



VARIACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO CON RESPECTO AL CLIMA

Ramiro Chávez Mota¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. Chapingo, México.

rchavezm@chapingo.mx – 5559632016 (*Autor de correspondencia)

Resumen

Se analizaron las temperaturas máximas y mínimas promedio mensuales calculadas de las temperaturas diarias reportadas por el Servicio Meteorológico Nacional en todo el territorio nacional. Se usaron solamente aquellas que tenían registros de 30 años o más en el periodo de 1902-2012, las cuales fueron 1777 estaciones. Para identificar con exactitud el punto de cambio de la temperatura en cada una de las estaciones se usó un algoritmo interactivo para ubicar el año en el cual sucedió el mayor cambio de los dos periodos. Esto se hizo dividiendo interactivamente el periodo en dos partes de al menos 5 años cada una. Las dos partes finalmente elegidas fueron las que proporcionaron la mayor diferencia estadística en sus medias de temperaturas usando la prueba t de Student (p-value menor). Una vez teniendo el menor p-value, este se compara con el nivel de significancia $\alpha=0.10$. En las temperaturas máximas predominan las estaciones que incrementan su temperatura en todas las zonas climáticas y en todos los meses del año. En cuanto a las temperaturas mínimas predominan las estaciones en donde la mayoría de los meses del año se decrementan las temperaturas. Resaltando el clima cálido húmedo que incrementa su temperatura en todos los meses del año. Pero como contraparte se tienen los climas semiseco muy cálido y seco templado que decrementan su temperatura todos los meses del año (cuadro 1).

Palabras claves: Cambio climático, clima, temperatura.



Introducción

Saber con exactitud el punto de cambio de la temperatura de en cada una de las regiones del país, si es que existe, es sumamente importante para tomar las medidas de mitigación más adecuadas. Además, es importante saber cómo este cambio de temperaturas se relaciona con otras variables tales como la altitud. En México existen estudios diferentes estudios de los cambios de las temperaturas, sus tendencias, su geografía, consecuencias y diferentes formas de mitigación. Entre ellos podemos mencionar el de Pavia et al (2009) y Englehart y Douglas (2004). Para el estudio del cambio climático se usa bases de datos diversas con varias variables por lo que se vuelve difícil el manejo de gran cantidad de información. Por esta razón, en el presente trabajo se usó programación en el lenguaje de alto nivel VBA (Visual Basic para Aplicaciones) para el manejo y análisis de la información. También se usaron varias técnicas estadísticas tanto paramétricas (t de Student) como no paramétricas (Welch) reportadas en Haan (2002) para establecer si la diferencia de las medias de las temperaturas es significativa. Además, el uso del lenguaje estadístico R versión 4.2.0 y la herramienta ArcMap 10.3 fueron de gran utilidad. La combinación de pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas, además de herramientas de programación y sistemas de información geográfica aplicadas a la identificación del cambio climático tanto temporal (mensual) como espacial (tipos de clima) y búsqueda de las relaciones que existen con otras variables son las principales ventajas del presente estudio.

Materiales y Métodos

Inicialmente se usaron las más 5000 estaciones meteorológicas de la página del Servicio Meteorológico Nacional del año 1902 al año 2012. Se conservaron solo las estaciones que tenían información completa de todos los meses del año y tuvieran al menos 30 años de registro de temperaturas tanto máximas como mínimas. Quedando finalmente 1777 (Cuadro 1) estaciones. Posteriormente se obtuvieron los promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas que se usaron para detectar si hubo cambio de temperatura en cada estación en al menos un periodo de 30 años.

Para la detección del cambio en las temperaturas se usó un algoritmo interactivo programado en el lenguaje de alto nivel VBA (Visual Basic para Aplicaciones) que viene integrado a Excel. El cual se describe a continuación.

La información de cada una de las estaciones se dividió en dos intervalos, siendo el año de partición aquel en el cual las medias de los dos intervalos tuvieran la diferencia máxima estadística, la cual ocurre para el p-value menor de la prueba estadística usada. Al comparar las medias, para los conjuntos de datos que cumplen con el requisito de igualdad de varianzas (homocedasticidad) utilizó la prueba t de Student. Para los datos con varianzas diferentes se usó el método de Welch el cual usa la ecuación 1 para calcular los grados de libertad y posteriormente se usa la prueba t de Student. El p-value se compara con el α usada para definir si el cambio en temperaturas es significativo o no. En todas las comparaciones se usó un nivel de significancia de $\alpha = 0.10$.

$$g.l. = \left[\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1-1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2-1}} \right] \quad (1)$$

(Este algoritmo ya fue presentado en una ponencia del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo cuyas memorias fueron publicadas electrónicamente).

De esta manera se detectó si había un cambio significativo en de temperaturas máximas y mínimas en cada una de las estaciones y el tipo de cambio: positivo (incremento) o negativo (decremento).

Posteriormente se obtuvieron las zonas climáticas de México de la página web de La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en formato shapefile y se agruparon las estaciones por zona climática y en cada zona climática se determinó que tipo de estaciones predominaban: las de cambio positivo, las de cambio negativo o las que no habían cambiado sus temperaturas. En esta parte del análisis se usó el paquete de R llamado “Tidyverse” versión 1.3.1 y el sistema de información geográfica ArcMap 10.3. La distribución de las 1777 estaciones meteorológicas y las 18 zonas climáticas con que se trabajó se pueden apreciar en la figura 1.

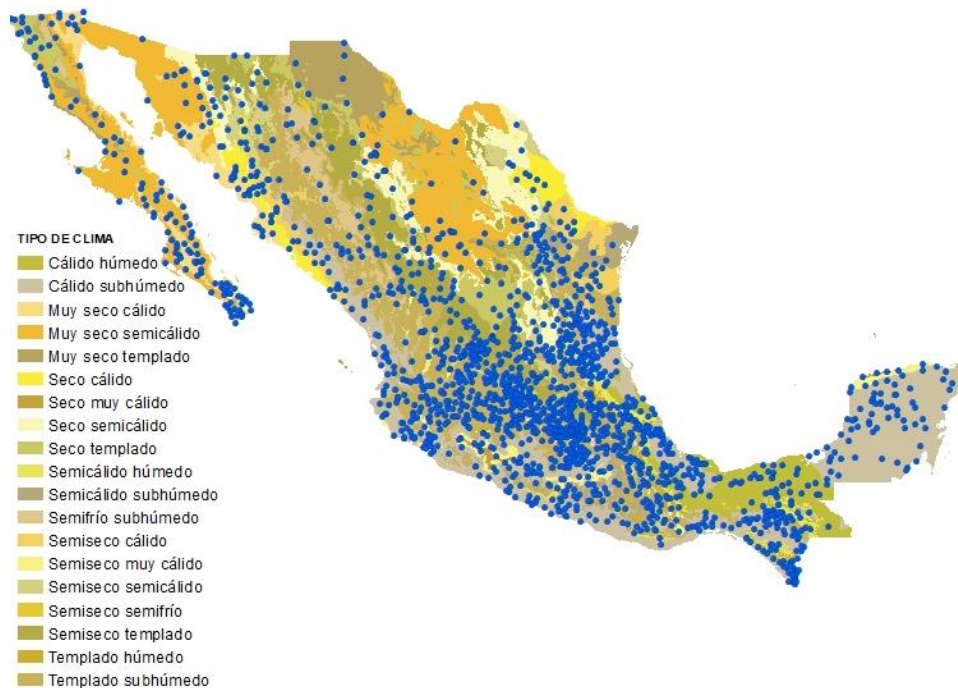


Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas y zonas climáticas.

Resultados y Discusión

Para las temperaturas máximas se encontró que en la mayoría de las estaciones experimentaron un cambio positivo (incremento) en su temperatura la mayor parte del año (cuadro 1). Resaltando que en nueve de las 18 zonas climáticas todos los meses del año la mayoría de las estaciones presentó un incremento en sus temperaturas máximas.

Para las temperaturas mínimas hubo predominancia de las estaciones que decrementaron su temperatura en la mayoría de los meses. Destaca el “cálido húmedo” como el único tipo de clima que incrementó su temperatura mínima en todos los meses del año (cuadro 1).

Cuadro 1. Predominancia del tipo de cambio que hubo en las estaciones meteorológicas por zona climática y mes del año

Clima	TEMPERATURAS MÁXIMAS												TEMPERATURAS MÍNIMAS											
	E N E	F E B	M A R	A B R	M A Y	J U N	J U L	A G O	S E P	O C T	N O V	D I C	E N E	F E B	M A R	A B R	M A Y	J U N	J U L	A G O	S E P	O C T	N O V	D I C
Cálido Húmedo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cálido Subhúmedo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-
Muy Seco Cálido	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	
Muy Seco Semicálido	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	
Muy Seco Templado	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	
Seco Cálido	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
Seco Muy Cálido	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	
Seco Semicálido	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Seco Templado	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Semi Cálido Húmedo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Semi Cálido Subhúmedo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+
Semi Frío Subhúmedo	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	
Semiseco Cálido	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-



Semise co Muy Cálido	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Semise co Semicá lido	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	
Semise co Templ ado	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Templ ado Húmed o	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+
Templ ado Subhú medo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

En la figura 2 se puede apreciar espacialmente que la mayoría de las zonas climáticas predominan en el transcurso del año las estaciones con un incremento en sus temperaturas máximas.

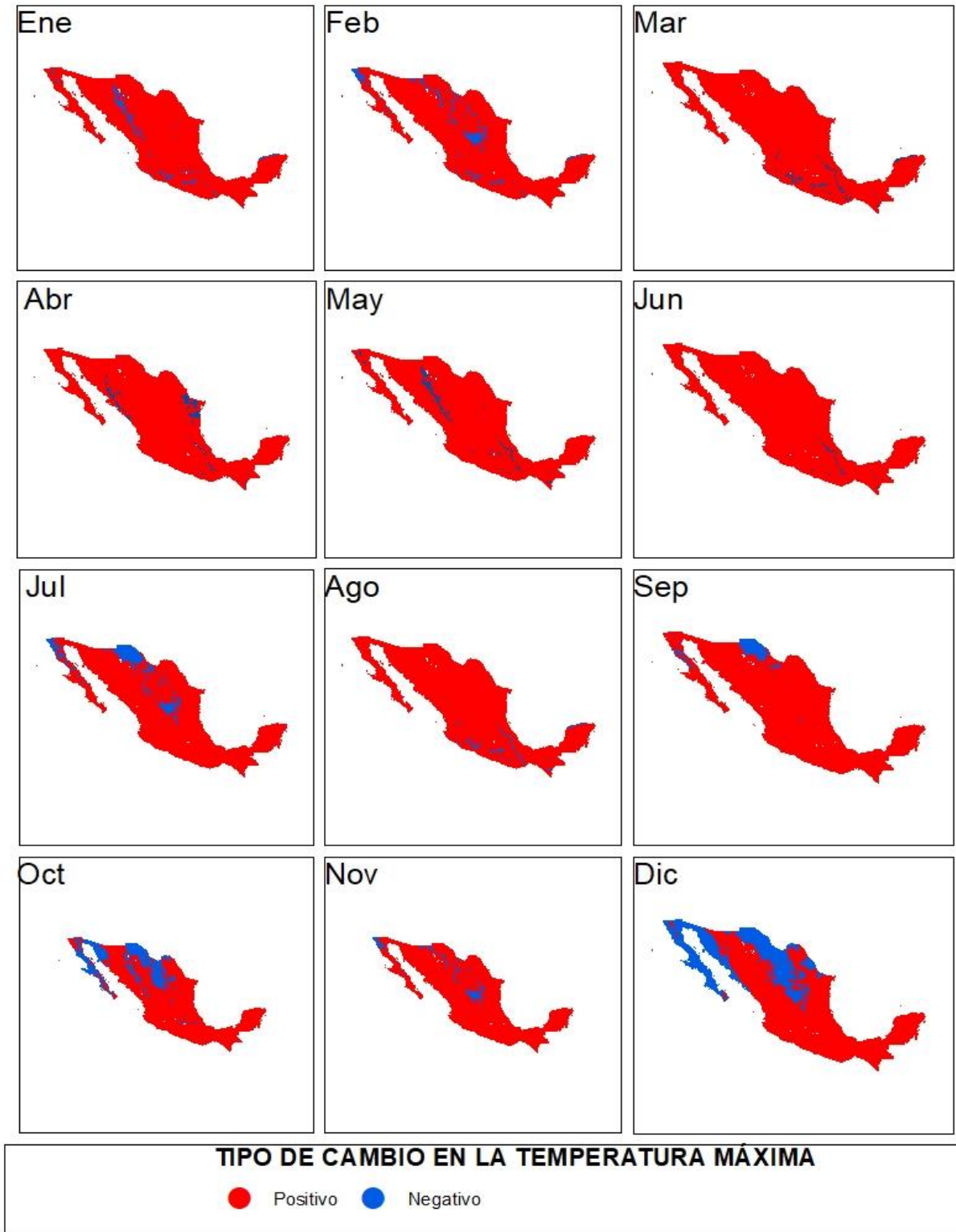


Figura 2. Ubicación de las zonas climáticas con cambio positivo (incremento) y negativo (decremento) en su temperatura máxima.

Una comparación gráfica por zona climática a través de todos los meses del año de los porcentajes de los diferentes tipos de estaciones. Se puede apreciar en donde predominan la mayoría de las estaciones de cierto tipo. Nótese la gran diferencia que hay en algunas zonas climáticas entre el porcentaje de las estaciones que incrementan su temperatura máxima y las que lo decrementan. Como se muestra en la figura 3.

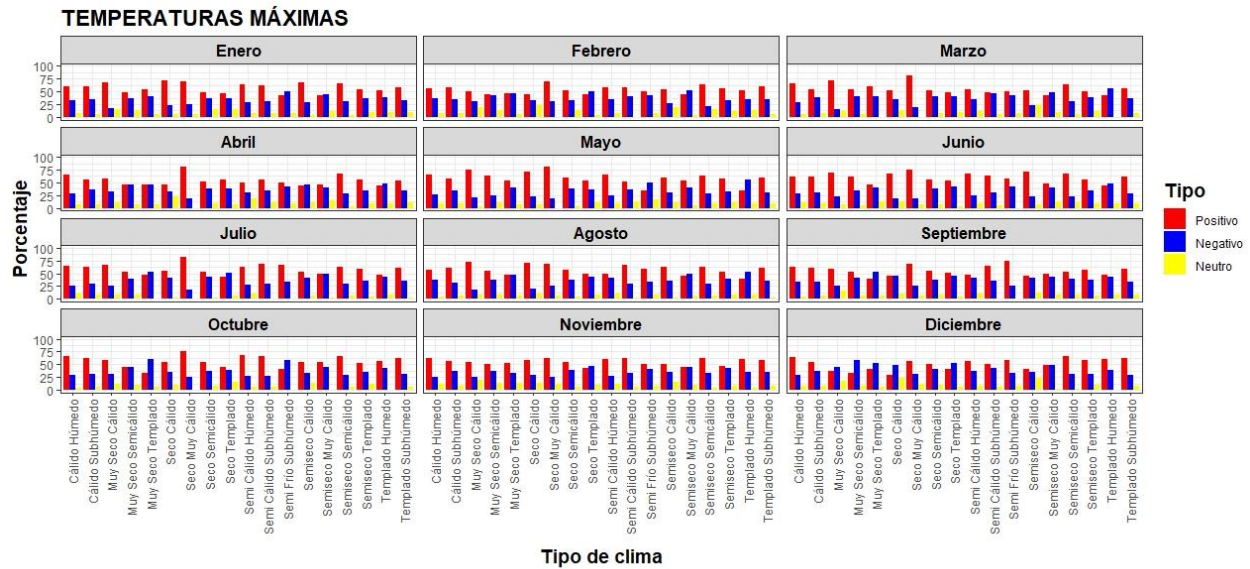


Figura 3. Comparación de los porcentajes de cada uno de los tipos de cambio por zona climática y por cada uno de los meses del año para temperaturas máximas.

En cuanto a la temperatura mínima se encontró que en la mayoría de las zonas climáticas predominan las estaciones que decrementan su temperatura en todos los meses del año (figura 4).

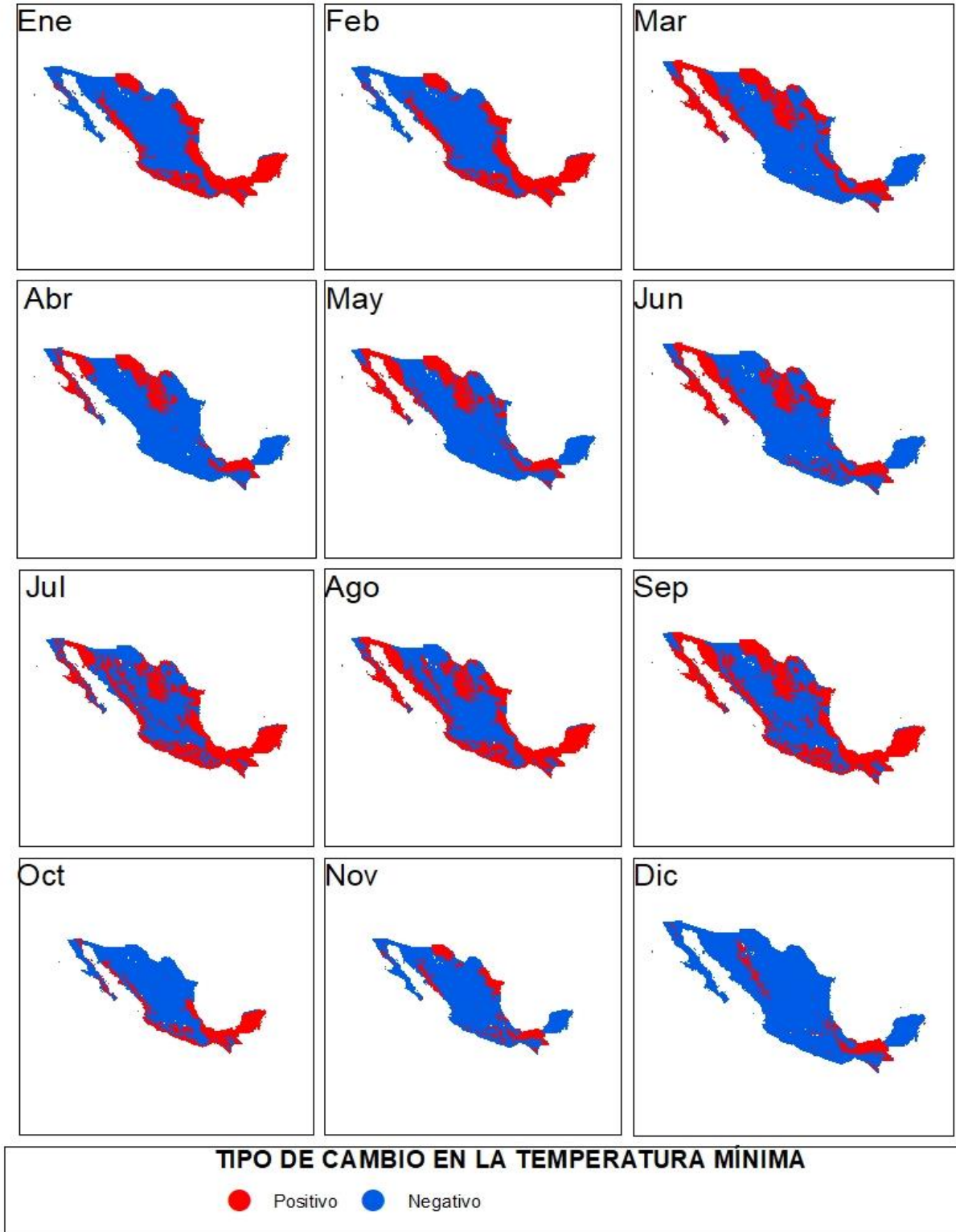
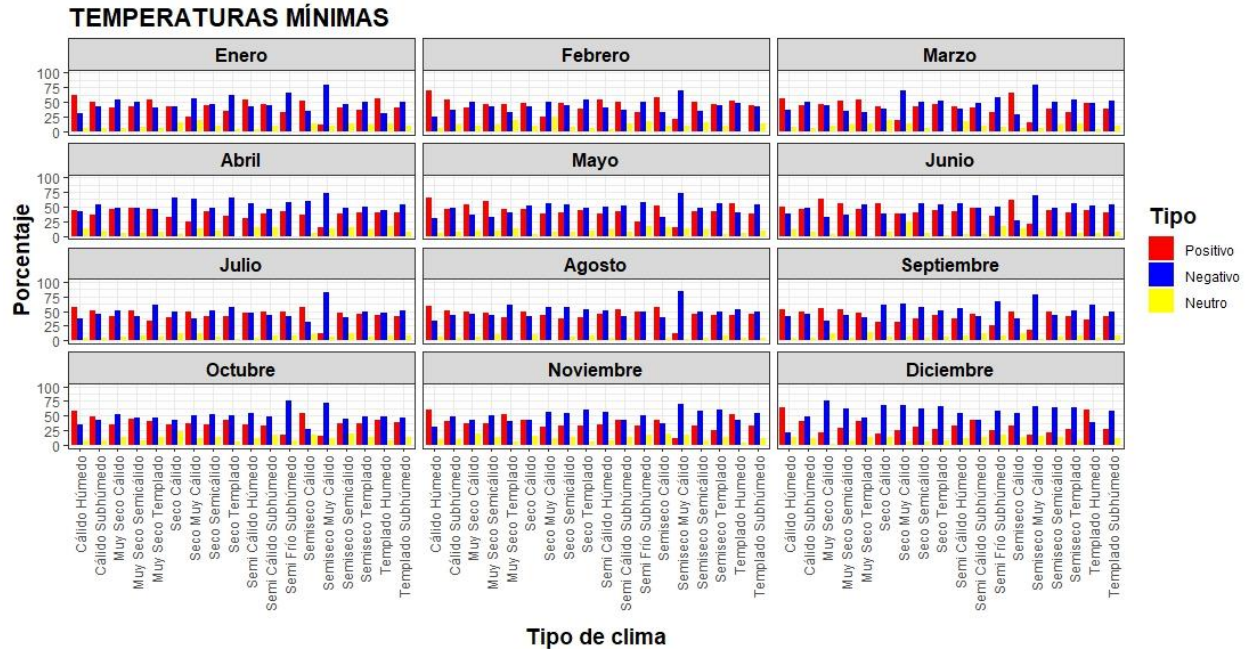


Figura 4. Ubicación de las zonas climáticas con cambio positivo (incremento) y negativo (decremento) en su temperatura mínima.

Y también podemos ver en forma gráfica que comparando los tres tipos de estaciones (las incrementaron, decrementaron y no cambiaron su temperatura) en la mayoría de las zonas climáticas durante la mayor parte del año hubo un decremento de sus temperaturas (figura 4).



Fuente: Elaboración propia con datos del SMN

Figura 5. Comparación de los porcentajes de cada uno de los tipos de cambio por zona climática y por cada uno de los meses del año para temperaturas mínimas.

Conclusiones

En cada zona climática predominan con mucho las estaciones que incrementan su temperatura máxima en la mayoría de los meses del año.

En cuanto a las temperaturas mínimas predominan las estaciones en donde la mayoría de los meses del año se decrementan las temperaturas. Resaltando el “clima cálido” húmedo que incrementa su temperatura en todos los meses del año. Pero como contraparte se tienen los climas semiseco muy cálido y seco templado que decrementan su temperatura todos los meses del año (cuadro 1).

Referencias Bibliográficas

Englehart, Phil J. and Arthur V. Douglas. 2004. Characterizing regional-scale Variations in Monthly and Seasonal Surface Air Temperature Over Mexico. *International Journal of Climatology* 24, no. 15 (2004): 1897-1909.

Haan, Charles Thomas. 2002. *Statistical Methods in Hydrology*. (2002).



Pavia, Edgar G., Federico Graef, and Jorge Reyes. 2009 Annual and Seasonal Surface Air Temperature Trends in Mexico. *International Journal of Climatology* 29, no. 9 (2009): 1324-1329.

Solomon, Susan. 2007. *Climate Change 2007-the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Vol. 4 Cambridge University Press, 2007.

Yue, Sheng and Chun Yuan Wang. 2002. Applicability of Prewhitening to Eliminate the Influence of Serial Correlation on the Mann-Kendall Test. *Water Resources Research* 38, no. 6 (2002): 4-1-4-7.