130
30327		Las Choapas	94° 09' 48"	17° 34' 19"	39
30345		Tantoyuca	98° 10' 39"	21° 30' 48"	94
30350		Citlaltépetl	97° 52' 39"	21° 19' 45"	210
30371		Gutiérrez Zamora	97° 05' 02"	20° 26' 57"	5
30377		Tamiahua	97° 24' 48"	21° 06' 59"	7
30384		Jalacingo	97° 18' 14"	19° 49' 42"	1 749

Cuadro 4. Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a la variable $T_{mín}$ a las estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Buishand		Clasificación
	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	
7020	0.032	1989	0.008	1993	0.010	1990	NC
7106	< 0.0001	1979	< 0.0001	1979	< 0.0001	1979	NC
7112	< 0.0001	1985	0.000	1985	< 0.0001	1985	NC
13011	< 0.0001	1995	< 0.0001	1995	< 0.0001	1995	NC
13015			0.017	1967	0.009	1967	MC
13034	< 0.0001	1989	< 0.0001	1995	< 0.0001	1989	NC
13042	< 0.0001	1976	< 0.0001	1976	< 0.0001	1976	NC
13061	0.0037	2004	< 0.0001	2005	0.0021	2004	NC
13093	0.0004	1976	0.0023	1976	0.0007	1976	NC
13095	0.0001	1996	< 0.0001	1997	< 0.0001	1996	NC
13096	< 0.0001	1989	< 0.0001	1989	< 0.0001	1989	NC
13098	< 0.0001	1986	< 0.0001	1986	< 0.0001	1986	NC
13099							C
13135	0.0005	1998			0.0369	1998	MC
13137							C
13139	< 0.0001	1999	< 0.0001	2008	0.0014	2001	NC
13140	0.0112	1992					C
13141	< 0.0001	1995	0.0008	1995	0.0006	1995	NC
13144							C
13145	< 0.0001	2000	< 0.0001	2001	< 0.0001	2001	NC
20008	0.0001	1979			0.0467	1985	MC
20014	< 0.0001	1981	< 0.0001	1982	< 0.0001	1981	NC
20017			0.0073	2008			C
20029	0.0031	1969	0.0091	1969	0.009	1969	NC
20084	0.0092	1980	< 0.0001	1980	0.0024	1980	NC
20113	< 0.0001	1993	< 0.0001	1997	< 0.0001	1995	NC
20152							C
20189							C
30132	0.0273	1989	< 0.0001	2006	0.0159	1989	NC
30134	0.0107	1992	0.0222	1999	< 0.0001	1999	NC
30136	0.0035	1997	0.0004	2000	0.005	1997	NC
30137	< 0.0001	1989	0.0013	1980	0.0001	1988	NC
30140	0.0385	1995			0.0201	1995	MC
30141	< 0.0001	1989	< 0.0001	1989	< 0.0001	1989	NC
30143	< 0.0001	1971	< 0.0001	1953	0.03	1972	NC
30147			0.0202	2004			C
30148	0.0012	1998	< 0.0001	1998	< 0.0001	1998	NC
30152	< 0.0001	1989	0.002	1994	0.0002	1989	NC
30158	< 0.0001	1979	< 0.0001	1977	< 0.0001	1978	NC
30160	0.0439	1970	0.0037	1968	0.0182	1970	NC
30163	< 0.0001	1950	< 0.0001	1949	< 0.0001	1949	NC
30165							C
30166	0.0015	1989	0.0487	1989	0.0004	1989	NC
30167	0.0001	1985	0.0021	1985	0.0001	1978	NC
30169	0.0052	1971	0.0404	1971	0.007	1971	NC
30171	0.023	1972					C
30173							C
30175	0.004	1998	0.0017	1998	0.0062	1998	NC
30176	< 0.0001	1989	< 0.0001	1989	< 0.0001	1989	NC
30177	< 0.0001	1987	< 0.0001	1987	< 0.0001	1987	NC
30178	< 0.0001	2007					C
30179	0.0007	1978			0.0191	1990	MC
30180	0.020	1990					C
30185			0.0001	2005	0.041	2005	MC
30187	< 0.0001	1984	< 0.0001	1990	< 0.0001	1984	NC
30189	0.0086	2000					C
24113			0.0121	1973			C
24122	0.0309	1990			0.0346	1990	MC
24200							C
27003							C
27015	0.0075	1992	0.0013	2002	0.002	1992	NC
27037	0.0201	1961	0.0056	1961	0.0096	1975	NC
28006	< 0.0001	1997	< 0.0001	1999	< 0.0001	1997	NC
28016	0.0029	1979	< 0.0001	1977	< 0.0001	1978	NC
28055	0.0189	2001	0.0034	1963			MC
28111	0.0001	1989	0.0066	2010	0.0367	1979	NC
28125	0.0004	1989	0.0301	2006	0.016	1989	NC
28138	0.0408	2001	0.0341	2001	0.0464	2001	NC
28147	< 0.0001	1995	< 0.0001	2005	< 0.0001	1995	NC
28175			0.0222	2008			C
30003							C
30006							C
30007	0.001	1997	0.0008	1997	0.0019	1997	NC
30008	0.0002	1980	0.000	1960	0.0007	1980	NC
30011	< 0.0001	1985	0.0001	1985	< 0.0001	1985	NC
30012	0.0004	1970	< 0.0001	1927	0.0094	1971	NC
30013	0.0003	1997	< 0.0001	1998	0.0003	1998	NC
30016	0.0119	1994	0.014	2002	0.0124	1992	NC
30019	0.0013	1990	0.0438	2006	0.0002	1990	NC
30021							C
30022	0.0011	1979			0.019	1979	MC
30025	< 0.0001	1980	< 0.0001	1980	< 0.0001	1980	NC
30026							C
30032	< 0.0001	1980	< 0.0001	1985	< 0.0001	1983	NC

Cuadro 4 (continuación). Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a la variable T_{mín} a las estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Buishand		Clasificación
	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	
20294							C
21009	< 0.0001	1971	0.0001	1971	0.0001	1971	NC
21018	< 0.0001	1974	< 0.0001	1974	< 0.0001	1974	NC
21022							C
21023	0.0094	1996	0.0007	1997	0.0135	1995	NC
21026	< 0.0001	1970	< 0.0001	1968	< 0.0001	1968	NC
21031							C
21032	0.0114	1972					C
21038							C
21040	0.0009	1985			0.0008	1985	MC
21043	< 0.0001	1987	< 0.0001	1989	< 0.0001	1989	NC
21051	0.0016	1986			0.0009	1986	MC
21052							C
21053	0.0265	2002	< 0.0001	2003	0.0018	2002	NC
21056	0.0237	1995			0.0334	1995	MC
21059	< 0.0001	1995	< 0.0001	1995	< 0.0001	1995	NC
21064							C
21067	< 0.0001	1990	0.0009	1990	0.0002	1990	NC
21072							C
21073	0.0293	2004	0.0354	2003	0.0354	2003	NC
21074	< 0.0001	1990	< 0.0001	1990	< 0.0001	1990	NC
21077							C
21084			0.0021	1955	0.0398	1978	MC
21091	0.0133	1974	< 0.0001	1923			MC
21094	< 0.0001	1973	< 0.0001	1984	< 0.0001	1973	NC
21097							C
21114	0.0023	1972	0.0036	1972	0.0019	1972	NC
21117							C
30033	< 0.0001	1986	< 0.0001	1999	< 0.0001	1999	NC
30034	0.0117	2000	0.0056	2000	0.0303	2000	NC
30035			0.0003	2005	0.0429	1975	MC
30037	0.0068	1986	0.0011	1986	0.0016	1986	NC
30041	0.0185	1993	0.0028	1971	0.003	1972	NC
30043	0.0009	1991	0.003	1991	0.0015	1991	NC
30046	0.0022	1980					C
30047	0.0129	1992					C
30048	< 0.0001	1995	< 0.0001	1997	< 0.0001	1997	NC
30049	0.0108	1976					C
30051	< 0.0001	1989	< 0.0001	1972	0.0003	1973	NC
30054							C
30055	0.0044	2000	< 0.0001	2001	0.0013	2000	NC
30056	0.0285	1989			0.0466	1989	MC
30058	< 0.0001	1977	< 0.0001	1977	< 0.0001	1977	NC
30059	0.0003	2000	0.0001	2000	0.0008	2000	NC
30066	0.0005	1978			0.0128	1978	MC
30067	0.0015	1970	0.0025	1970	0.0007	1970	NC
30068			< 0.0001	2005	0.0286	2005	MC
30070	0.0377	1971					C
30071	0.029	1976	0.0053	1962	0.0391	1990	NC
30072							C
30074	< 0.0001	1979	< 0.0001	1979	< 0.0001	1979	NC
30076	0.0186	1972	0.0105	1969	0.0372	1972	NC
30077	0.0034	1980			0.0004	1980	MC
30079			0.0192	2004			C
30081	< 0.0001	1982	< 0.0001	1968	< 0.0001	1981	NC
30084	0.0168	2001					C
30033	0.0001	1984	0.0001	1984	< 0.0001	1984	NC
30193	< 0.0001	1971	< 0.0001	1968	< 0.0001	1971	NC
30195	0.0003	1992	0.0005	1979	0.0017	1989	NC
30198	0.0185	1973	< 0.0001	1970	0.0038	1973	NC
30201	< 0.0001	1975	< 0.0001	1975	< 0.0001	1975	NC
30209	0.0388	1998					C
30211	0.0002	1981	0.0002	1980	0.0004	1980	NC
30216	< 0.0001	1973	< 0.0001	1973	< 0.0001	1973	NC
30220	0.0042	1995			0.0133	1995	MC
30224	0.0151	1998					C
30264	0.0031	1977	0.0082	1977	0.004	1977	NC
30265	0.0001	1985	0.0001	1985	< 0.0001	1985	NC
30266			0.0375	1974			C
30267	< 0.0001	1988	< 0.0001	1988	< 0.0001	1988	NC
30268							C
30281	< 0.0001	1989	< 0.0001	1985	< 0.0001	1988	NC
30285	0.0013	1983	0.0272	1976	0.0001	1983	NC
30292	0.035	1989			0.0349	1989	MC
30294			0.0348	1975			C
30301	0.0005	1990			0.0001	1990	MC
30302	0.0001	1999	< 0.0001	2000	< 0.0001	1999	NC
30304	0.0053	2003	0.0003	2004	0.0008	2003	NC
30311	0.0145	1998	0.0264	1998	0.0194	1998	NC
30317			0.0005	1979			C
30319	0.0002	1990	0.0071	1990	0.0008	1990	NC
30325			< 0.0001	2008	0.0132	2006	MC
30327			0.011	2005			C
30336	0.0281	2000			0.0416	2000	MC

Cuadro 4 (continuación). Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a la variable T_{mín} a las estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Buisland		Clasificación
	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	
21129							C
21142							C
21143							C
21147	0.0004	1992			0.0006	1992	MC
21154							C
21185	0.0277	1988			0.0391	1988	MC
21201							C
21209							C
21211	0.0421	1989			0.0302	1989	MC
21212	0.0011	1987	0.0196	1987	<0.0001	1987	NC
21215	0.0025	2001	0.0022	1986	0.0085	1986	NC
21244	0.0067	1969	<0.0001	1949	0.0002	1949	NC
24009	0.0047	1985					C
24015	0.0006	1980	<0.0001	1968	<0.0001	1968	NC
24020	0.0294	1989	0.0001	2005	0.0139	2005	NC
24036	<0.0001	1980	<0.0001	1970	<0.0001	1980	NC
24053							C
24085	0.0121	2002	<0.0001	2003	0.0012	2002	NC
24095	0.0182	1997					C
24108	0.0031	1999	0.0179	2000	0.0121	1999	NC
30089							C
30090	<0.0001	1981	<0.0001	1981	<0.0001	1981	NC
30093	0.0475	1983					C
30094	0.0103	1975			0.0241	1982	MC
30097	0.0001	1989	<0.0001	1986	0.0004	1989	NC
30098	<0.0001	1984	0.0001	1990	<0.0001	1984	NC
30100			0.0028	1999	0.0021	1995	MC
30101	<0.0001	1974	0.0162	1974	0.0019	1974	NC
30102			0.0173	1954			C
30107							C
30108	0.0077	1985	0.0003	1985	0.0057	1985	NC
30112	<0.0001	1981	<0.0001	1981	<0.0001	1981	NC
30114	<0.0001	1980			0.001	1980	MC
30115	0.0004	1979					C
30117	0.0226	1964	0.004	1964	0.0147	1964	NC
30121							C
30125							C
30128	<0.0001	1981	<0.0001	1981	<0.0001	1981	NC
30130	0.0017	1993	<0.0001	1967	<0.0001	1967	NC
30131	0.0158	1983			0.0264	1983	MC
30337	<0.0001	1994	<0.0001	1994	<0.0001	1994	NC
30338	0.0201	2003	0.0039	2003	0.0187	2003	NC
30339	0.0007	1994			0.0125	1994	MC
30340	0.0002	2000	0.0002	2001	<0.0001	2000	NC
30342	0.002	1995			0.0032	1995	MC
30345							C
30350							C
30351	0.006	1988	0.0124	1988	0.0086	1988	NC
30353	0.0022	1993	0.0139	1990	0.0027	1992	NC
30357							C
30359	0.0019	1988	<0.0001	1988	0.0004	1988	NC
30361	<0.0001	1997	0.0005	1997	<0.0001	1997	NC
30364	0.0012	1994	0.0055	1994	0.001	1994	NC
30371							C
30377							C
30382							C
30384							C
30452	0.0047	2001	0.0132	1987	0.0064	1996	NC

C = confiable; MC = medianamente confiable; NC = no confiable.

Cuadro 5. Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a la variable T_{máx} a las estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Clasificación
	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	
7020			0.011	1992	0.017	1988	0.0081	1993			0.0081	1993	C
7106	0	1980	0.003	1980	0.001	1980					0.0443	1992	C
7112	< 0.0001	1982	< 0.0001	1985	< 0.0001	1985	< 0.0001	1994	< 0.0001	1994	< 0.0001	1987	NC
13011	0.0241	2005	0.0001	2005	0.0054	2005					< 0.0001	1997	NC
13015	< 0.0001	1967	0.058	1967	< 0.0001	1967	0.0048	1988	0.0128	1989	0.0032	1989	NC
13034	0.0029	1983	0.0018	1983	0.001	1983	< 0.0001	1981	< 0.0001	1981	< 0.0001	1981	NC
13042	0.0007	1962	< 0.0001	1948	0.0009	1960	< 0.0001	1999	< 0.0001	1999	< 0.0001	1999	NC
13061	0.0231	2004	0.026	2005			< 0.0001	1992	< 0.0001	1977	< 0.0001	1981	NC
13093	< 0.0001	1976	< 0.0001	1976	< 0.0001	1976	0.0389	1986	0.0227	1965	0.028	1989	MC
13095	0.0017	1992	0.0032	1997	0.0011	1997	< 0.0001	1989	0.0165	2010	0.0104	1994	NC
13096							0.0008	1993	0.0226	1994			C
13098	0.0013	1987	0.002	1987	0.0005	1987							NC
13099	0.0001	1992	< 0.0001	2006	< 0.0001	2001	0.0001	1992			0.0003	1992	NC
13135	0.0277	1993			0.0431	1993	0.0064	1993	0.0298	1978			MC
13137	0.0278	2005	< 0.0001	2005	0.0046	2005	< 0.0001	1992	< 0.0001	1996	< 0.0001	1992	NC
13139							0.0277	1999			0.0372	1999	MC
13140							0.0028	1988	0.0107	1997	0.003	1988	NC
13141	0.0086	1989			0.0035	1989							C
13144													MC
13145	< 0.0001	1995	< 0.0001	1995	< 0.0001	1995	< 0.0001	1988	0.0001	1958	< 0.0001	1981	NC
20008	0.0023	1985	0.0001	1997	0.0015	1985	0.0044	1968	0.0044	1986	0.0051	1966	NC
20014							< 0.0001	1970	< 0.0001	1970	< 0.0001	1970	NC
20017	0.0001	1983	< 0.0001	1984	< 0.0001	1984	0.0243	2001	0.0017	2008	0.0254	2001	NC
20029					0.0277	1978	< 0.0001	1988	< 0.0001	1992	< 0.0001	1992	NC
20084	0.0008	1965	0.0013	1967	0.0002	1967	0.0001	1981	< 0.0001	1980	< 0.0001	1980	NC
20113	0.0006	1983	0.0081	1984	0.0031	1984	< 0.0001	1974			0.0004	1976	MC
20152	< 0.0001	1988	< 0.0001	1996	< 0.0001	1988	< 0.0001	1987	0.0002	1987	0.0001	1987	NC
20189	0.0027	1981			0.001	1981	< 0.0001	1980	0.0175	2001	0.0479	2001	NC
30132	< 0.0001	1981	< 0.0001	1979	< 0.0001	1979	0.0081	1993					NC
30134	0.0443	1992											C
30136	< 0.0001	1987	< 0.0001	1994	< 0.0001	1994	< 0.0001	1994	< 0.0001	1997	< 0.0001	1994	NC
30137	< 0.0001	1997	< 0.0001	2002	< 0.0001	2002							NC
30140	0.0255	1978					0.0048	1988	0.0128	1989	0.0032	1989	MC
30141	0.0039	1999	< 0.0001	2001	0.0018	1999	< 0.0001	1981	< 0.0001	1981	< 0.0001	1981	NC
30143	0.0009	1976					< 0.0001	1999	< 0.0001	1999	< 0.0001	1999	MC
30147	0.0287	1998					< 0.0001	1992	< 0.0001	1977	< 0.0001	1981	MC
30148	0.0003	1981	0.0015	1987	0.0003	1987	0.0389	1986	0.0227	1965	0.028	1989	NC
30152	< 0.0001	1993	< 0.0001	1994	< 0.0001	1994	< 0.0001	1989	0.0165	2010	0.0104	1994	NC
30158	0.0004	1982	0.0277	1982	0.0063	1982	0.0004	1993	0.0226	1994			NC
30160	0.0039	1994	0.0017	1994	0.0046	1994							NC
30163	0.0112	1988											C
30165													C
30166			0.0044	2008			0.0064	1993	0.0298	1978			C
30167	< 0.0001	1964	< 0.0001	1961	0.0001	1964	< 0.0001	1992	< 0.0001	1996	< 0.0001	1992	NC
30169			0.0105	1976	0.0486	1976	0.0277	1999			0.0372	1999	MC
30171	0.0181	1985			0.0073	1985							MC
30173	0.0029	1984	0.0037	1984	0.0009	1984	< 0.0001	1988	0.0001	1958	< 0.0001	1981	NC
30175	< 0.0001	1990	< 0.0001	1990	< 0.0001	1990	0.0044	1968	0.0044	1986	0.0051	1966	NC
30176	< 0.0001	1994	< 0.0001	1994	< 0.0001	1994	< 0.0001	1970	< 0.0001	1970	< 0.0001	1970	NC
30177	< 0.0001	1987	< 0.0001	1987	< 0.0001	1987	0.0243	2001	0.0017	2008	0.0254	2001	NC
30178	< 0.0001	2008			< 0.0001	2008	< 0.0001	1988	< 0.0001	1992	< 0.0001	1992	NC
30179	0.0004	1992	< 0.0001	2000	< 0.0001	1992	< 0.0001	1981	< 0.0001	1980	< 0.0001	1980	NC
30180							0.0001	1974			0.0004	1976	MC
30185							< 0.0001	1987	0.0002	1987	0.0001	1987	NC
30187							< 0.0001	1980	0.0175	2001	0.0479	2001	NC
30189	0.0238	2000	0.0001	2000	0.009	2000	< 0.0001	1980	< 0.0001	1980	< 0.0001	1980	NC

Cuadro 5 (continuación). Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a la variable T_{máx} a las estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Buishand		Clasificación
	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	
20294	0.0487	2003					C
21009	0.0003	1967	< 0.0001	1961	< 0.0001	1967	NC
21018	0.0226	1992					C
21022							C
21023							C
21026	0.022	1992	< 0.0001	1992	0.0022	1992	NC
21031	< 0.0001	1984	< 0.0001	1984	< 0.0001	1984	NC
21032			0.013	2005			C
21038							C
21040	< 0.0001	1984	< 0.0001	1984	< 0.0001	1984	NC
21043	0.0002	1983	0.0002	1993	0.0002	1983	NC
21051							C
21052	< 0.0001	1985	< 0.0001	1985	< 0.0001	1985	NC
21053	< 0.0001	1979	< 0.0001	1978	< 0.0001	1978	NC
21056							C
21059	0.0021	1993					C
21064	0.0028	1993	0.0002	2002	0.0002	1999	NC
21067	0.0112	1993	0.0015	1993	0.0024	1993	NC
21072							C
21073			< 0.0001	2002	0.0326	2003	MC
21074	0.0023	1996	0.0001	2004	0.0061	1997	NC
21077	0.0127	2001	0.0183	2001	0.0114	2001	NC
21084			0.0067	1955			C
21091	0.0099	1962	0.008	1963	0.0007	1963	NC
21094							C
21097							C
21114	0.0005	1977	0.0001	2006	0.0005	1998	NC
21117	0.0003	1993	0.0153	1993	0.0019	1992	NC
30033	0.0002	1970	< 0.0001	1999	0.0003	1970	NC
30034							C
30035	< 0.0001	1976	< 0.0001	1965	< 0.0001	1976	NC
30037	0.001	1978			0.0051	1979	MC
30041	0.0033	1993	0.003	2000	0.0104	1997	NC
30043							C
30046	0.0123	1997	0.0008	2008	0.002	1997	NC
30047							C
30048	0.0147	2000	< 0.0001	2000	0.0004	2000	NC
30049	0.0177	1971	0.0434	1971	0.0225	1971	NC
30051	0.0016	1994	0.0044	2008	0.0014	1994	NC
30054	0.0199	1993	< 0.0001	2002	0.0019	2001	NC
30055	0.0001	1989	< 0.0001	2001	< 0.0001	1993	NC
30056	< 0.0001	1971	< 0.0001	1970	< 0.0001	1971	NC
30058	0.0006	1977	0.0026	1975	0.0014	1977	NC
30059	0.0302	1993	0.0315	1993	0.0053	1993	NC
30066	< 0.0001	1951	< 0.0001	1925	< 0.0001	1950	NC
30067							C
30068	< 0.0001	1981	0.0035	1981	0.0003	1981	NC
30070							C
30071			0.0172	2003	0.043	2001	MC
30072	< 0.0001	1993	< 0.0001	1993	< 0.0001	1993	NC
30074	< 0.0001	1980	< 0.0001	1980	< 0.0001	1980	NC
30076	< 0.0001	1992	0.0027	1992	0.0001	1992	NC
30077	0.029	1997					C
30079							C
30081	0.0001	1992	0.0008	1992	0.0006	1992	NC
30084	0.0001	1993	< 0.0001	1994	< 0.0001	1994	NC
30033	0.0137	1997	0.0117	1997	0.0261	1987	NC
30193	0.0133	1985	0.0329	1949	0.0059	1949	NC
30195	0.0001	1988	0.0002	1979	0.0002	1984	NC
30198	0.0018	1981	0.0013	1981	0.0002	1981	NC
30201	0.0242	1968					C
30209	0.0054	1997	0.0418	1968			MC
30211	< 0.0001	1978	< 0.0001	1978	< 0.0001	1977	NC
30216							C
30220	< 0.0001	1988	< 0.0001	1999	< 0.0001	1999	NC
30224	0.0417	1954	0.0002	1950	0.0004	1950	NC
30264	0.0035	1977	0.0011	1976	0.001	1977	NC
30265	0.0003	1987	0.0049	1987	0.0006	1988	NC
30266	0.004	1988	0.006	1988	0.0022	1988	NC
30267							C
30268	< 0.0001	1997	< 0.0001	1997	0.0001	1997	NC
30281	< 0.0001	1987	0.0015	1987	0.0005	1987	NC
30285	0.0395	1996	< 0.0001	1976			MC
30292	0.002	1988			0.0367	1988	MC
30294	0.0001	1989	0.0316	1975	< 0.0001	1989	NC
30301	0.0001	1993	< 0.0001	2006	0.0001	1993	NC
30302	< 0.0001	1992	< 0.0001	1999	< 0.0001	1997	NC
30304			0.0089	1976			C
30311			0.0333	1981			C
30317	0.0147	1987	0.0223	1987	0.0137	1992	NC
30319	< 0.0001	1993	< 0.0001	1993	< 0.0001	1993	NC
30325			0.0148	2003	0.0261	2003	MC
30327							C
30336	< 0.0001	1997	0.0003	1997	0.0002	1997	NC

Cuadro 5 (continuación). Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a la variable $T_{máx}$ a las estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Buishand		Clasificación
	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	
21129											C
21142											C
21143	<0.0001	1988	<0.0001	1988	<0.0001	1988	<0.0001	1988	<0.0001	1988	NC
21147	0.0072	1995	0.002	1995	0.005	1986					NC
21154											C
21185											C
21201					0.0338	1984					C
21209	0.0074	2000	0.001	2004	0.0055	2000					NC
21211											C
21212	0.0042	1987			0.0012	1987					MC
21215	0.0125	1986	0.0022	1986	0.0022	1986					NC
21244	0.0001	1972	<0.0001	1949	0.0001	1972					NC
24009					0.0042	1991					C
24015	0.0001	1994	<0.0001	1994	0.0001	1994					NC
24020											C
24036											C
24053											C
24085	0.0165	2002	0.0015	2002	0.0148	2002					NC
24095	0.0004	1992	<0.0001	1996	<0.0001	1996					NC
24108	<0.0001	1997	<0.0001	1997	<0.0001	1997					NC
30089			0.0293	1951							C
30090	0.0041	1980	0.013	1981	0.0024	1981					NC
30093	0.0003	1985	0.006	1997	0.0018	1985					NC
30094	0.0225	1991			0.0396	1991					MC
30097	<0.0001	1990	0.0333	1964							MC
30098	<0.0001	1983	<0.0001	1981	<0.0001	1981					NC
30100			0.005	1999							C
30101					0.0237	1975					C
30102	0.0007	1992	0.0054	1997	0.0025	1988					NC
30107	0.0248	1954	0.0221	1954	0.0093	1954					NC
30108	0.0038	1973	0.0436	1930	0.0105	1975					NC
30112	<0.0001	1984	<0.0001	1986	<0.0001	1986					NC
30114	0.0028	1975	0.0115	1975	0.0016	1975					NC
30115											C
30117	<0.0001	1992	<0.0001	1997	<0.0001	1992					NC
30121	0.0008	1952	<0.0001	1943	<0.0001	1947					NC
30125											C
30128	<0.0001	1981	<0.0001	1981	<0.0001	1981					NC
30130	<0.0001	1988	<0.0001	1988	<0.0001	1988					NC
30131	0.011	1990	0.0235	1990	0.011	1990					NC
30337	<0.0001	1997	<0.0001	1997	<0.0001	1997					NC
30338	<0.0001	1992	<0.0001	1992	<0.0001	1992					NC
30339	0.0099	1988	0.0004	1980	0.0038	1988					NC
30340	0.0043	1992	0.0014	1986	0.0029	1992					NC
30342			0.0339	1980							C
30345					0.044	1996					C
30350	0.0391	1992									C
30351	0.0249	1984	0.0424	1984	0.0316	1984					NC
30353	0.0031	1993			0.0016	1993					MC
30357	0.0128	2000			0.0036	2000					MC
30359	<0.0001	1991	<0.0001	1991	<0.0001	1991					NC
30361											C
30364	0.0002	1994	0.0005	1994	0.0002	1994					NC
30371											C
30377											C
30382											C
30384	0.0023	1997									C
30452	<0.0001	1995	<0.0001	1995	<0.0001	1995					NC

C = confiable; MC = medianamente confiable; NC = no confiable.

Cuadro 6. Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a la variable Pp a las estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Buishand		Clasificación
	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	
7020			0.007	1992	0.019	1988	MC
7106							C
7112							C
13011							C
13015			0.033	1976			C
13034	0.0107	1985	0.0326	1941	0.0393	1978	NC
13042	0.0012	1976	0.0198	1976	0.0047	1976	NC
13061							C
13093							C
13095	< 0.0001	1996	< 0.0001	1997	< 0.0001	1996	NC
13096							C
13098			0.038	2010			C
13099							C
13135							C
13137							C
13139			0.0494	2010			C
13140							C
13141							C
13144							C
13145							C
20008							C
20014			0.0012	1950			C
20017	0.0376	1983			0.0187	1983	MC
20029							C
20084			0.0033	1951			C
20113	0.03	1976			0.0391	1976	MC
20152	0.0425	1981			0.0145	1981	MC
20189					0.0171	1984	C
30132							C
30134	0.004	1976					NC
30136							MC
30137	< 0.0001	1993					MC
30140							C
30141							C
30143							C
30147			0.0347	1970			C
30148							C
30152							C
30158							C
30160	0.0016	1993	0.0025	1993	0.0021	1993	NC
30163			0.0136	2003			C
30165	< 0.0001	1987	< 0.0001	1989	< 0.0001	1989	NC
30166	0.002	1993	0.0003	2005	0.0013	1993	NC
30167							C
30169	0.0463	1972	0.0301	1972	0.0457	1972	NC
30171							C
30173							C
30175			0.0032	1965			C
30176							C
30177							C
30178							C
30179					0.0129	1988	C
30180							C
30185			0.0234	1948			C
30187					0.0144	1968	C
30189							C
24113							C
24122							C
24200							C
27003	0.0002	1980	< 0.0001	1979	0.0001	1980	NC
27015	0.0099	1984	0.0339	1984	0.0069	1984	NC
27037			0.0045	1948			C
28006			0.0049	2008			C
28016							C
28055			0.0051	2008			C
28111			< 0.0001	2008			C
28125			0.0469	2006			C
28138							C
28147	0.0115	1994	0.0231	1994	0.0086	1994	NC
28175							C
30003							C
30006							C
30007							C
30008			0.010	1926			C
30011			0.047	1957			C
30012							C
30013			0.0019	1948			C
30016	< 0.0001	1993	< 0.0001	1993	< 0.0001	1993	NC
30019			0.0137	1961			C
30021							C
30022	0.022	1983					C
30025							C
30026							C
30032	0.0035	1995	0.0198	2007	0.011	1995	NC

Cuadro 6 (continuación). Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a la variable Pp a las estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Buishand		Clasificación
	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	
20294											C
21009											C
21018											C
21022	0.0025	1982	0.0125	1982	0.006	1982					NC
21023											C
21026	0.0072	1986	0.0095	1989	0.0219	1986					NC
21031	0.0261	1981			0.0178	1981					MC
21032	0.005	1967	0.0168	1967	0.005	1967					NC
21038											C
21040			0.0033	2002	0.0494	2002					MC
21043											C
21051	0.0051	1984	0.0161	1986	0.0008	1986					NC
21052											C
21053					0.0446	1981					C
21056											C
21059			0.0111	1954							C
21064	< 0.0001	1993	0.0059	1997	0.0001	1993					NC
21067											C
21072			0.014	2007							C
21073											C
21074											C
21077	0.0283	1981	0.0496	1981	0.0158	1981					NC
21084	0.0178	1991			0.0177	1991					MC
21091	0.0014	1944	0.0192	1944	0.0024	1961					NC
21094											C
21097	0.0015	1982	0.0032	1982	0.002	1982					NC
21114											C
21117	0.0218	1981			0.0421	1981					MC
30033	0.0078	1983	0.0132	1983	0.0052	1983					NC
30034	0.0477	1993	0.0009	2007	0.0313	1993					NC
30035			0.0352	1956							C
30037	< 0.0001	1982	0.0001	1985	< 0.0001	1984					NC
30041											C
30043	0.041	1989									C
30046											C
30047											C
30048											C
30049											C
30051											C
30054											C
30055											C
30056											C
30058											C
30059			0.0236	1985	0.0117	1985					MC
30066	0.0488	1954									C
30067											C
30068	0.0071	1986			0.0066	1986					MC
30070			0.0034	1999	0.0097	1985					MC
30071	< 0.0001	1991	< 0.0001	1991	< 0.0001	1991					NC
30072			0.0197	1946							C
30074	0.0207	1965	0.0057	1958	0.0054	1963					NC
30076											C
30077											C
30079			0.0005	2003	0.0066	1995					MC
30081	0.0002	1975	0.0003	1975	0.0001	1975					NC
30084	0.0001	1988	0.0003	1988	0.0002	1988					NC
30191	0.0343	1968									NC
30193			< 0.0001	1950	0.0026	1953					MC
30195											C
30198			0.022	2008							C
30201	0.0026	1981	0.0094	1981	0.001	1981					NC
30209	0.0094	1987									C
30211											C
30216											C
30220											C
30224											C
30264											C
30265											C
30266					0.0004	1974					C
30267					0.0149	1978					C
30268	0.0191	1985	0.04	1985	0.0183	1985					NC
30281											C
30285											C
30292											C
30294					0.0075	1975					MC
30301	0.0119	1984	0.0359	1984	0.0175	1984					NC
30302											C
30304											C
30311											C
30317											C
30319											C
30325											C
30327											C
30336											C

Cuadro 6 (continuación). Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a la variable Pp a las estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Pettitt		Prueba de homogeneidad normal estándar (Alexandersson)		Prueba de Buishand		Clasificación
	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	Valor p	Año de cambio	
21129											C
21142					0.0026	1983			0.0172	1983	MC
21143											C
21147	0.0073	1986	0.0227	1986	< 0.0001	1987	< 0.0001	1987	< 0.0001	1987	NC
21154											C
21185	0.0126	1983	0.0049	1983							NC
21201					0.0125	1993	0.0001	1994	0.0006	1993	NC
21209	0.0445	1997									MC
21211											C
21212											C
21215	0.0114	1986	0.0027	1986			0.0038	1932			NC
21244			0.0448	1949	0.0418	1991	0.0047	1992	0.0342	1973	C
24009											C
24015	0.008	1993	0.0205	1993	0.0262	1993			0.0085	1993	NC
24020									0.0358	1984	C
24036					0.0239	1979			0.0354	1979	MC
24053											C
24085					0.05	1994	0.0362	1965	0.0299	1994	NC
24095											C
24108											C
30337											MC
30338											C
30339											C
30340											C
30342											C
30345											C
30350											C
30351											C
30353											C
30357											C
30359	0.0213	1999	0.0203	1986	0.0213	1999	0.0203	1986	0.0163	1999	NC
30361											C
30364											C
30371											C
30377											C
30382	0.0184	1987	0.0147	1987	0.0184	1987	0.0147	1987	0.0132	1987	NC
30384			0.0493	1992			0.0493	1992			C
30452											C

C = confiable; MC = medianamente confiable; NC = no confiable.

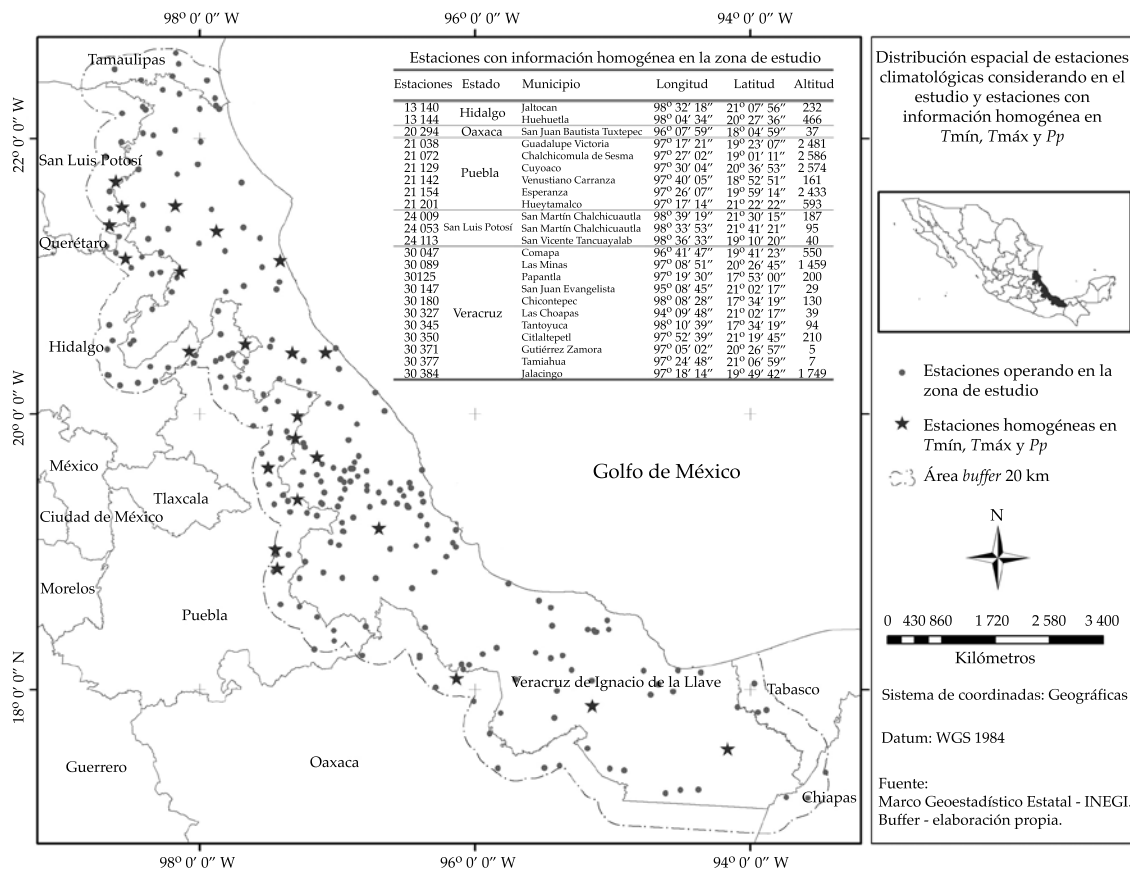


Figura 3. Distribución espacial de estaciones climatológicas consideradas en el estudio y estaciones con información homogénea en las variables de $T_{mín}$, $T_{máx}$ y Pp .

Conclusiones

Si bien la implementación de pruebas se aplicó a series de datos anuales, los resultados expuestos en el presente trabajo indican que los datos de precipitación (Pp) pueden presentar comportamientos homogéneos sin considerar ciclos o condiciones estacionales; sin embargo, estas condiciones deberán tomarse en cuenta para realizar estudios con mayor nivel de detalle, es decir, para el caso en que se requieran estudios enfocados a una especie vegetal de interés, es necesario considerar ciclos de cultivo (primavera-verano, otoño-invierno); en caso de realizar comparaciones de variación del clima a través de distintos años, lustros y/o décadas para identificar variaciones climáticas deberán considerarse periodos estacionales tales como

primavera, verano, otoño e invierno, o bien, considerar periodos de interés específico, en donde se requieran realizar estudios sobre alguno de los procesos que intervienen en el ciclo hidrológico, como evaporación, precipitación, transpiración, infiltración, percolación, afloramiento, almacenamiento y escurrimiento. En cuanto a los datos de temperatura mínima ($T_{mín}$) y temperatura máxima ($T_{máx}$), el uso de ciclos o condiciones estacionales puede dar como resultado que las series de datos muestren comportamientos de homogeneidad, pues se estarían considerando periodos con semejantes comportamientos de periodos de bajas y/o altas temperaturas.

Aunque las pruebas que se desarrollaron aquí para realizar la verificación de homogeneidad de las series climáticas del estado de

Veracruz y estados vecinos han sido empleadas para el mismo fin en México, una aportación importante del presente trabajo es la consideración de un proceso de validación espacial, el cual consistió en verificar registros de clima de cada estación con los de estaciones vecinas, siempre y cuando compartieran su ubicación con la misma unidad climática, proceso que es recomendable realizar previo a la aplicación de las pruebas de homogeneidad. Es importante señalar que después de realizar las pruebas de homogeneidad, se debe considerar un proceso de homogeneización de bases de datos, en especial a las estaciones que cuentan con datos medianamente confiables y no confiables, cuyo proceso no fue abordado en este trabajo y que será desarrollado en el futuro, junto con la identificación de una prueba de las abordadas en el presente trabajo, a fin de identificar la de mayor potencia y robustez para el caso de información de clima en nuestro país.

En este trabajo se muestra cómo una propuesta que puede ser considerada en la validación de datos climáticos no descarta la posibilidad de que sea complementaria o mejorada, incluso corregida, pues continuamente se cuenta con mayores conocimientos y recursos computacionales, que permiten el manejo de grandes volúmenes de datos y harán de la información climática una base sólida y confiable para desarrollar trabajos de investigación con resultados e inferencias de mayor certidumbre.

Agradecimientos

Al licenciado en Sistemas Computacionales Administrativos, Moisés Fernando Cortina Cardeña, por su apoyo en el desarrollo de las rutinas de programación para realizar la validación espacial de información climática. A la licenciada en Estadística, Columba Falfán Castillo, por el apoyo en el análisis de homogeneidad a las series de datos climáticos.

Referencias

- Ahmad, N. H., & Deni, S. M. (2013). Homogeneity test on daily rainfall series for Malaysia. *Matematika*, 29, 141-150.
- Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climate*, 6, 661-675.
- Alexandersson, H., & Moeberg, A. (1997). Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, 17, 25-34.
- Buishand, T. A. (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, 58, 11-27.
- Cao, L. J., & Yan, Z. W. (2012). Progress in research on homogenization of climate data. *Advances in Climate Change Research*, 3, 59-67.
- Conagua-SMN (2014). *Estaciones climatológicas en Google Earth*. México, DF: Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado de http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42:normales-climatologicas-por-estacion&catid=16:general&Itemid=75.
- 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 Português. Lisbon.
- Cruz, D. A. (2013). *Adaptación al cambio climático en el área protegida Sierra Gorda, Guanajuato*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dhorde, A. G., & Zarenistanak, M. (2013). Three-way approach to test data homogeneity: An analysis of temperature and precipitation series over Southwestern Islamic Republic of Iran. *Indian Geophysical Union*, 17, 233-242.
- Estévez, J., & Gavilán, P. (2008). *Procedimientos de validación de datos de estaciones meteorológicas automáticas. Aplicación a la red de información agroclimática de Andalucía. Plataforma de asesoramiento y transferencia del conocimiento agrario y pesquero de Andalucía* (pp. 1-12). Murcia: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario.
- García, E. (2013). *Análisis de la distribución de gastos máximos anuales* (197 pp.). Tesis de Maestría. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Ingeniería Civil-Hidráulica. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guentchev, G., Barsugli, J. J., & Eischeid, J. (2010). Homogeneity of gridded precipitation datasets for the Colorado River basin. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49, 2404-2415.
- INEGI (2014). *Información vectorial de unidades climáticas, escala 1:1 000 000*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Longobardi, A., & Villani, P. (2009). Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. *International Journal of Climatology*, 30, 1538-1546.
- López, Y., Sánchez, G., & Vargas, R. (2013). *Caracterización climatológica de la cuenca baja del río bravo en Tamaulipas* (12 pp.). 3er Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático, Tampico, Tamaulipas, México. Recuperado

- de <http://cambioclimatico-tamaulipas.org/home/principal.php?page=congresos>.
- Naulier, M., Savard, M. M., Bégin, C., Genanaretti, F., Arseneault, D., Marion, J., Nicault, A., & Bégin, Y. (2015). A millennial summer temperature reconstruction for northeastern Canada using oxygen isotopes in subfossil trees. *Climate of the Past*, 11, 521-553.
- Pérez, S., Sierra, E., López, E., Nizzero, G., Momo, F., & Massobrio, M. (2011). Abrupt changes in rainfall in the Eastern area of La Pampa Province, Argentina. *Theoretical and Applied Climatology*, 103, 159-165.
- Pettitt, A. N. (1979). A nonparametric approach to the change point detection. *Applied Statistics*, 28, 126-135.
- Ramírez, M. E., & López, Q. (1993). *Métodos estadísticos no paramétricos*. Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Schonwiese, C. D., & Rapp, J. (1997). Climate trend atlas of Europe based on observation 1891-1990. *International Journal Climatology*, 18, 580-598.
- Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1985). *Bioestadística: principios y procedimientos*. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana.
- Stepánek, P., Zahradnické, P., & Farda, A. (2013). Experiences with data quality control and homogenization of daily records of various meteorological elements in the Czech Republic in the period 1961-2010. *Időjárás - Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 117, 123-141.
- Tuomenvirta, H. (2001). Homogeneity adjustments of temperature and precipitation series-Finnish and Nordic data. *International Journal of Climatology*, 21, 495-506.
- UNE 500540 (2004). *Redes de estaciones meteorológicas automáticas: directrices para la validación de registros meteorológicos procedentes de redes de estaciones automáticas. Validación en tiempo real*. Madrid: AENOR.
- Wijngaard, J. B., Klein, M., & Konnen, G. P. (2003). Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal Climatology*, 23, 679-692.
- Dra. Guadalupe Rebeca Granados-Ramírez*
 Universidad Nacional Autónoma de México
 Instituto de Geografía
 Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria,
 Delegación Coyoacán
 04510 Ciudad de México, MÉXICO
 Tel.: +52 (55) 5623 0222, ext. 45477
 rebeca@igg.unam.mx
- Dr. Ignacio Sánchez-Cohen*
 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
 Agrícolas y Pecuarias/Centro Nacional de Investigación
 Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera
 Canal Sacramento km. 6.5, Zona Industrial 4a Etapa
 35140 Gómez Palacio, Durango, MÉXICO
 Tel.: +52 (55) 3871 8700, ext. 80515
 sanchez.ignacio@inifap.gob.mx
- Dr. Gabriel Díaz-Padilla*
 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas
 y Pecuarias
 Campo Experimental Cotaxtla
 Km. 3.5 Carretera Xalapa-Veracruz, Colonia Ánimas
 91190 Xalapa, Veracruz, MÉXICO
 Tel.: +52 (55) 3871 8700, ext. 87841
 diaz.gabriel@inifap.gob.mx
- M.C. Finlandia Barbosa-Moreno*
 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas
 y Pecuarias
 Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca
 Melchor Ocampo 7, Santo Domingo Barrio Bajo
 68200 Villa de Etla, Oaxaca, MÉXICO
 Tel.: +52 (55) 3871 8700, ext. 86208
 barbosa.finlandia@inifap.gob.mx

Dirección institucional de los autores

M.G. Rafael Alberto Guajardo-Panes

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas
 y Pecuarias
 Campo Experimental Cotaxtla
 Km. 3.5 carretera Xalapa-Veracruz, Colonia Ánimas
 91190 Xalapa, Veracruz, México
 Tel.: +52 (55) 3871 8700, ext. 87840
 guajardo.rafael@inifap.gob.mx