

VARIACIÓN GEOGRÁFICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

Ramiro Chávez Mota¹

¹Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, C.P. 56230, Texcoco, México.

rchavezm@chapingo.mx - 5559632016

Resumen

Se analizaron las temperaturas máximas y mínimas promedio anuales calculadas de las temperaturas diarias reportadas por el Servicio Meteorológico Nacional en todo el territorio nacional. Se usaron solamente aquellas estaciones climatológicas que tenían registros de 30 años o más en el periodo de 1902-2012 con al menos 25 días de información en todos sus meses, las cuales fueron 1776 estaciones. Para identificar con exactitud el punto de cambio de la temperatura en cada una de las estaciones se usó un algoritmo interactivo. A nivel nacional, en las temperaturas máximas predominan las estaciones que incrementaron su temperatura, con un 62.7%. Mientras que en las temperaturas mínimas predominan las estaciones que decrementaron su temperatura, con un 50.8%. Y tomando en cuenta la latitud y la longitud las variaciones son las siguientes. Dividiendo al país en cuadrantes similar al plano cartesiano. Para temperaturas máximas, este porcentaje incrementa su valor en sentido contrario a las manecillas del reloj iniciando en el cuadrante I. Para temperaturas mínimas, este porcentaje se incrementa en forma de "S" iniciando en el cuadrante I. En cuanto a la altitud, las temperaturas máximas incrementaron su temperatura en un mayor porcentaje en ambas capas, siendo mayor en la primera. Para temperaturas mínimas, en la primera capa predomina el porcentaje de estaciones que incrementaron su temperatura, mientras que en la segunda predomina el porcentaje de las estaciones que decrementaron su temperatura.

Palabras claves: Trópico de Cáncer, temperatura, clima.

Introducción

Chávez y Singh (2015) mencionan que la identificación de las variaciones de la temperatura tanto temporal como espacialmente es fundamental para tener el conocimiento exacto de la magnitud del impacto del cambio climático en una región o país para que de esta forma se puedan tomar las medidas necesarias y mitigar en forma adecuada el impacto que pueda tener tanto en los recursos naturales como en el nivel de vida de la población. También Ruíz et al (2016) agregan que actualmente se conoce la tendencia de la temperatura promedio global; pero se requiere que la tasa de cambio se cuantifique a nivel local y regional para precisar estrategias de prevención, adaptación/mitigación en lugares específicos ya que la tendencia espacial y temporal local no obedece a la tendencia global. Por esta razón, en el presente trabajo se tiene como objetivo el análisis de las temperaturas máximas y mínimas para conocer la magnitud de sus cambios en función de las variables geográficas longitud, altitud y latitud.

Materiales y Métodos

Para el presente estudio se obtuvieron inicialmente los datos de temperaturas máximas y mínimas diarias de aproximadamente 5400 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional. Haciendo una depuración aplicando criterios de calidad en la información al final se analizaron 1776 estaciones. En donde en cada estación hay al menos 30 años con 25 días con registro o más, de ambas temperaturas en todos los meses.

Para cada una de las 1776 estaciones se obtuvieron promedios anuales de cada año de registro.

Y para identificar si hubo algún cambio de temperatura (máxima o mínima) en cada estación se aplicó el algoritmo presentado en Chávez (2022). El cual consistió, a grandes rasgos, en dividir el periodo analizado en cada estación en dos periodos con al menos cinco observaciones cada periodo. Los periodos elegidos fueron aquellos que presentaban una diferencia estadística mayor en sus medias. El criterio para encontrar los periodos con la mayor diferencia estadística en sus medias fue aquellas que presentaron el menor p-value en el método de comparación de medias de Tukey (para varianzas iguales) y Welch (para varianzas diferentes).

Una vez identificando en las 1776 estaciones climatológicas un cambio positivo (incremento), negativo (decremento) o nulo (sin cambio) tanto en temperaturas máximas como en temperaturas mínimas se procedió a buscar relación de este cambio con variables geográficas tales como altitud, latitud y longitud. En este análisis se usó el lenguaje de programación de alto nivel R versión 4.3.0 (2023-04-21 ucrt) bajo la plataforma Rstudio versión 2023.06.0+421. Se dividió cada una de estas variables geográficas en dos partes bajo el criterio de que fueran aproximadamente del mismo tamaño. Las partes que se usaron fueron izquierda y derecha del meridiano -102.5 para longitud; arriba y abajo del trópico de Cáncer para la latitud; arriba y debajo de 1100 metros de altura para la altitud; tanto para temperaturas máximas como mínimas.

Se obtuvieron los porcentajes de las estaciones en cada una de las categorías, es decir, aquellas en las que se registró un cambio en sus temperaturas y el tipo de cambio, ya

sea que haya incrementado (positivo) o decrementado (negativo) se temperatura. Y también aquellas en las que no se registró ningún cambio (neutro). Para conocer el cambio más en detalle se formaron cuadrantes usando el trópico de Cáncer y el meridiano -102.5 (que pasan aproximadamente por el centro del país) similar al plano cartesiano y se calcularon los porcentajes referidos.

Resultados y Discusión

Para las temperaturas máximas se encontró que la mayoría de las estaciones experimentaron un cambio positivo (incremento). Lo cual se puede ver en la figura 1.

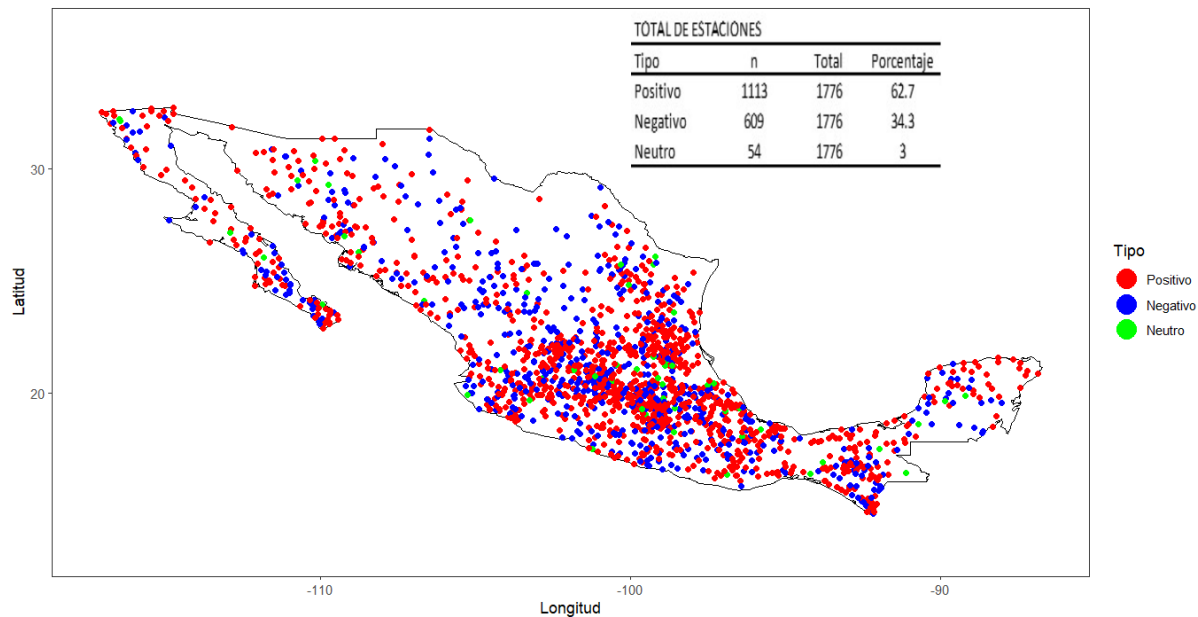


Figura 1. Porcentajes de estaciones que experimentaron un cambio positivo (incremento), un cambio negativo (decremento) y un cambio neutro (sin cambio) en sus temperaturas máximas.

En la figura 2 se presenta un histograma de las diferencias de medias para temperaturas máximas. A la izquierda para las estaciones que presentaron un cambio negativo (decremento en sus temperaturas) y a la derecha aquellas que presentaron un cambio positivo (incremento en sus temperaturas). En la misma figura aparecen las medias o esperanzas matemáticas. Para las estaciones con cambio negativo se puede observar que su media es de -1.83 y para las estaciones con cambio positivo en promedio sufrieron un cambio de 1.83 °C.

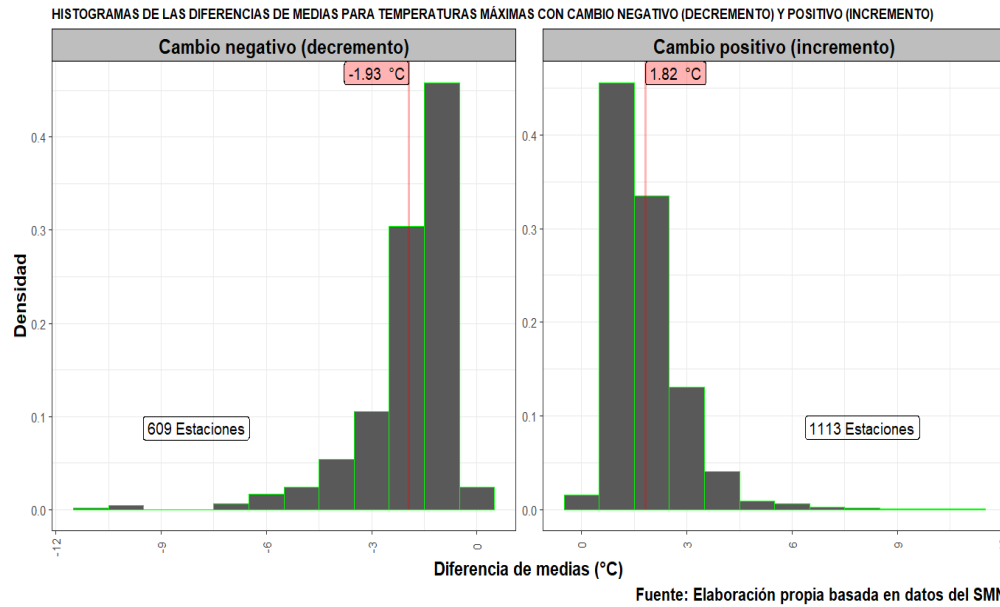


Figura 2. Histograma de las diferencias de medias de los dos periodos formados en cada una de las estaciones climatológicas que sufrieron un cambio negativo (izquierda) y un cambio positivo (incremento) en las temperaturas máximas.

En las temperaturas mínimas hubo predominancia de las estaciones que decrementaron su temperatura (figura 3).

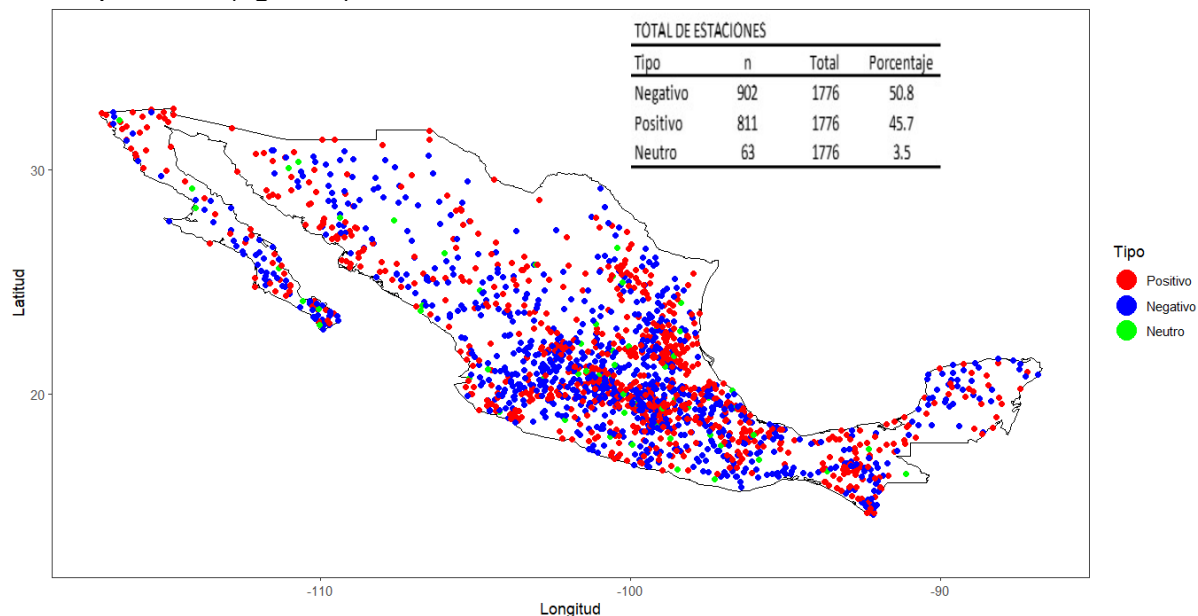


Figura 3. Igual que figura 1. Para temperaturas mínimas.

El cambio promedio de las temperaturas mínimas se puede apreciar en la figura 4. Para las estaciones que decrementaron su temperatura su decremento promedio es de $-1.66\text{ }^{\circ}\text{C}$ y para las estaciones que la incrementaron fue de $1.43\text{ }^{\circ}\text{C}$.

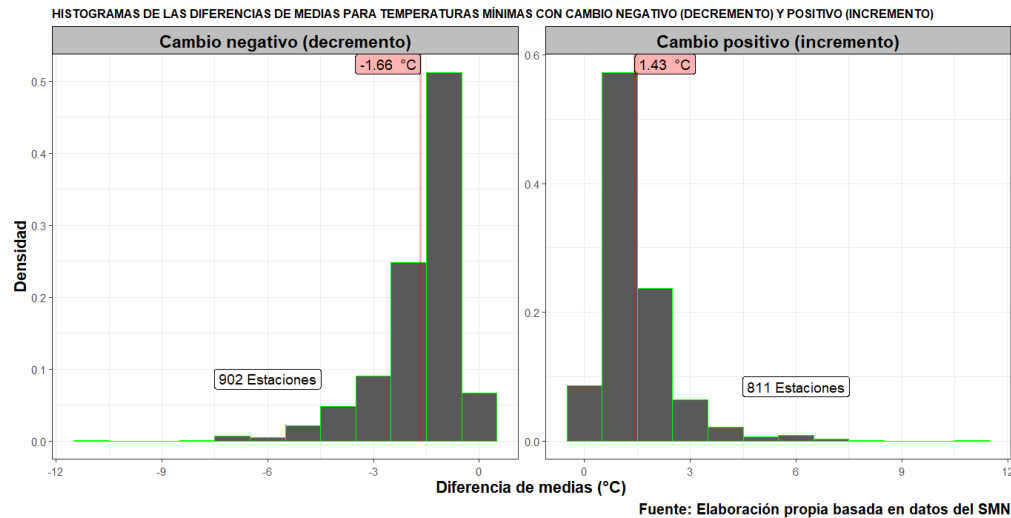


Figura 4. Igual que figura 2. Para temperaturas mínimas.

Para ver la variación en las temperaturas en función de la latitud se usó el trópico de Cáncer (latitud 23.45), debido a que es un referente de cambio en el clima y divide aproximadamente a la república en dos partes iguales.

Se encontró que el porcentaje de estaciones que incrementan su temperatura máxima predomina sobre las que decremantan su temperatura, en ambas latitudes. Siendo mayor en la parte sur (figura 5).

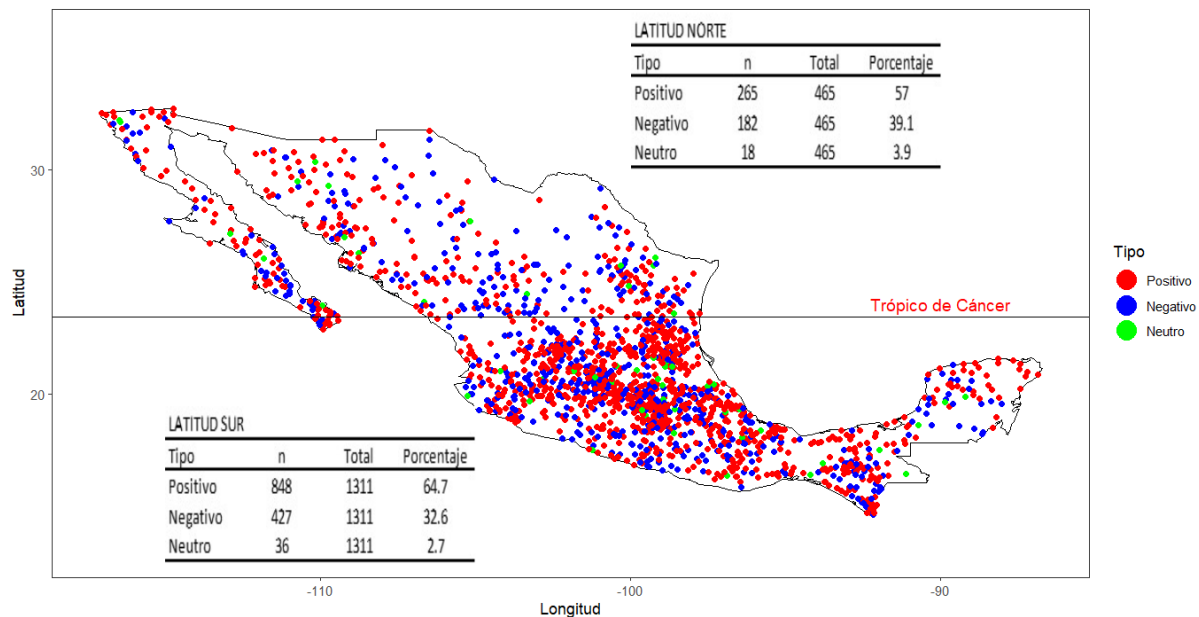


Figura 5. Porcentajes de estaciones que experimentaron un cambio positivo (incremento), un cambio negativo (decremento) y un cambio neutro (sin cambio) en sus temperaturas máximas en cada una de las dos zonas de acuerdo su latitud.

Para temperaturas mínimas se encontró que ambas partes predominan las estaciones que decrementaron su temperatura. Siendo el mayor porcentaje en la parte sur (figura 6).

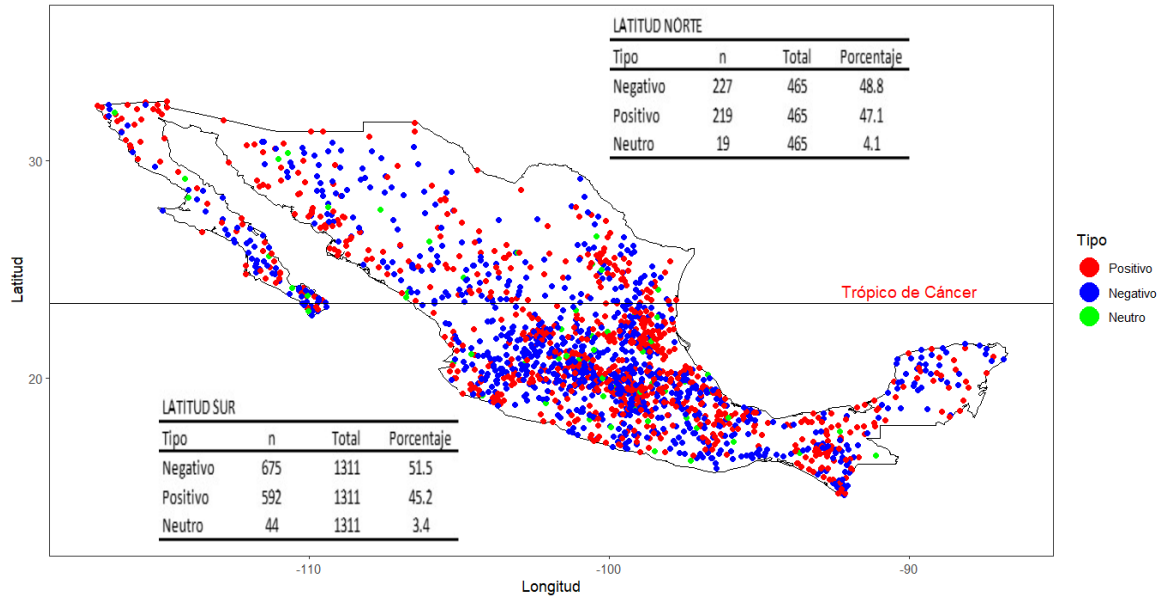


Figura 6. Igual que figura 5. Para temperaturas mínimas.

Para ver la variación en las temperaturas en función de la longitud se usó el meridiano -102.5, debido a que divide aproximadamente a la república en dos partes iguales.

Se encontró que el porcentaje de estaciones que incrementan su temperatura máxima predomina sobre las que decrementan su temperatura, en ambas longitudes. Siendo mayor en la parte oriente (figura 7).

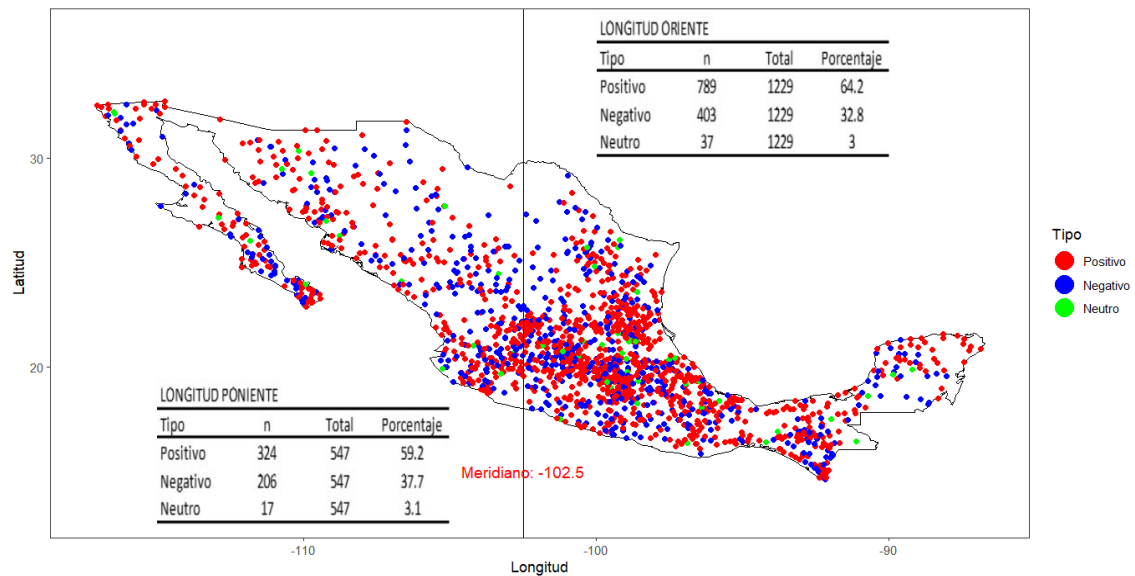


Figura 7. Porcentajes de estaciones que experimentaron un cambio positivo (incremento), un cambio negativo (decremento) y un cambio neutro (sin cambio) en sus temperaturas máximas en cada una de las dos zonas de acuerdo su longitud.

Para temperaturas mínimas se encontró que ambas partes predominan las estaciones que decrementaron su temperatura. Siendo el mayor porcentaje en la parte poniente (figura 8).

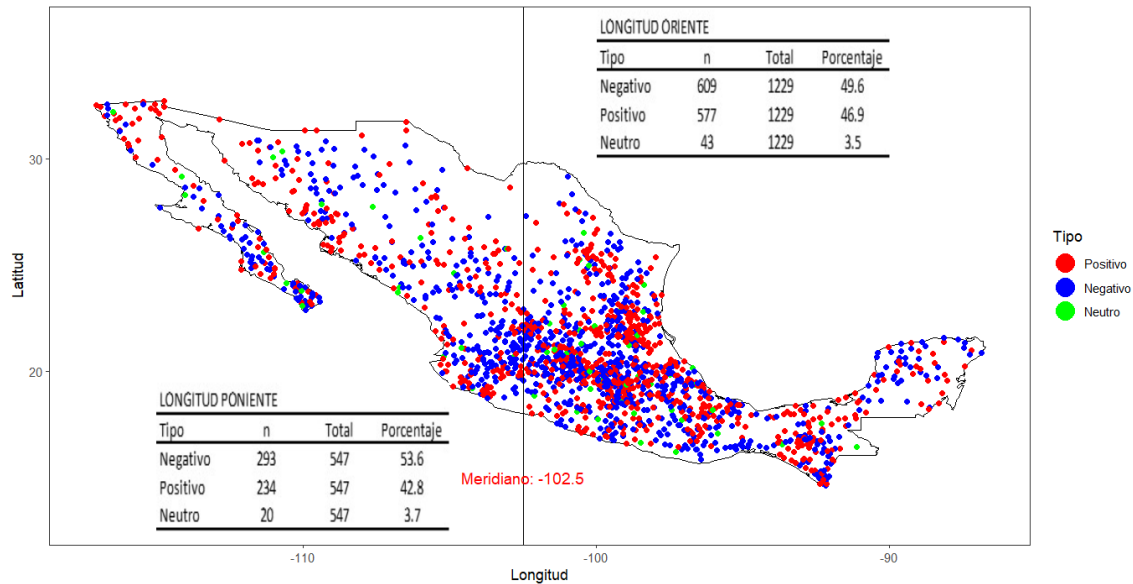


Figura 8. Igual que figura 7. Para temperaturas mínimas.

Al formar los cuadrantes, se obtuvo el detalle de los porcentajes referidos los cuales se presentan en la figura 9 para las temperaturas máximas. Se puede observar que en los cuatro cuadrantes el mayor porcentaje es de las estaciones que incrementaron su temperatura. Y aumenta en sentido contrario a las manecillas del reloj iniciando en el cuadrante I.

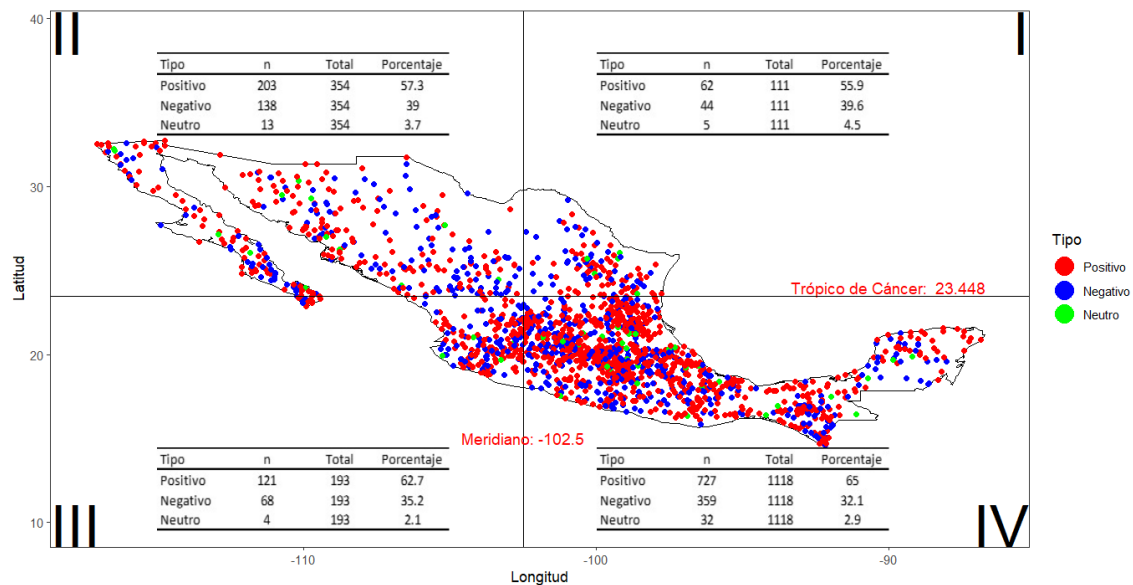


Figura 9. Porcentajes de estaciones que experimentaron un cambio positivo (incremento), un cambio negativo (decremento) y un cambio neutro (sin cambio) en sus temperaturas máximas en cada uno de los cuadrantes formados.

Y los porcentajes de las temperaturas mínimas se presentan en la figura 10. En la cual se puede observar que en tres de los cuatro cuadrantes el porcentaje predominante es el de estaciones que decrementan su temperatura. Y este porcentaje se incrementa en forma de “S” iniciando en el cuadrante I.

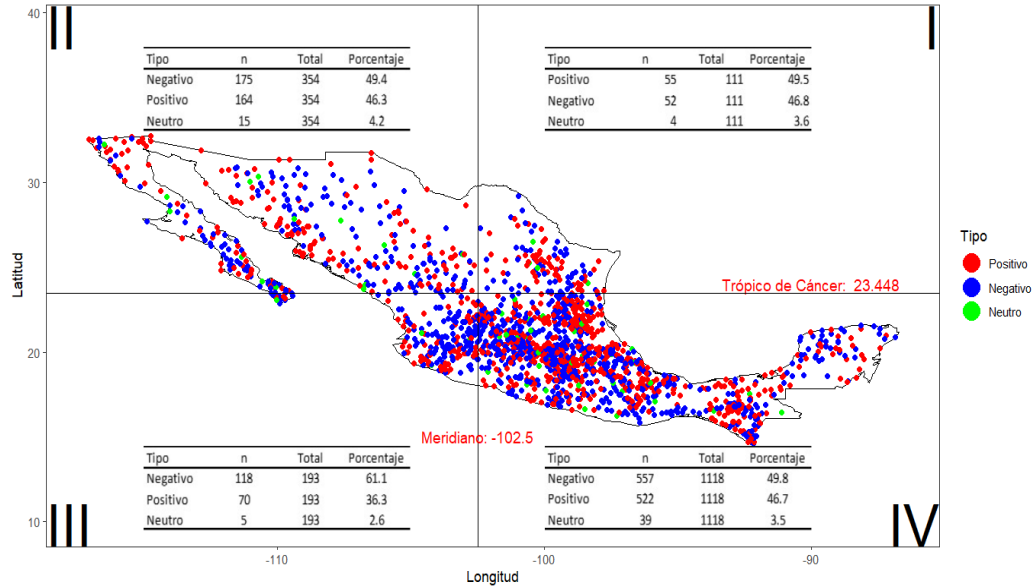


Figura 10. Igual que figura 9. Para temperaturas mínimas.

La variación de los porcentajes, en cuanto a la altitud, se pueden apreciar en detalle en la figura 11 para las temperaturas máximas. Se puede observar que predominan los porcentajes de las estaciones que incrementaron su temperatura en las dos capas, pero es mayor en la que inicia en el nivel del mar.

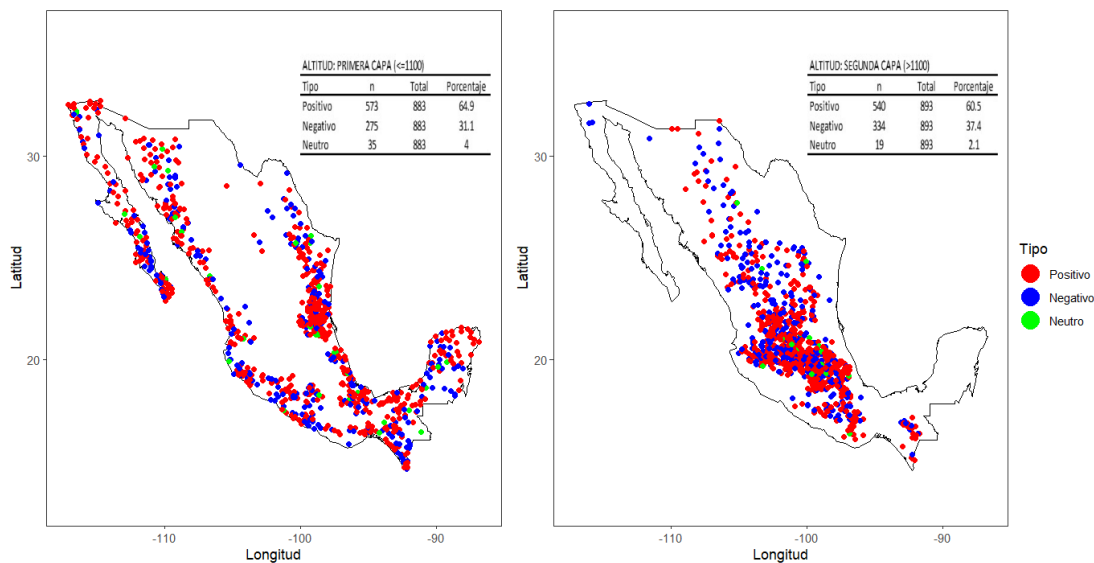


Figura 11. Porcentajes de estaciones que experimentaron un cambio positivo (incremento), un cambio negativo (decremento) y un cambio neutro (sin cambio) en sus temperaturas máximas en cada una de las capas de altitud.

Y los porcentajes de las temperaturas mínimas se presentan en la figura 12. En la cual se puede observar que en la primera capa que predomina el porcentaje de las estaciones que incrementaron su temperatura y que en la segunda capa el porcentaje predominante es el de las estaciones que la decrementaron.

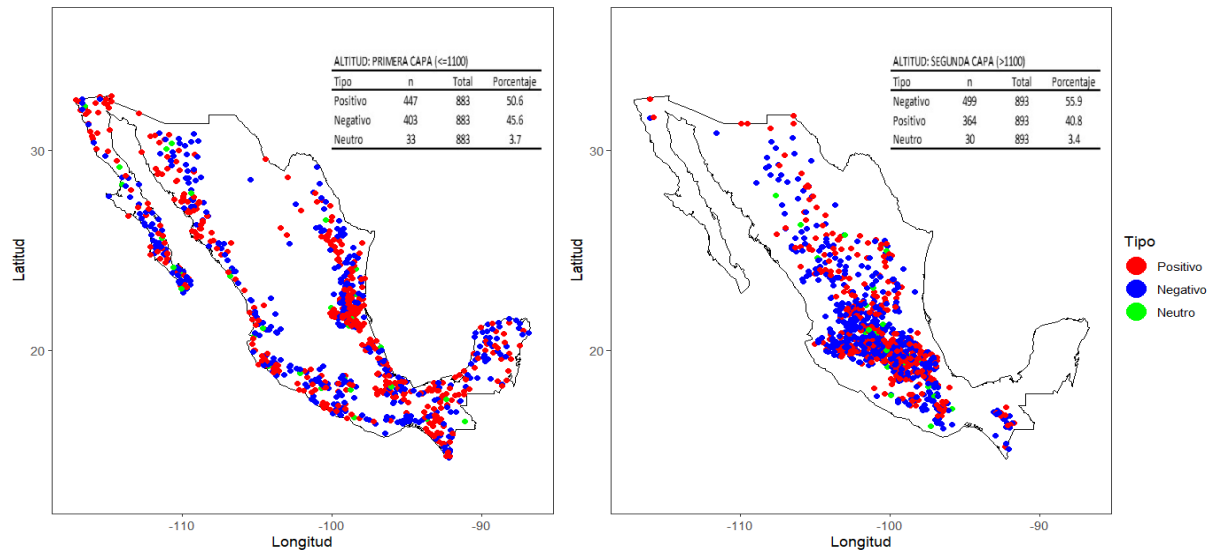


Figura 12. Igual que figura 11. Para temperaturas mínimas.

Conclusiones

Un 97% de las estaciones experimentaron un cambio en sus temperaturas máximas y 96.5% en sus temperaturas mínimas.

Para temperaturas máximas a nivel nacional predominan las estaciones que se calentaron sobre las que se enfriaron. Mientras que para temperaturas mínimas predominan las estaciones que se enfriaron.

En cuanto a intensidad, las temperaturas máximas que sufrieron un incremento en sus temperaturas, éste fue de 1.82°C. Mientras que las que sufrieron un decremento, éste fue de -1.93 °C.

Para las temperaturas mínimas el incremento promedio fue de 1.43 °C para las estaciones que incrementaron su temperatura. Mientras que para las estaciones que la decrementaron, el decremento fue de -1.66 °C.

Considerando la latitud. El porcentaje de las estaciones que incrementaron sus temperaturas máximas fue mayor en la parte sur del país. En cuanto a temperaturas mínimas, el mayor porcentaje en esta parte del país fue el de las estaciones que decrementaron su temperatura.

En cuanto a la longitud, tanto en la parte oriente como en la parte poniente del meridiano -102.5 las estaciones que predominan son las que incrementaron su temperatura máxima. Siendo mayor el porcentaje en la parte oriente. En cuanto a temperaturas mínimas, en ambas partes del país predominan las estaciones que decrementaron su temperatura. Siendo mayor en la parte poniente del país.

En altitudes menores el porcentaje de las estaciones que incrementaron su temperatura máxima fue mayor. Mientras que para temperaturas mínimas ocurrió lo contrario. De esta

manera, se puede apreciar una correlación positiva de las temperaturas máximas con la altitud. Mientras que las temperaturas mínimas tienen una correlación negativa con esta variable geográfica.

Tomando en cuenta la latitud y longitud simultáneamente, la variación del porcentaje de las estaciones para temperatura máxima se incrementa en el sentido contrario a las manecillas del reloj iniciando en el cuadrante I. Mientras que, para temperaturas mínimas, el porcentaje de las estaciones que se enfrían es mayor en tres de los cuatro cuadrantes (con excepción del cuadrante I). La forma en que se incrementa este porcentaje es en forma de “S”, Iniciando en el cuadrante I.

Referencias Bibliográficas

Chávez Mota, R. (2022). *Variación del cambio climático con respecto al clima*. VII congreso Nacional de riego, drenaje y biosistemas.

https://www.riego.mx/congresos/comeii2022/assets/docs/ProtPonencias/PDF_Extenso/22030_RamiroChavez_extenso.pdf

Chávez Mota R. y Singh V.P. (2015). *Análisis temporal y espacial de las tendencias en temperaturas máximas y mínimas mensuales en México*. Memorias del XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 1085 páginas.

Ruíz Álvarez, O., Espejel Trujano, D., Ontiveros Capurata, R. E., Enciso, J. M., Galindo Reyes, M. A., Quesada Parga, M. L., ... & Ruíz Corral, J. A. (2016). *Tendencia de temperaturas máximas y mínimas mensuales en Aguascalientes, México*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(SPE13), 2535-2549.

Santillán-Espinoza, L. E., Blanco-Macías, F., Magallanes-Quintanar, R., García-Hernández, J. L., Cerano-Paredes, J., Delgadillo-Ruiz, O., & Valdez-Cepeda, R. D. (2011). *Tendencias de temperaturas extremas en Zacatecas, México*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 2(spe2), 207-219.