



FONDO MEXICANO
PARA LA CONSERVACIÓN
DE LA NATURALEZA, A.C.

INSTITUCIÓN PRIVADA

ESCENARIOS SOBRE EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GANADERÍA SOSTENIBLE/REGENERATIVA EN CHIHUAHUA, MÉXICO

PRODUCTOS FINALES

CONSULTOR
Alejandro Ismael Monterroso Rivas

22 de junio de 2022

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	3
PRODUCTO FINAL 1. UN COMPENDIO DE ESTUDIOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA Y EN LAS CUENCAS SANTA MARÍA, CASAS GRANDES, DEL CARMEN, EL CARRIZO Y OTROS	27
PRODUCTO FINAL 3. DIAGNÓSTICO SOBRE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS QUE AFECTAN A LA GANADERÍA BOVINA EN LAS CUENCAS DEL PROYECTO, INCLUYENDO FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS.	48
PRODUCTO FINAL 5. ESCENARIOS LOCALES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LAS CUENCAS DEL PROYECTO.	150
PRODUCTO FINAL 6. ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN GANADERA BOVINA, EN SU CADENA PRODUCTIVA Y DE COMERCIALIZACIÓN, CON ESPECIAL ÉNFASIS EN EL MANEJO TÉCNICO-PRODUCTIVO.....	215
PRODUCTO FINAL 7. ESTRATEGIAS DE RESILIENCIA, ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO PARA LA GANADERÍA BOVINA.	250

RESUMEN EJECUTIVO

En el mundo la producción ganadera representa el 40% de la producción agrícola mundial y contribuye a los medios de vida y la seguridad alimentaria de casi mil millones de personas en todo el mundo (Salem et al., 2011). En México, el sector ganadero contribuye con el 1.12% del Producto Interno Bruto (INEGI, 2022a). El PIB del sector ganadero ha tenido un incremento casi constante desde 1993. El sector produce anualmente cerca de dos millones de toneladas de carne y 11 millones de litros de leche, a través de más de 750 mil personas que se dedican a la cría y explotación de especies ganaderas (SAGARPA-SIAP, 2018). Alrededor de 109.8 millones de hectáreas del territorio nacional está dedicado a la producción ganadera, cerca del 56% de la superficie total del país (SAGARPA-SIAP, 2018).

Del ganado se detonan industrias de leche y de carne muy vigorosas que proveen alimentos accesibles para que la población en zonas urbanas y rurales los consuman (FMCN, 2021a). El sector ganadero es fundamental para la seguridad alimentaria. El ganado juega un papel importante en las cuatro dimensiones principales de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, estabilidad y utilización (FAO, 2009). Además, ganaderos y agricultores rurales dependen directamente del ganado para obtener alimentos, ingresos y servicios.

El cambio climático y la producción de alimentos son dos de los principales desafíos que enfrentan los países a nivel global. Se reconoce que las actividades agropecuarias, en particular la ganadera, son tanto contribuidoras al proceso como víctimas potenciales del cambio climático, debido a esto, se necesitan intervenciones normativas y soluciones técnicas para abordar los efectos de la producción ganadera y los que el cambio climático tiene sobre esta. La ganadería contribuye de manera importante a las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente en CH₄, a través de dos procesos: la fermentación entérica y por el manejo de estiércol. El sector también es responsable del 10.3% de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas en la nación (INECC, 2018). Además, alrededor del 43% de la superficie ganadera está degradada por sobrepastoreo (SEMARNAT, 2014).

El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN, 2021a) a través del proyecto “La ganadería regenerativa como herramienta para la conservación de la biodiversidad (GANARE)” busca una ganadería de bovinos sustentable, en cuatro estados: Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, donde la producción de leche y carne sea de calidad y a precios accesibles donde se permita garantizar la seguridad alimentaria de la población, así como también, ser una actividad con menos externalidades negativas al entorno, procurando la preservación de la biodiversidad, uso racional y regeneración del suelo y del agua. El presente documento trata sobre los resultados de la consultoría sobre “Elaboración de escenarios sobre el impacto del cambio climático en la ganadería sostenible/regenerativa en Chihuahua, México”, desarrollada durante el primer semestre del año 2022 con el apoyo del FMCN.

1. Abordaje Metodológico

El objetivo de la consultoría fue “*Desarrollar los escenarios de impacto del cambio climático sobre la ganadería bovina sostenible/regenerativa en las cuencas de Santa María, Casas Grandes, Del Carmen, El Carrizo y Otros, en el estado de Chihuahua, e identificar estrategias de adaptación y mitigación para cada una de las etapas productivas y de comercialización*”. Para abordarlo, los términos de referencia indican siete etapas:

1. Revisión bibliográfica de estudios de cambio climático y ganadería en Chihuahua.
2. Base de datos hidrometeorológica depurada por cuenca.
3. Diagnóstico sobre las condiciones meteorológicas que afectan a la ganadería bovina en las cuencas del proyecto, incluyendo fenómenos hidrometeorológicos extremos.
4. Climogramas, gráficas de series de tiempo de precipitación y temperatura anual y análisis de tendencia de cambio de las temperaturas y las precipitaciones mensuales y anuales, así como las medias, máximas y mínimas mensuales y anuales.
5. Escenarios locales de cambio climático para las cuencas del proyecto y simulación de la evolución prevista de los índices climáticos.
6. Un análisis del impacto del cambio climático en la producción ganadera bovina, en su cadena productiva y de comercialización, con especial énfasis en el manejo técnico-productivo.
7. Estrategias de resiliencia, adaptación y mitigación a corto y largo plazo para la ganadería bovina.

Revisión bibliográfica. Se seleccionaron una serie de palabras clave y se buscó en artículos científicos, revistas indexadas, tesis, informes técnicos, conferencias, resúmenes, seminarios y reuniones científicas. Se profundizó en colecciones de revistas de acceso abierto. Después, se completó una base de datos alimentada con las referencias y los principales hallazgos.

Base de datos. Se estructuraron datos meteorológicos de precipitación y temperatura tras un proceso de revisión de calidad, para cada una de las cuatro cuencas estudiadas. En las cuencas de estudio se trabajaron 31 estaciones, a pesar de encontrarse poco menos de 70. Algunas estaciones no cuentan con series de datos completas y recientes por lo que tuvieron que descartarse. Para cada estación y por cuenca se organizaron archivos de precipitación, temperaturas máximas, medias y mínimas y se graficaron las series de tiempo.

Diagnóstico climático. Se describe el medio natural y socioeconómico de las cuencas, haciendo énfasis en las condiciones ambientales que determinan el clima en la región. Especial atención se considera en los elementos de variabilidad climática (monzón, ciclones y ENSO) así como para el análisis de eventos extremos de temperatura y precipitación. Al final se hace un breve recuento de las implicaciones y retos para la actividad ganadera en la región.

Climogramas. Con las series de tiempo para cada estación meteorológica se elaboraron climogramas representativos. Cada archivo cuenta con información de precipitación, temperaturas máximas, medias y mínimas donde es posible desplegar un climograma estilo “dashboard” o autodesplegable.

Escenarios de cambio climático. Para seleccionar modelos a utilizar primero se evaluó el desempeño de 15 modelos de circulación general para el período histórico 1961 a 2000 mediante métricas climáticas (error absoluto medio [MAE], desviación estándar [Std], correlación [r] y diagramas de Taylor); a escalas anuales y estacionales, para las variables precipitación, temperatura promedio, temperatura máxima y temperatura mínima en dos regiones del país que cubren Chihuahua y la región de estudio. Resultado de lo anterior se seleccionaron cuatro modelos (CNRM-CM5, CanESM2, IPSL-cm5a-lr y MRI-CGCM3), dos horizontes de tiempo (2061-2081 y 2081-2100) y dos escenarios socioeconómicos (SSP3-7.0 y SSP5-8.5), obteniendo así 16 escenarios de cambio climático.

Impacto de cambio climático. La información sobre cadena productiva de carne y leche fue tomada de Alonso (2021a y 2021b). Con base en revisión bibliográfica, experiencia previa en estudios similares y consulta con ganaderos de la región se documenta el impacto de cambio por eslabón de cada cadena productiva.

Estrategias de adaptación al cambio climático. Para identificar acciones de adaptación en la actividad ganadera se siguieron dos líneas de acción. La primera, fue consultar referencias bibliográficas y de estudios previos que analizan y proponen listados de acciones. La segunda, con base en la cadena productiva y el análisis climático.

A continuación, en los siguientes apartados, se presentan los principales resultados encontrados.

2. Ganadería en Chihuahua

La extensión territorial del estado de Chihuahua representa 12.6% de la superficie nacional y una superficie pecuaria de 17.8 millones de hectáreas (72% del territorio estatal) (Comisión de Desarrollo Rural y Ganadería, 2021). Logrando para el 2020, un volumen de producción en el estado de 1,483,017.7 toneladas, siendo 3 municipios los que producen 50% del total: Delicias 28%, Cuauhtémoc 15% y Riva Palacio 10% (SIAP, 2020). La producción para el mismo año en número de cabezas fue de 4, 158, 450 entre bovinos, ovinos, porcino, caprinos, abejas (colmenas), aves y guajolotes. Cabe resaltar que, en los últimos tres años, el número de cabezas ha incrementado, a excepción de ovinos y guajolotes los cuales han disminuido.

A nivel nacional Chihuahua se coloca entre los primeros diez lugares de producción pecuaria de origen bovino. En 2019, el estado aportó el 4.3% de la producción nacional de ganado en pie con 157,480 toneladas. La producción de carne se realiza en los 67 municipios del estado, mientras que la producción de leche se realiza en 42, lo que representa 108,861 km² del total del estado. Para el mismo año la producción de carne en canal se colocó en el noveno lugar con una producción de 85,405 toneladas y 1,160,432 L de leche (FMCN, 2021).

A pesar de la alta producción e importancia del sector ganadero se presenta una limitante: el factor climático. El clima propicia vulnerabilidad al sector por la variación que se observa. En los últimos años la precipitación ha sido más errática y por lo tanto la producción de forraje (PINCC, 2015). En

el año 2020 y el primer semestre de 2021 la cantidad de agua llovida ha sido escasa, afectando la disponibilidad de forraje en los agostaderos (Comisión de Desarrollo Rural y Ganadería, 2021).

El estado también ha sido impactado por diferentes eventos climáticos extremos. De acuerdo con el registro de datos DesInventar [Version 9.12.8 - 2011] durante el periodo del 2000 al 2013 los principales eventos registrados son escarcha, granizada, lluvia, nevada, ola de calor, onda fría, sequía, tormenta, tornado y viento fuerte. Las nevadas ocurrieron con mayor frecuencia durante este periodo de tiempo, alcanzando temperaturas de -14°C , dejando a miles de personas afectadas e incomunicadas, carreteras, caminos y puentes viales fueron cerrados a la circulación por las fuertes nevadas. Cabe resaltar que únicamente en el año 2007, se reportaron 107 eventos de este tipo. Los eventos de escarcha y onda fría ocurrieron con menor frecuencia en comparación a las nevadas, aun así, su frecuencia es de considerarse importante, ya que han alcanzado temperaturas de -20°C . En contraste, el año 2008 y 2013, podrían considerarse como los más lluviosos, varios cultivos fueron dañados, 15 municipios se declararon en emergencia (Meoqui, San Francisco del Oro, Santa Bárbara, Matamoros, Huejotitán, Nonoava, San Francisco de Borja, Rosales, Satevó, Balleza, Dr. Belisario Domínguez, Carichí, El Tule, Valle de Zaragoza y Rosario) y se reportó el desbordamiento el río Urique.

Vazquez-Galvez (2019) asegura que en 2013, Chihuahua enfrentó su peor escenario de sequía en los últimos 150 años, impactando directamente en las actividades económicas productivas como la ganadería y la agricultura. Por otro lado, durante el año 2011, se reportaron 38 eventos de sequía, considerado como la peor sequía en 70 años, dejó la pérdida de 475 mil ha entre maíz y frijol, se perdieron 180 cabezas de ganado (12% del total del hato ganadero), lugares en extrema pobreza como la sierra Tarahumara se reportó como la más afectada, ya que pudieron cosechar frijol y maíz. En el año 2013 el mismo fenómeno causó la pérdida del 35% del hato ganadero del estado. Un evento extraordinario ocurrió en el año 2013, se reportó un evento de tornado, el viento alcanzó una velocidad de 150 km/h; arrancó los techos de varias casas del ejido Lucio Blanco, derribó algunas bardas y postes de luz y destruyó sembradíos de alfalfa y otros cultivos.

Como se observa, la producción ganadera en el estado es compleja, resiente las variaciones climáticas. Además, la comercialización del ganado también aporta complejidad. Se realiza en diferentes fases o en tres mercados principales: compra de becerros por un intermediario para engordar, la venta directa del becerro y la exportación del becerro, y toda la diversidad de productos que se obtienen de la leche. Se observa concentración alrededor de las industrias envasadoras de leche como Grupo ALPURA, la empresa gubernamental LICONSA y empresas locales de producción de queso como Lácteos Menonitas de Chihuahua, S. A. de C. V (FMCN, 2021).

Para conocer un poco mas sobre estudios de ganadería y cambio climático en Chihuahua referirse al documento entregable [Revisión de Estudios.docx](#) en carpeta "Compendio de estudios".

3. Clima en Cuencas estudiadas

En el área de estudio se identifican ocho tipos de climas según Köppen modificado por García, es posible denotar que los templados y semihúmedos tienen una correspondencia con las zonas de

mayor elevación, mientras que en las planicies y llanuras se distribuyen las unidades climáticas más secas y cálidas. Específicamente es posible encontrar los climas muy seco semicálidos, muy seco templados, seco semicálido, seco templado, semiseco semifrío, semiseco templado, semifrío subhúmedo y templado subhúmedo.

En la Cuenca Casas Grandes el 44.5% del territorio presenta un clima muy seco (BWkw y BWkw(x')) templado con temperatura media anual entre los 12° y 18 °C y un régimen de precipitación intermedio con precipitaciones invierno con un porcentaje mayor al 10.2 % anual.

La Cuenca Santa María presenta un patrón de distribución de temperaturas y precipitaciones muy parecido al de Casas Grandes, en ambas cuencas existe coincidencia en los meses más secos (abril) y por lo general también se presenta correspondencia en los meses húmedos siendo estos julio, agosto y septiembre. En la cuenca se distribuyen principalmente cinco tipos generales de clima: muy seco templado (BW), seco templado (B0), semiseco templado (BS1), semiseco semifrío y semifrío subhúmedo (C(E)).

La Cuenca del Río del Carmen presenta un rango de alturas que va desde los 1,185 hasta los 2,861 msnm, con precipitación media anual desde 247 mm hasta 515 mm y con una oscilación de la temperatura media anual entre 11.7 °C y 17 °C. En la parte baja de la Cuenca se manifiestan los climas muy secos templados de tipo BWkw y BWkw(x'), los cuales se caracterizan por ser templados con verano cálido, temperaturas medias: anual entre 12° y 18 °C, del mes más frío entre -3° y 18 °C y del mes más cálido > 18 °C.

En la zona baja de la Cuenca del Río Carrizo se presenta un rango de alturas de 1,114 msnm hasta 2,181 msnm. Se distribuyen dos tipos generales de climas: muy seco semicálido (BWhw y BWhw(w)) y muy seco templado (BWkw y BWkw(w)). Se caracterizan por tener un régimen de lluvias de verano con mayor precipitación en el mes de agosto (70 mm) la cual, a diferencia de lo observado en otras regiones del área de estudio, está un 20 % por encima de los meses que secundan en nivel de precipitación (julio y septiembre). La temperatura media anual presenta una amplia oscilación ya que se presenta desde los 5°C en los meses de enero y diciembre hasta los 25 °C en el mes de julio. Las temperaturas máximas anuales se encuentran de 15 °C en diciembre y enero hasta los 36°C en los meses de junio y julio, mientras que las mínimas alcanzan los 18°C en verano y hasta -5°C en invierno.

Las precipitaciones del noroeste de México son las más variables del país, las lluvias de verano de esta región representan el 60 a 80% del total anual, aproximadamente. El inicio de la precipitación durante el mes de julio, está en contraste dramático con la sequía de junio. De tal forma que durante el mes de junio el oeste mexicano está dominado por una circulación divergente (evaporación excede la precipitación); mientras que durante julio y agosto se tiene una clara convergencia (precipitación excede la evaporación).

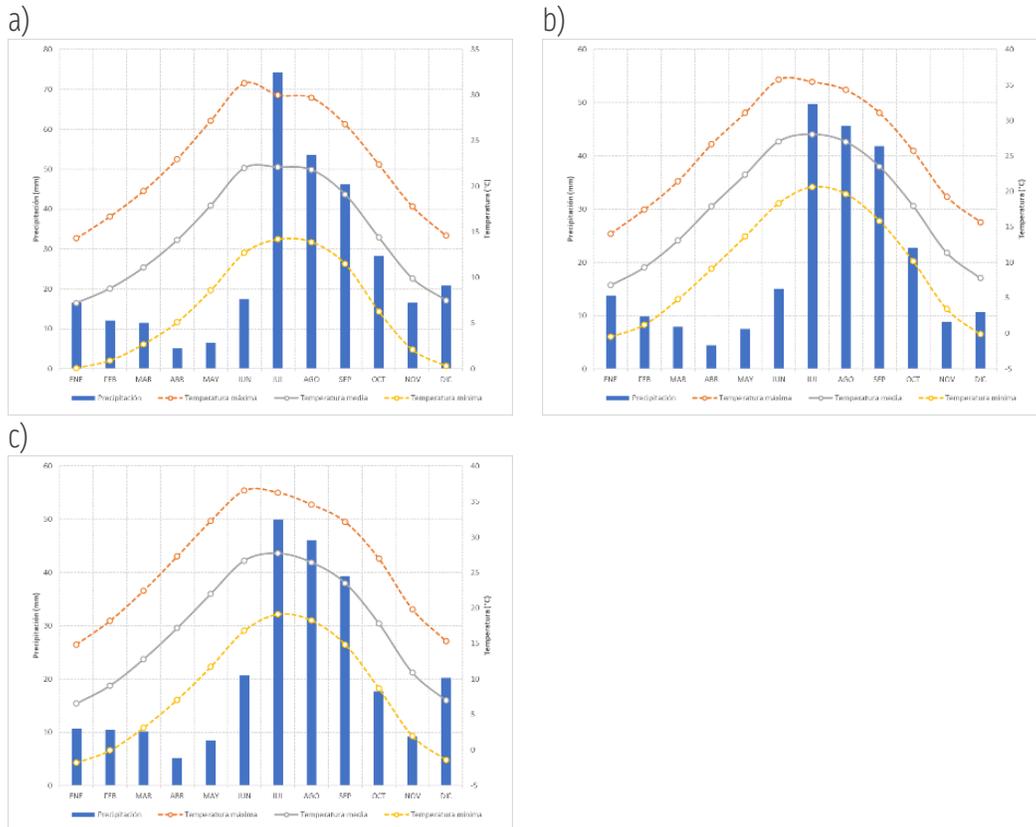


Figura 1. Climogramas representativos en Cuencas a) Casas Grandes, estación 8001 Ascención b) Santa María, estación 8030 Juárez y c) Río del Carmen, estación 8121 Samalayuca.

No obstante un elemento clave a considerar es que el noroeste de México y el sur de Arizona se caracterizan por la mayor variabilidad en la convección de verano (e.g., Douglas et al. 1993, Mullen et al. 1998) asociada con el sistema del monzón de Norte América. Además existe una variabilidad interanual de las regiones lluviosas, ya que el patrón climatológico de las lluvias muestra considerables diferencias año con año, lo cual sugiere que los aspectos más interesantes se relacionen con los fenómenos de mayor escala que controlan la circulación oceánica y atmosférica. En este sentido la variabilidad interanual de la precipitación depende fuertemente de la presencia de fenómenos diversos tales como la circulación monzónica, sistemas convectivos de mesoescala y ciclones tropicales (Reyes et al., 1994). Otro fenómeno no menos importante y con una influencia tal que puede ser capaz de modificar los patrones normales del clima alrededor del mundo (Magaña et al., 2003) es el Niño Oscilación del Sur, el cual a grandes rasgos se caracteriza por generar condiciones anómalas de la temperatura del océano en el Pacífico tropical oriental.

Para conocer mas sobre el comportamiento del clima en las cuencas del estado de Chihuahua referirse a los documentos entregables sobre [1\) Análisis regional del clima](#), [2\) Climogramas](#) y [3\) base de datos climáticos](#), en carpetas “Análisis regional del clima”, “Base digital de datos climáticos” y “Climogramas”.

4. Cambio climático en Cuencas estudiadas

Temperaturas. Los cuatro modelos analizados¹ (CNRM-CM6-1, CanESM5, IPSL-CM6A-LR y MIROC6) en el área de estudio proyectan incremento de la temperatura media anual para el horizonte de tiempo 2061-2081. El aumento de la temperatura podría ser de 5.57°C (modelo CanESM5) y hasta 6.36°C. En cuanto a las temperaturas mínimas el incremento podría de 5.44°C y 6.21°C. Las temperaturas máximas también tendrán incremento similar, siendo desde 5.71°C y hasta 6.52°C. En todos los casos depende del modelo analizado. Este comportamiento ya es palpable, ya que en un breve ejercicio con actores clave de ganadería en el estado² indicaron que (100%) la temperatura máxima en el año, o los veranos, ha aumentado. Sobre la temperatura mínima, 75% indicó que ha disminuido, el restante que permanece muy parecido a las condiciones actuales. Concluyen señalando que las heladas cada vez son mas frecuentes así como las ondas de calor aumentan (75% de los entrevistados).

Precipitación. Se proyecta que la lluvia total anual tendrá un ligero incremento en los meses de junio a septiembre. Como resultado es posible que la precipitación total anual incremente 23 mm a 26 mm. Sin embargo, en algunos modelos se prevé que bajará la lluvia en agosto y septiembre. La precipitación en los meses de enero a mayo y de octubre a diciembre tendrán un comportamiento similar a los actuales. Se estima que la subcuenca El Carrizo y Otros tendrá mayor disminución de la precipitación total anual. Los entrevistados indicaron que a lo largo del año es menor o ha disminuido la cantidad de precipitación (75%). La cantidad de lluvia por evento o por día ha disminuido así como aumentado las sequías (75% de las respuestas).

Los efectos del cambio climático ya comienzan a ser perceptibles por la población de Chihuahua, tal es el caso de una región de extrema pobreza como la Sierra Tarahumara. Cueva et al. (2011) realizó un estudio donde resalta que también son vulnerables al cambio climático, principalmente por los eventos climáticos extremos que se han acrecentado, como las bajas temperaturas que además son una amenaza importante para su salud, el exceso de plagas y a la falta de humedad en el suelo provocan un aumento de las enfermedades, aunado a lo anterior la escases del agua es una amenaza para los cultivos, ganado y consumo humano; sin embargo, aseguran que la población desarrolla respuestas para afrontarlo y adaptarse mediante la implementación de tres tipos de estrategias: a) las basadas en sus usos y costumbres, b) la utilización del sistema de salud que ofrecen las instituciones públicas y las organizaciones no gubernamentales, y c) las prácticas sociales orientadas al exterior y la emigración a las zonas urbanas como canales de integración con la sociedad "occidental".

¹ Aquellos modelos con mejor desempeño después de aplicar métricas climáticas (error absoluto medio [MAE], desviación estándar [Std] y correlación [r]) para las variables de temperatura media, mínima y máxima de los modelos CMIP6.

² Aplicada de manera electrónica a seis actores clave: dos actores de gobierno, dos organizaciones de la sociedad civil y dos investigadores de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH.

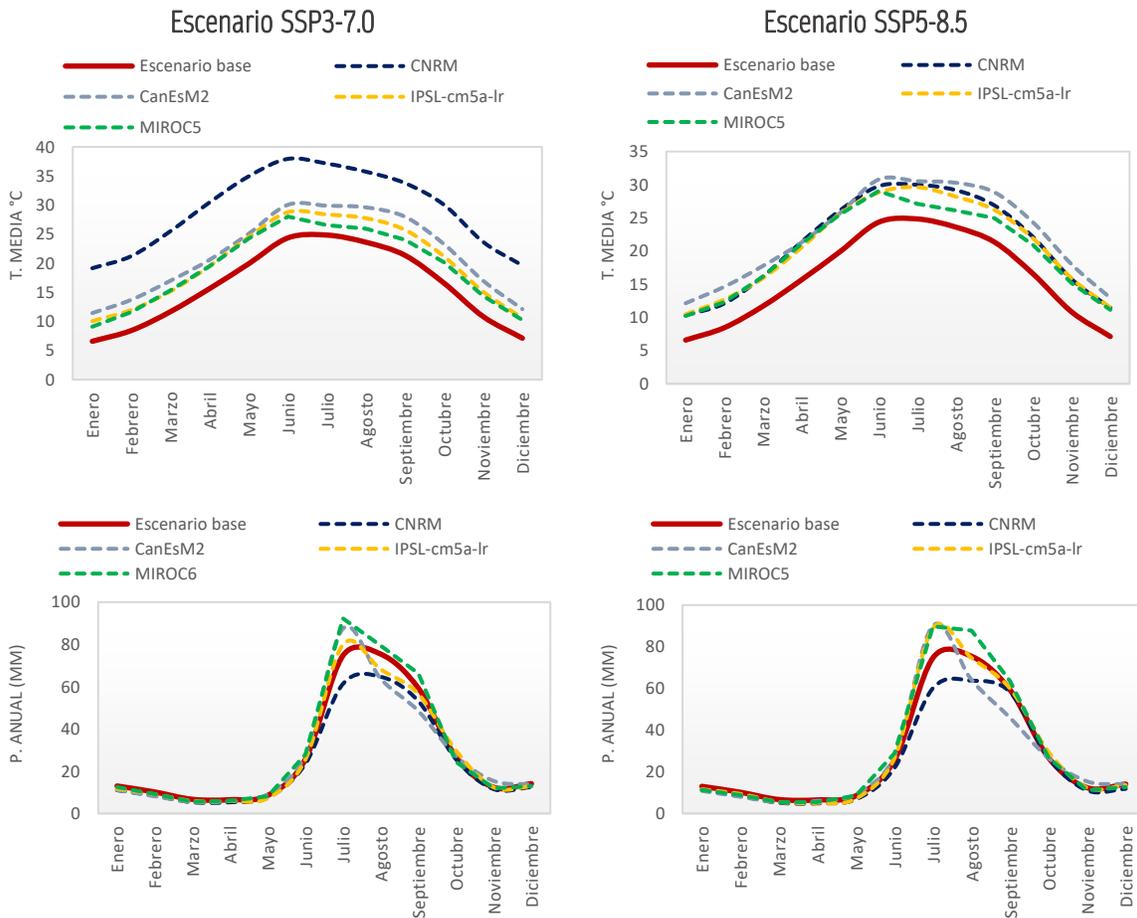


Figura 2. Proyecciones de cambio sobre temperatura media (arriba) y precipitación total (abajo) en dos escenarios de cambio climático SSP3-7.0 (izquierda) y SSP5-8.5 (derecha).

Algunos autores como Konzmann et al. (2013) y Zhang y Cai (2013) han demostrado mediante investigación con proyecciones (19 CMIP3 GCM y CMIP5) que para el año 2080 se incrementará la demanda del agua de riego, mientras que Zhang y Cai (2013) sugieren que disminuirá a nivel global el déficit de agua de los cultivos. Lo anterior indica que los impactos del cambio climático sobre el ganado incluirán efectos en la disponibilidad de forraje y la alimentación, impactos directos de los cambios en la temperatura y la disponibilidad de agua en los animales y efectos indirectos a través de enfermedades del ganado. Se espera que el calentamiento alargue la temporada de crecimiento del forraje pero disminuya la calidad del forraje, con variaciones importantes debido a los cambios en las precipitaciones (IPCC, 2014a). Existe un alto grado de confianza en que las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal y las tasas de crecimiento (André et al., 2012).

Ramírez-Marfil et al., (2021) analizan la causa y efecto de la problemática ambiental en un contexto de cambio climático en el municipio de Delicias desde la perspectiva social, encontrando que la actividad percibida como causante de mayor daño ambiental es la industria (80.20 %), seguida de la agricultura (13.80 %) y solamente con 5.20 % la ganadería, los autores reportan que las personas

identifican a la industria como causante de daño ambiental pero no a la agricultura. La zona de marginación y el nivel de estudios mostraron una fuerte asociación con el nivel de percepción ambiental de las personas, detectándose que, a mayor marginación, mayor desconocimiento en materia ambiental, por ejemplo, en zonas de muy baja marginación la percepción de problemas ambientales correspondió más con la ganadería, el uso de herbicidas y con el cambio climático.

Por otro lado, la Unión Ganadera Regional de Chihuahua (2020) asegura que el clima ha generado un escenario en el que el crecimiento de los pastizales no ha sido lo suficiente para contar con el abasto alimentario de las reses. Generando una situación de emergencia, por lo que se tiene contemplado deshacerse de los animales con bajos índices reproductivos, situación que no puede posponerse, pues de lo contrario el sector no podrá resistir hasta la próxima temporada de lluvias. En el último siglo, el impacto ecológico de la sequía y el mal manejo del ganado en los pastizales de Chihuahua fue severo, lo que causó la baja productividad de los pastizales, necesarios para sustentar poblaciones viables de vida silvestre y ganado (González Villela et al., 2018). Las proyecciones del clima al futuro cercano indican que la zona experimentará incrementos en su temperatura media anual, muy probablemente asociados con mayor frecuencia de episodios de temperatura máxima extrema (por encima de los 40°C) e incluso valores que superen los 50°C (CONANP, 2014a). Esta situación desencadenará, con base a un escenario de cambio climático de 1.5°C, un decremento máximo de escurrimiento que va del 22% para el 2030, hasta el 28% para el 2100, colocando al Río Conchos con una muy alta vulnerabilidad y sobre el tema ganadero, la preocupación se enfatiza en la degradación de los pastizales (Cervantes Rendón, 2019). Villazón Bustillos et al. (2017) indican que para un escenario a corto plazo (2050) se espera un aumento tanto en la temperatura como en la precipitación, permitiendo en algunos casos, mejorar la producción de avena de 3.57 t/ha a 8.11 t/ha, mientras que a largo plazo (2080) se espera un incremento permanente en la temperatura, sin embargo, la cantidad e intensidad de precipitación no será un factor de importancia, ya que en las actuales regiones productoras de avena no se desarrollará los cultivos para su cosecha.

Aunado a lo anterior, los animales experimentan estrés cuando las condiciones climáticas en que se encuentran sufren cambios notables, provocando que los animales reduzcan la producción y reproducción para adaptarse a esta nueva situación; Antillón-Ruíz et al. (2012) reportan que, en el municipio de Jiménez, debido al efecto calórico se redujo el porcentaje de preñez entre 29 a 33% en el periodo de enero a mayo y de 19 a 22% en el periodo de julio a noviembre considerando una temperatura ambiental máxima de 42 °C y una mínima de -14 °C; por otro lado, Lozano Domínguez et al. (2005) aseguran que en la Ciudad Delicias, el efecto calórico y el incremento en la producción de leche tienen un efecto negativo en la tasa de gestación de vacas Holstein.

Los sistemas de hospedantes y patógenos en el ganado cambiarán sus rangos debido al cambio climático, es decir, la diversidad de especies de algunos patógenos puede disminuir en tierras tropicales a medida que aumentan las temperaturas (Mills et al., 2010), mientras que en regiones templadas pueden volverse más adecuadas para enfermedades tropicales transmitidas por vectores, como la fiebre del Valle del Rift y la malaria, que son muy sensibles a las condiciones climáticas (Rocque et al., 2008).

La pérdida de ganado en condiciones de sequía prolongada es un riesgo crítico debido a los extensos pastizales que son propensos a la sequía. Chihuahua sufre cotidianamente de muerte de ganado por sequía. El suministro de agua para la producción ganadera podría volverse más difícil debido al cambio climático a través de su impacto en la producción de cultivos y, posteriormente, en la disponibilidad de residuos de cultivos para la alimentación del ganado (IPCC, 2014b).

En las zonas rurales de México, los ganaderos representan uno de los sectores más vulnerables, dado que sus actividades dependen indiscutiblemente del clima. Las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático a lo largo de las cadenas de valor son esenciales para el bienestar de los productores, además de garantizar la elaboración de alimentos sostenibles, suficientes y de buena calidad (Banda-Villanueva et al., 2020). De acuerdo con Monterroso et al., (2014), después de la agricultura, la ganadería es uno de los sectores más sensible al cambio climático futuro. Las políticas de apoyo a la actividad pecuaria deben orientarse con criterio sustentable, priorizando actividades promuevan la restauración de la capacidad productiva de las áreas ganaderas (PINCC, 2015). Por ello la necesidad de implementar y sustentar la transición de una ganadería convencional hacia ganaderías sustentables y regenerativas, enfocadas a la conservación de pastizales y sus especies en riesgo (Banda-Villanueva et al., 2020).

Para conocer más sobre los métodos, modelos y escenarios de cambio climático referirse al documento entregable [Escenarios de cambio climático.docx](#) en carpeta “Escenarios de cambio climático”.

5. Impacto del cambio climático en la cadena productiva de carne y leche

La ganadería bovina es una actividad presente en todo México, lo que implica que tiene un alto impacto social, económico y ambiental y en algunas regiones se convierte en el motor que dinamiza la vida económica de la población. La producción de bovinos para la venta de carne presenta dos variantes comerciales (Alonso, 2021a): 1) Producción y comercialización de ganado en pie (becerros), donde la mayor parte se envía a la fase de engorda (Finalización) y posteriormente al sacrificio para carne en canal, mientras que la otra parte de becerros al destete se manda a exportación. 2) Enfoque en producción y venta de carne en canal ya sea de animales finalizados o de animales de desecho para abasto.

En el país el tipo de cadena que predomina es de tipo “*productiva*”, en este caso, la cadena y actores se orientan más a la producción, a ofertar productos (ganado en pie) con poca atención a las necesidades de los clientes y consumidores, y con poco cuidado a la calidad (Alonso, 2021a). La relación y colaboración entre actores y eslabones es mínima, aunque hay muestras evidentes de relaciones y flujos comerciales, de carácter tácito y circunstancial entre actores. También se pueden encontrar ejemplos de cadenas de valor integradas y/o asociadas, donde los actores (algunos productores primarios, engordadores y transformadores) tienen el control o participan como socios o en alianzas para asegurar la proveeduría de ganado, sobre todo fortalecer los mecanismos de

sacrificio y distribución de carne, de tal manera que se facilite el recorrido de los productos del rancho hasta a los consumidores buscando que haya una mayor derrama económica entre los actores involucrados. En resumen, la cadena productiva es (Alonso, 2021b):



Figura 3. Cadena productiva de la producción de carne en México. (Adaptado de Alonso 2021b).

Por su parte, la leche que se obtiene a través de la ordeña manual o mecanizada toma dos rutas comerciales, una de ellas es cuando se vende como leche caliente y la otra como leche fría (la cual pasa por una fase de frío en tanques enfriamiento de propiedad individual o colectiva). Tanto la leche caliente como fría pueden destinarse a 1) auto consumo, para vender leche de manera directa a pie de rancho a los consumidores o para que la procesen en derivados como queso y yogurt, 2) a empresas procesadoras de lácteos regionales o nacionales (productoras de queso, yogurt, etc.) o 3) a través de intermediarios que la llevarán a empresas de derivados o venta directa (boteros) en la región.

En Chihuahua, la mayor parte de la comercialización se hace directamente con la industria y esto se debe a que existe una mayor organización entre los productores, lo cual ayuda a la venta directa. Por lo anterior, la intervención de intermediarios prácticamente está asociada a productores pequeños y de doble propósito que producen y comercializan su leche de manera individual. En el estado se identifican los siguientes tipos de cadena: 1) Cadena productiva (debido a que la orientación de los participantes es producir y ofertar cada uno la leche de forma individual, dispersa y al mejor cliente, a partir de relaciones no formales, temporales y desarticuladas con sus compradores. 2) Red de valor integrada con Alpura y otras regionales de carácter artesanal a nivel familiar y semi industrial para la producción de quesos. 3) Cadena de valor asociadas con Liconsa y algunas empresas queseras regionales. En resumen, la cadena productiva de la carne es (Alonso, 2021b):

Impactos por cambio climático

Primer eslabón. El cambio climático afectará cuatro elementos del primer eslabón de provisión de insumos: empresas avícolas, proveedores de alimentos, asistencia técnica y servicios veterinarios.

Empresas avícolas. Forman parte del primer eslabón ya que proveen de alimento para el ganado. De acuerdo con los escenarios de cambios climático en el país y en la región aumentará la temperatura y la precipitación será más errática. Los cambios en el clima afectarán la demanda de agua de los cultivos tanto en sistemas de riego como de secano, lo que causará incremento en la demanda y el uso del agua para la producción de alimentos y piensos para el ganado (IPCC, 2014a). El riesgo se observa en la producción de alimento para aves y gallinas, que a su vez podrá significar disminución en la oferta para los ganaderos de la región de Chihuahua. Incluso, podría significar también el aumento de costos de alimentos y transporte desde las empresas avícolas. La agricultura en México es vulnerable, por ejemplo, los cultivos de maíz y trigo disminuirán de forma considerable la proporción de la superficie de las tierras agrícolas (Gómez Díaz et al., 2020). El rendimiento de maíz podría disminuir hasta en 84%, el frijol disminuirá de 10 a 40%, mientras que el trigo será 15% menor (Arce-Romero et al., 2020).

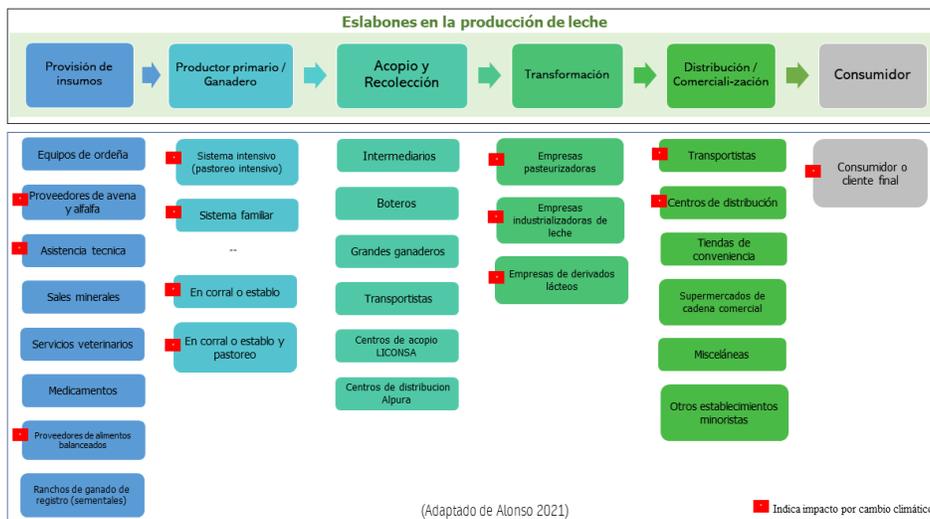


Figura 4. Cadena productiva de la producción de leche en México. (Adaptado de Alonso 2021b).

Proveedores de alimentos. El cambio climático afectará la producción de alimento para el ganado. El calentamiento del planeta alargará la temporada de crecimiento del forraje pero disminuirá la calidad de éste debido a los cambios e incertidumbre con las precipitaciones (IPCC, 2014a). Villazón Bustillos et al. (2017) indican que para un escenario a corto plazo (2050) se espera un aumento tanto en la temperatura como en la precipitación, permitiendo en algunos casos, mejorar la producción de avena de 3.57 t/ha a 8.11 t/ha. Sin embargo, a largo plazo (2080) se espera una caída de la producción por el incremento permanente en la temperatura. Incluso, los autores indican que la precipitación no será un factor de importancia, ya que en las actuales regiones productoras de avena no se desarrollarían cultivos para su cosecha. La alfalfa es un cultivo altamente demandante de agua que también su producción estará en riesgo si no se garantiza riego de calidad y cantidad suficientes. Tanto el agua superficial como la subterránea dependen de lluvias para su distribución y recarga.

Asistencia técnica. Los efectos del cambio climático causaran una mayor asistencia técnica, principalmente para la producción de alimento y para mantener y adaptar al ganado al calor u optar por cambiar el ganado por aquella que tolere altas temperaturas (IPCC, 2014b). Las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal y las tasas de crecimiento (André et al., 2012) y es posible que los ganaderos busquen asistencia con el propósito de contrarrestar las pérdidas. Productores agrícolas también podrán recurrir a mayor asistencia técnica privada con el objetivo de buscar aumentar los rendimientos de los cultivos.

Servicios veterinarios. Al incrementarse la temperatura, los sistemas de hospedantes y patógenos en el ganado cambiarán sus rangos debido al cambio climático. La diversidad de especies de algunos patógenos puede disminuir a medida que aumentan las temperaturas (Mills et al., 2010) o volverse más adecuadas y propagarse con mayor facilidad, como la fiebre del Valle del Rift y la malaria, que son muy sensibles a las condiciones climáticas (Rocque et al., 2008).

Segundo eslabón. El cambio climático afectará en la disponibilidad de alimentos para el ganado, particularmente el que depende del pastoreo. así como en disponibilidad de agua para beber por el ganado.

Pastoreo. Los extensos pastizales son propensos a sufrir sequía. La actividad ganadera utiliza forraje proveniente de diferentes fuentes (Alonso, 2021a). Se estima que en el país el 41.9% del forraje es producido en praderas, el 29.3% en agostadero, el 23.9% a partir de esquilmos agrícolas (silos, pacas, residuos de hojas y tallos que quedan sobre el terreno después de cosechar) y 4.9% en cultivos forrajeros. Las praderas inducidas cuentan con buena aceptación en los ranchos ganaderos más tecnificados, por la calidad, cantidad, corto tiempo de establecimiento y buena aceptación por el ganado de los forrajes seleccionados, pero con la dificultad de adaptación en ciertos climas y suelos. No obstante, la forma más común y económica de alimentar al ganado es a partir del pastoreo de vegetación natural de los agostaderos (González-Padilla, 2015). SEMARNAT identifica cinco regiones ecológicas ganaderas en orden de extensión (de mayor a menor): la región árida, las zonas templadas, las regiones semiáridas, las regiones de trópico seco y el trópico húmedo. Pontifés et al (2018) señalan que la ecorregión del desierto chihuahuense tiene riesgo elevado para transitar a condiciones de mayor aridez, con incremento en probabilidad de sequías. Terminan llamando la atención con la degradación ambiental que en conjunto con el cambio climático afectarán la disponibilidad de agua.

Disponibilidad hídrica. El suministro de agua para la producción ganadera se volverá más difícil, a través de su impacto en la producción de cultivos y, posteriormente, en la disponibilidad de residuos de cultivos para la alimentación del ganado (IPCC, 2014b). Como antecedente, se reportó que en el año 2020 y el primer semestre de 2021 la cantidad de agua ha sido escasa, afectando fuertemente la disponibilidad de forraje en los agostaderos (Comisión de Desarrollo Rural y Ganadería, 2021). La cuenca del Río Conchos se ha documentado como de muy alta vulnerabilidad sobre el tema ganadero, ya que el incremento de 1.5 °C en la temperatura, causará un decremento máximo de escurrimiento que va del 22% para el 2030, hasta el 28% para el 2100 pastizales (Cervantes Rendón, 2019).

Tercer eslabón. El cambio climático afectará de la misma forma que al segundo, en la disponibilidad de alimentos para que los acopiadores alimenten el ganado, particularmente el que depende del pastoreo. Hay que agregar la disponibilidad de agua para beber por el ganado.

Con las altas temperaturas los animales experimentan estrés, provocando que los animales reduzcan la producción y reproducción para adaptarse a esta situación. Debido al efecto calórico se puede reducir el porcentaje de preñez entre 29 a 33% con una temperatura ambiental máxima de 42 °C y de 19 a 22% con una temperatura ambiental mínima de -14 °C (Antillón-Ruíz et al., 2012). Por otro lado, el clima ha generado un escenario en el que el crecimiento de los pastizales no ha sido lo suficiente, por lo que se ve en la necesidad de deshacerse de los animales con bajos índices reproductivos (2020).

Cuarto eslabón. El cambio climático afectará en la disponibilidad de alimentos y agua para el ganado. El impacto ecológico de la sequía y el mal manejo del ganado en los pastizales de Chihuahua es severo, lo que causa la baja productividad de los pastizales, necesarios para sustentar al ganado (González Villela et al., 2018). Además, las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal y las tasas de crecimiento (André et al., 2012).

Quinto eslabón. El cambio climático afectará en la disponibilidad de agua para los procesos de transformación, así como en elevación de costos de refrigeración y conservación.

Disponibilidad hídrica. Como se ha documentado en los eslabones anteriores al disminuir la disponibilidad de agua en el estado (Cervantes Rendón, 2019; Vazquez-Galvez, 2019) se pone en riesgo la provisión de agua para beber, el proceso de limpieza previa y posterior a la muerte del ganado.

Enfriamiento y almacenamiento. Con el incremento de temperatura se prevé que los sistemas de refrigeración requieran utilizarse por más ganaderos. Las empresas ya cuentan con sistemas de refrigeración de leche. Sin embargo, tanto en transporte como en almacenamiento es probable que se requiera por mayor tiempo y cantidad de frío.

Refrigeración. Como lo indica la NOM-251-SSA1-2009 sobre Prácticas de Higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, es de importancia conservar la cadena de frío para el transporte y conservación de la carne fresca a una temperatura no mayor a 4°C y en carne congelada no mayor a cero grados. El impacto de la temperatura externa a los congeladores impacta de manera negativa tanto en la carne como en el incremento de costos, es decir, cuando las puertas de un refrigerador son abiertas, se da lugar un flujo de masa por efecto de la diferencia de densidades que existe entre el aire frío interno del compartimiento y el aire exterior que rodea la nevera, este intercambio de masa genera diferentes impactos sobre el funcionamiento de la nevera, desde aumentos de temperatura hasta de 10°C, hasta un incremento del 22% en el consumo de energía (Rio et al., 2014).

No todos los rastros entregan la carne refrigerada de hecho, en muchos lados principalmente, en las áreas rurales, la carne se transporta y se expende a temperatura ambiente lo que reduce sustancialmente la seguridad e higiene de la carne que se consume en el país. A este proceso se le llama de “carne caliente” (Rubio, 2013). La canal fría o caliente puede tener dos rutas de venta, la primera ruta se vende a granel (mayoreo) y se traslada al cliente minorista, la otra ruta va a la empacadora para que se despiece y/o elaboren cortes más pequeños (cuartos, lomos), también son cortes especiales que se empaque al alto vacío y finalmente se envíe la carne empacada al cliente mayoristas y minoristas. En Chihuahua hay una subutilización de los rastros, hay 6 rastros TIF, 43 rastros municipales y 4 rastros privados, de una capacidad instalada/mes de 9680 cabezas solo se utiliza el 49% de su capacidad, 13,264, solo se utiliza 48.6% de su capacidad y de 3,221, se ocupa el 75%, respectivamente en los rastros mencionados que sacrifican menos cabezas de las que podrían sacrificar.

Cabe resaltar que el 70% de las plantas TIF genera cárnicos para el consumo nacional, mientras que el 30% restante se destina a 65 mercados internacionales. Por otro lado, la carne de los rastros municipales y privados está destinada a carnicerías locales y a mercados sobre ruedas, donde el cuidado de la cadena de frío no tiene mucha importancia (Rubio et al., 2013). En cuanto al rendimiento de carne del ganado en pie Chihuahua reporta una media de 432.428 kg, con un rendimiento de carne en canal de 234.52 kg lo que es aproximadamente el 54.23% (SIAP 2019). Los precios que se pagan por la carne en canal también son muy variados y dependen de la calidad de la carne y del volumen. Los precios promedio más altos se registraron en Chihuahua con \$85.52 por kg, con un costo mínimo de \$55.99 y un máximo de \$110.9, (SIAP 2019).

Sexto eslabón. El cambio climático afectará en: exportadores, carniceros, comercializadores, centros de venta y transportación.

Transportación. De acuerdo con los escenarios climáticos la temperatura y precipitación aumentarán, por lo que el costo de transporte incrementará al adecuar y mejorar el transporte para asegurar que el producto llegue en buen estado a los centros de compra. Al mismo tiempo, aumentará la demora causada por eventos meteorológicos extremos que caracterizan a la zona como: granizada, lluvia, nevada, tormenta, por mencionar algunas, incrementando los costos de transporte (DesInventar [Version 9.12.8-2011]).

Refrigeración y almacenamiento. Con el incremento de temperatura se prevee que los sistemas de refrigeración requieran utilizarse por más ganaderos. Tanto en transporte como en almacenamiento es probable que se requiera por mayor tiempo y cantidad. Idealmente se tendrá que invertir la investigación científica y desarrollo de herramientas, técnicas, mejores prácticas y protocolos para mejorar y adaptar los sistemas actuales para poder garantizar la seguridad de la carne, la mala refrigeración dará paso al desarrollo de microorganismos en el producto (Jacxsens et al., 2010)

Al ser la leche comercializada sin tratamiento previo y a temperatura ambiente, resulta en un producto altamente perecedero que debe venderse de manera inmediata (el mismo día de la ordeña) para evitar alteraciones fisicoquímicas y bacteriológicas debidas al manejo, temperatura y tiempo de almacenamiento.

Séptimo eslabón. El cambio climático afectará en el probable incremento de precios de la carne.

Precios. Se puede esperar que el cambio climático presente una variedad de nuevos desafíos en el área de la seguridad alimentaria a mediano y largo plazo; como es el caso del cultivo de maíz para las aves, el cual disminuirá de forma considerable la proporción de la superficie de las tierras agrícolas, al mismo tiempo, la producción de avena se reducirá ya que el cultivo no se desarrollará para su cosecha, repercutiendo negativamente en el aprovisionamiento de alimento para el ganado e incrementando costos. Por otro lado, las sequías y el déficit de agua serán cada vez más frecuentes y duraderas, afectando la producción de forraje para pastoreo y para los bebederos de los animales. Las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal, las tasas de crecimiento y el porcentaje de preñez, a su vez, algunos patógenos que afectan al ganado tendrán el ambiente adecuado para propagarse con mayor facilidad, trayendo como consecuencia en la disminución del ganado para su distribución.

Una vez superado los primeros desafíos de reproducción, sobrevivencia y alimentación del ganado, el siguiente será la conservación del producto cárnico. Con el incremento de la temperatura, se tendrá que invertir en la mejora de herramientas, técnicas, prácticas y protocolos para garantizar la seguridad de la carne y llevarla al destino final, el consumidor.

Evaluar e identificar qué regiones son vulnerables a los problemas ambientales y al cambio climático es un desafío, porque los sistemas alimentarios representan sistemas en constante evolución en los que los agricultores toman decisiones continuamente para adaptarse a las circunstancias cambiantes.

De acuerdo con el Consejo Mexicano de la Carne (Comecarne), el cambio climático afectará la producción de carne y elevará los costos en la cadena de valor, principalmente en los fletes de hasta 300% y 20% en energéticos, reducido el margen de ganancias (Tarragona, 2021). Los precios que pagan los clientes por la carne que consumen son muy variados y dependen del tipo de corte, calidad y establecimiento donde lo compran. De acuerdo con las partes de donde se saque la carne se puede encontrar carne o vísceras de res desde los \$27.00 kilo hasta cortes de \$455.00 como lo es el filete de res limpio.

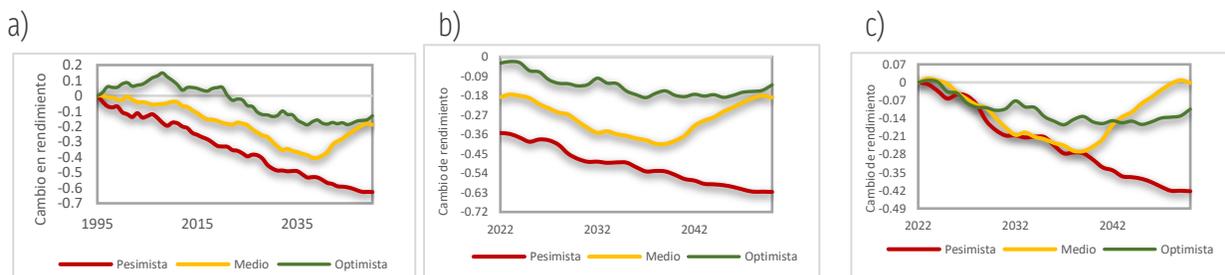


Figura 5. Proyección del cambio en el rendimiento del pasto cultivado en riego de temporal en el estado de Chihuahua para a) el horizonte 1995-2050 respecto al año base (1995) y para el horizonte 2022-2050 b) relativo al año 1995 y c) 2022.

Para conocer más sobre impactos del cambio climático en la ganadería de Chihuahua referirse al documento entregable [Impacto cambio climático.docx](#) en carpeta “Impactos de cambio climático”.

6. Adaptación en la ganadería de Chihuahua

El proceso de adaptación tiene como antecedente la evaluación de la vulnerabilidad. IPCC (2014) la señala como “la medida en la que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos”. De tal manera que su evaluación “está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación”. Es decir, la vulnerabilidad está en función de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

La exposición se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis, puede estar representada por cambios en las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática, donde se incluye la magnitud y frecuencia de eventos extremos.

La sensibilidad es el grado en el que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio, interno, externo o un grupo de ellos. Esta medida determina el grado en el que un sistema se puede ver afectado por un estrés, son las condiciones humanas y ambientales que pueden empeorar o disminuir los impactos por un determinado fenómeno.

Capacidad adaptativa se refiere a la capacidad de un sistema de enfrentar los efectos del cambio climático, al potencial de implementar medidas que ayuden a disminuir los posibles impactos identificados. La capacidad adaptativa de una sociedad refleja su capacidad de modificar sus características o comportamientos para enfrentar de una mejor manera o anticiparse a los factores que impulsan el cambio.

De acuerdo con INECC (2015) en el proceso de adaptación se requiere identificación de la problemática climática y territorial (Figura 1), para lo que se puede recurrir a dinámicas de participación pública con expertos y actores clave. Se debe identificar la proyección de cambio climático (observada y proyectada) y si ésta significa reto en la zona de estudio, es decir, estudiar la

exposición climática. Es importante ubicar las causas (climáticas y no climáticas) e impactos de manera espacial.

Para integrar las propuestas y estrategias de acciones de adaptación en la actividad ganadera de Chihuahua se consideraron los siguientes criterios: que estén alineadas a un impacto previsto, que las acciones sean factibles de realizarse, que consideren un enfoque de adaptación nacional, que sean reversibles, que se puedan evaluar, que indiquen su factibilidad técnica, que muestren cobeneficios y sinergias con mitigación de cambio climático.

En primer orden se presenta el impacto de cambio climático identificado sobre las cadenas de producción de carne y leche en la ganadería de Chihuahua. Ante el impacto previsto se describe cual debería ser la estrategia por seguirse. Aquí, una estrategia es entendida como un conjunto de acciones con una orientación común, que trabajan en combinación para reducir los impactos, capitalizar las oportunidades o restaurar los sistemas naturales (Conservation Standard, 2020). Después se enumeran algunas acciones de adaptación desde el enfoque de los sistemas sociales, naturales o económicos, así como de fomento de capacidades institucionales. En resumen, se presentan 13 estrategias y 70 acciones de adaptación al cambio climático:

Cuadro 1. Resumen de impactos, estrategias y total de acciones de adaptación propuestas

Primer eslabón de provisión de los insumos.	<p>Impacto: Disminución de oferta en alimento para empresas avícolas Estrategia Disminuir el riesgo de baja oferta de alimentos para empresas avícolas en la región Acciones de Adaptación: 5</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar la adaptabilidad actual y futura de cultivos Aumentar los contenidos de materia orgánica en los suelos Fomentar la captación, almacenamiento y uso de agua de lluvia Mejora o instalación de servicios de información climáticos Fomento de capacidades conjuntas con productores, industria de transformación de productos y distribuidores de alimentos para la toma de decisiones
Primer eslabón de provisión de los insumos.	<p>Impacto: Disminución de producción de alimento para el ganado Estrategia Mantener y mejorar la producción de alimento disponible para el ganado en las cuencas Acciones de Adaptación: 6</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar estudios de requerimientos de pastizales y cultivos Analizar la adaptabilidad actual y futura de pastizales y cultivos Fomento del concepto y elementos de agricultura climáticamente inteligente Integrar en actividad de pastoreo el apego a coeficiente de agostadero Aumentar los contenidos de materia orgánica en los suelos Fomentar la captación, almacenamiento y uso de agua de lluvia

<p>Primer eslabón de provisión de los insumos.</p>	<p>Impacto: Mayor asistencia técnica requerida Estrategia: Anticiparse a necesidad de asistencia para producir alimentos y mantener o adaptar ganado al aumento de temperatura (calor) y tolerancia a altas temperaturas. Acciones de Adaptación: 6 Planeación de introducción de forrajes resistentes a sequía Invertir en investigación sobre viabilidad para introducir razas de ganado tolerantes a la sequía Desarrollar nuevos sistemas de abrevadero para el ganado en áreas con ausencia, pero con suministro actual Implementar técnicas agroforestales apropiadas localmente Implementación de sistemas de sombra naturales para regular la temperatura. Fomento de capacidades conjuntas de información temprana entre usuarios e instituciones para actividades de sensibilización.</p>
<p>Primer eslabón de provisión de los insumos.</p>	<p>Impacto: Servicios veterinarios más frecuentes Estrategia: Anticiparse a las necesidades de servicios veterinarios sobre hospedantes y patógenos en el ganado. Acciones de Adaptación: 6 Invertir en investigación de riesgos asociados a enfermedades transmitidas por vectores al ganado Capacitación de personal en mejorar el desempeño operativo en el manejo de los riesgos climáticos Mejorar las prácticas de control de plagas y enfermedades Sistema de recopilación de datos sobre clima y ganadería Aumentar el número y la disponibilidad de médicos veterinarios zootecnistas Garantizar asistencia veterinaria de calidad al ganado</p>
<p>Segundo eslabón de productores ganaderos.</p>	<p>Impacto: Pastoreo Estrategia: Garantizar las extensiones de pastizal natural, praderas o agostaderos de acuerdo con las condiciones ecológicas naturales y en apego a los coeficientes de agostadero. Acciones de Adaptación: 6 Reducir la intensidad del pastoreo en áreas de pasto escaso o áreas degradadas Realizar estudios de requerimientos de pastizales y cultivos Analizar la adaptabilidad actual y futura de pastizales y cultivos Integrar en actividad de pastoreo el apego a coeficiente de agostadero Sistemas de alerta temprana para mejorar la respuesta a sequía Revisión de política del sector para incorporar la atención oportuna a la sequía</p>

<p>Segundo eslabón de productores ganaderos.</p>	<p>Impacto: Disponibilidad hídrica Estrategia: Aplicar el enfoque de cuenca para fomentar la gestión adecuada del agua, que incluya sistemas de captación de agua de lluvia, sitios de interceptación y almacenaje temporal. Acciones de Adaptación: 5 Construcción de represas de gaviones o nuevas infraestructuras de almacenamiento temporal de agua Desarrollar nuevos sistemas de abrevadero para el ganado en áreas con ausencia, pero con suministro actual Implementar técnicas agroforestales apropiadas localmente Implementación de sistemas de sombra naturales Fomento de sistemas de captación de agua de lluvia</p>
<p>Tercer eslabón de acopio.</p>	<p>Impacto: Disponibilidad hídrica para ganado Estrategia: Desarrollo de sistemas de provisión de agua para el ganado en tanto se comercializa Acciones de Adaptación: 3 Desarrollar sistemas de abrevadero para el ganado mientras se comercializa Implementación de sistemas de sombra naturales Fomento de sistemas de captación de agua de lluvia que provean agua al ganado mientras se comercializa</p>
<p>Cuarto eslabón engorda.</p>	<p>Impacto: Disminución en disponibilidad de alimento Estrategia: Disminuir el riesgo de baja oferta de alimentos para empresas avícolas en la región Acciones de Adaptación: 5 Invertir en análisis de adaptabilidad actual y futura de cultivos Mejorar la salud de la tierra, aumentando los contenidos de materia orgánica en los suelos Fomentar la captación, almacenamiento y uso de agua de lluvia Mejora o instalación de servicios de información climáticos Fomento de capacidades conjuntas con productores, industria de transformación de productos y distribuidores de alimentos para la toma de decisiones</p>
<p>Cuarto eslabón engorda.</p>	<p>Impacto: Disponibilidad hídrica para ganado Estrategia: Desarrollo de sistemas de provisión de agua para el ganado en tanto se comercializa Acciones de Adaptación: 3 Desarrollar sistemas de abrevadero para el ganado mientras se comercializa Implementación de sistemas de sombra naturales Fomento de sistemas de captación de agua de lluvia que provean agua al ganado mientras se comercializa</p>

<p>Quinto eslabón de procesamiento y transformación.</p>	<p>Impacto: Disponibilidad hídrica para procesos de transformación Estrategia: Desarrollar sistemas de provisión de agua para los procesos de transformación de productos cárnicos y derivados. Acciones de Adaptación: 5 Fomento de sistemas de captación de agua de lluvia que provean agua para procesos e industria cárnica y derivados Fomento de sistemas de tratamiento de aguas residuales en la industria Impulso de sistemas de pago por la provisión de servicios ambientales hidrológicos en las cuencas, que fomenten la conservación cuenca arriba Implementación de sistemas de alerta temprana y servicios climáticos en acompañamiento con gobiernos locales Impulso de políticas ambientales que fomenten e incentiven capacitación en mejores aprovechamientos de agua</p>
<p>Quinto eslabón de procesamiento y transformación.</p>	<p>Impacto: Requerimientos de refrigeración (industria) Estrategia: Fomentar el uso y desarrollo de sistemas de aprovechamiento de energía solar y enfriamiento natural Acciones de Adaptación: 6 Fomentar el uso de sistemas de aprovechamiento de energía solar para enfriamiento de instalaciones Reemplazar sistemas de enfriamiento antiguos y poco eficientes Adecuación e instalación de sistemas de conservación en frío eficientes Implementación de sistemas de sombra naturales Considerar el efecto del cambio climático para el ajuste de rutas y horarios de transporte Impulso de políticas ambientales que fomenten e incentiven los sistemas de aprovechamiento de energías solares</p>
<p>Sexto eslabón de comercialización/distribución.</p>	<p>Impacto: Requerimientos de refrigeración (transporte y centros de venta) Estrategia: Fomentar el uso y desarrollo de sistemas de aprovechamiento de energía solar y enfriamiento natural Acciones de Adaptación: 6 Fomentar el uso de sistemas de aprovechamiento de energía solar para enfriamiento de instalaciones Reemplazar sistemas de enfriamiento antiguos y poco eficientes Adecuación e instalación de sistemas de conservación en frío eficientes Implementación de sistemas de sombra naturales Considerar el efecto del cambio climático para el ajuste de rutas y horarios de transporte</p>

	Impulso de políticas ambientales que fomenten e incentiven los sistemas de aprovechamiento de energías solares
Séptimo eslabón de consumidor final.	<p>Impacto: Impactos del cambio climático en actividades ganaderas de Chihuahua</p> <p>Estrategia: Construir resiliencia en ganadería</p> <p>Acciones de Adaptación: 8</p> <ul style="list-style-type: none"> Transformar y modernizar al sector ganadero en todos los procesos y eslabones posibles Expandir y sociabilizar las iniciativas impulsadas al momento y todas las que se impulsen Sistemas de información, base de datos, colecta de información para el monitoreo y fomento de sistemas de información climática y alerta temprana Aplicar normas y regulaciones actuales Desarrollo de trabajo conjunto y asociaciones público-privadas para la ganadería Mejorar la confiabilidad de las instituciones públicas y privadas Resolución de conflictos de forma transparente y eficaz Capacitación a líderes locales en técnicas ambientales y climáticamente inteligentes

Finalmente, se presenta un grupo de acciones de adaptación que buscan construir resiliencia en la ganadería de Chihuahua, fomentando fortaleza en la actividad para hacer mejor frente a los desafíos:

Impacto	Impactos del cambio climático en actividades ganaderas de Chihuahua
Estrategia	Construir resiliencia en ganadería
Acciones	<ul style="list-style-type: none"> Transformar y modernizar al sector ganadero en todos los procesos y eslabones posibles Expandir y sociabilizar las iniciativas impulsadas al momento y todas las que se impulsen Sistemas de información, base de datos, colecta de información para el monitoreo y fomento de sistemas de información climática y alerta temprana Aplicar normas y regulaciones actuales Desarrollo de trabajo conjunto y asociaciones público-privadas para la ganadería Mejorar la confiabilidad de las instituciones públicas y privadas Resolución de conflictos de forma transparente y eficaz Capacitación a líderes locales en técnicas ambientales y climáticamente inteligentes

Para conocer mas sobre la propuesta de adaptación al cambio climático en actividades ganaderas en Chihuahua referirse al documento entregable [Adaptación.docx](#) en carpeta "Adaptación".

7. Productos entregados

Los productos de la consultoría se encuentran organizados por cada una de las etapas. Es decir, una carpeta para cada producto entregable.

Revisión bibliográfica de estudios de cambio climático y ganadería en Chihuahua.

Carpeta entregada de nombre **"1.- Compendio de estudios"**. Se entrega un archivo WORD y un archivo PDF con la revisión de estudios. También, igual número de archivos como anexo del reporte. En una carpeta denominada "Referencias" se entregan 83 documentos en formato PDF. En total, el primer producto entregado comprende 87 archivos.

Base de datos hidrometeorológica depurada por cuenca.

Carpeta entregada de nombre **"2.- Base digital de datos climáticos"**. Se entrega un archivo WORD y otro PDF que contiene la descripción del entregable. Además, dos carpetas: 1 Estaciones meteorológicas, donde para cada cuenca, se entregan archivos ejecutables desde Excel (delimitados por comas) que contienen la información climática. El nombre del archivo se refiere a la clave de la estación meteorológica. En carpeta son 32 archivos. 2 Series de tiempo, para cada cuenca se entregan archivos ejecutables desde Excel, que contienen las series de tiempo para precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media. En carpeta son 16 archivos. El total de archivos en carpeta es de 50 archivos.

Diagnóstico sobre las condiciones meteorológicas que afectan a la ganadería bovina en las cuencas del proyecto, incluyendo fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Carpeta entregada de nombre **"3.- Análisis regional del clima"**. Aquí se entrega 1) carpeta llamada "Extremos", que contiene 3 archivos en formato Excel, 2) carpeta llamada "Gráficas" que contiene 30 archivos en formato de imagen y con nombre de estaciones, 3) SIG que comprende la cartografía utilizada en el proyecto, en formato shapefile y 112 archivos. Además, se entrega un archivo WORD y otro PDF que contiene el análisis regional del clima así como otros dos archivos con anexos. En total, la carpeta incluye 149 archivos.

Climogramas, gráficas de series de tiempo de precipitación y temperatura anual y análisis de tendencia de cambio de las temperaturas y las precipitaciones mensuales y anuales, así como las medias, máximas y mínimas mensuales y anuales.

Carpeta entregada de nombre **"4.- Climogramas"**. Se entrega una subcarpeta denominada "1 Climogramas" que contiene 5 archivos en formato Excel, uno para cada cuenca estudiada. También una carpeta "2 Gráficos" que contiene cinco subcarpetas, cada una nombrada según cuenca estudiada; y dentro de cada una cuatro subcarpetas que refieren a las variables estudiadas, precipitación y temperaturas. En cada una se entregan 9 archivos de imagen con gráficos de la variable estudiada. En carpeta gráficos se entregan 175 archivos. Además, se entrega un archivo WORD y otro PDF que contiene la descripción de los productos entregables. En total, en la carpeta se entregan 182 archivos.

Escenarios locales de cambio climático para las cuencas del proyecto y simulación de la evolución prevista de los índices climáticos.

Carpeta entregada de nombre **"5.- Escenarios de cambio climático"**. Se compone de una carpeta llamada "Cartografía" que incluye dos archivos comprimidos, uno para cada horizonte de tiempo trabajado así como un archivo en formato Word que describe los escenarios.

Un análisis del impacto del cambio climático en la producción ganadera bovina, en su cadena productiva y de comercialización, con especial énfasis en el manejo técnico-productivo.

Carpeta entregada de nombre **"6.- Impactos de cambio climático"**. En la carpeta se incluyen tres archivos, uno en formato Word y otro en PDF que describen el impacto por cambio climático, así como un archivo en formato Excel que muestra impactos sobre el rendimiento de algunos cultivos.

Estrategias de resiliencia, adaptación y mitigación a corto y largo plazo para la ganadería bovina.

Carpeta entregada de nombre **"7.- Adaptación"**. Esta carpeta contiene dos archivos (Word y PDF) que contienen el análisis y propuestas e adaptación en las actividades ganaderas.

PRODUCTO FINAL 1. UN COMPENDIO DE ESTUDIOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA Y EN LAS CUENCAS SANTA MARÍA, CASAS GRANDES, DEL CARMEN, EL CARRIZO Y OTROS

CONTENIDO

- I CAMBIO CLIMÁTICO y GANADERÍA En CHIHUAHUA
 - I.1 Relación entre la ganadería y cambio climático
 - I.2 Efecto del cambio climático en el ambiente ganadero
 - I.3 La ganadería en Chihuahua
 - I.4 Impactos del cambio climático en la ganadería de Chihuahua
 - I.5 Eventos climáticos extremos
 - I.6 Mitigación y adaptación al cambio climático
 - I.7 Reflexión final
 - I.8 Referencias
- II Anexos
 - ANEXO 1. Resumen de resultados obtenidos de la revisión bibliográfica
 - ANEXO 2. Numero de eventos climáticos por municipio EN el estado de Chihuahua.

I CAMBIO CLIMÁTICO Y GANADERÍA EN CHIHUAHUA

La producción ganadera representa el 40% de la producción agrícola mundial y contribuye a los medios de vida y la seguridad alimentaria de casi mil millones de personas en todo el mundo (Salem et al., 2011). En México la ganadería bovina es una actividad de suma importancia que genera externalidades positivas y negativas al territorio y su entorno. Tan solo el 33.69% de la superficie de nuestro país está registrada con actividad ganadera con alrededor de 35,224,960 cabezas de ganado bovino. De la cantidad de ganado disponible, se genera una industria de leche y de carne muy vigorosa que provee de alimentos accesibles para que la población de las zonas urbanas y rurales los consuman (FMCN, 2021a).

El sector ganadero es fundamental para la seguridad alimentaria, no solo para los pequeños agricultores rurales que dependen directamente del ganado para obtener alimentos, ingresos y servicios, sino también para los consumidores urbanos, que se benefician de alimentos de origen animal asequibles y de alta calidad. El ganado juega un papel importante en las cuatro dimensiones principales de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, estabilidad y utilización (FAO, 2009).

En economía agrícola, la ganadería tiene la tasa de crecimiento más rápida como resultado de un aumento en los ingresos y la evolución tecnológica y estructural. Para satisfacer la mayor demanda de productos pecuarios, el Banco Mundial ha estimado que la producción de carne debería aumentar en un 80% entre 2000 y 2030 (Salem et al., 2011).

I.1 RELACIÓN ENTRE LA GANADERÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático y la producción de alimentos son dos de los principales desafíos que enfrentan los países a nivel global. Aunque pequeño en comparación con el agua necesaria para la producción de alimentos, el suministro de agua potable para el ganado es fundamental y puede tener un fuerte impacto en la eficiencia general del uso de los recursos en ambientes cálidos (IPCC, 2014b). Más de 1 billón de personas a nivel mundial dependen del sector ganadero, y el 70% de los 880 millones de pobres rurales que viven con menos de USD 1.00 por día dependen al menos parcialmente de la ganadería para su subsistencia (SAGARPA, 2015). Sin embargo, con la llegada de la crisis climática la humanidad se ha visto en la necesidad de coordinarse para buscar e implantar acciones efectivas que le permiten avanzar de manera acelerada en esta carrera contra el cambio climático para así reducir las amenazas a la seguridad alimentaria.

Por otro lado, se reconoce cada vez más que las actividades agropecuarias, en particular la ganadera, son tanto contribuidoras al proceso como víctimas potenciales del cambio climático, debido a esto, se necesitan intervenciones normativas y soluciones técnicas para abordar los efectos de la producción ganadera y los que el cambio climático tiene sobre esta. De acuerdo con SEMARNAT-INECC (2018) a nivel nacional para el 2015 las emisiones de CO₂ estimadas por parte del sector ganadero alcanzaron las 705,687.60 Gg de CO₂e. En el estado de Chihuahua para el mismo año las emisiones alcanzaron 7,907.59 Gg de CO₂e y para el 2017 ascendió a 9,218.22 Gg de CO₂e (Vazquez-Galvez, 2019).

La ganadería contribuye de manera importante a las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente en CH₄, a través de dos procesos: la fermentación entérica y por el manejo de estiércol. El CH₄, es el segundo GEI en importancia, ha causado deterioro de la capa de ozono y posee 25-28 veces el potencial de calentamiento global con respecto al CO₂ (Hernández-Medrano y Corona, 2018). La digestión entérica es responsable del 53 % del CH₄ antropogénico del total del sector agrícola (Charmley et al., 2016). En Chihuahua,

las emisiones promedio de CH₄ para el 2017 se estimaron en 9,218.22 Gg, de las cuales 4,079.86 Gg se originaron por fermentación entérica y 5,138.36 Gg por manejo del estiércol (Vazquez-Galvez, 2019).

Es por lo anterior, surge la necesidad de implementar y sustentar la transición de una ganadería convencional y poco rentable, hacia una ganadería sustentable y regenerativa, enfocada a la conservación de pastizales y sus especies en riesgo (Banda-Villanueva et al., 2020). Los impactos del cambio climático en el sector agropecuario han sido considerables, provocando la pérdida de la participación de las actividades de dicho sector en su contribución al producto interno bruto, han mostrado comportamientos a la baja en su producción y productividad debido a las externalidades generadas como consecuencia de la variabilidad climática (Sosa-Urrutia et al., 2019).

I.2 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL AMBIENTE GANADERO

A nivel global, la demanda y el uso del agua para la producción de alimentos y para el ganado se rigen no solo por el manejo de los cultivos y su eficiencia, sino también por el equilibrio entre el déficit de humedad atmosférica y el suministro de agua del suelo. Por lo tanto, los cambios en el clima afectarán la demanda de agua de los cultivos tanto en sistemas de riego como de secano (IPCC, 2014a).

Algunos autores como Konzmann et al. (2013) y Zhang y Cai (2013) han demostrado mediante la investigación con proyecciones (19 CMIP3 GCM y CMIP5) que para el año 2080 se incrementará la demanda del agua de riego, mientras que Zhang y Cai (2013) sugieren que disminuirá a nivel global el déficit de agua de los cultivos.

Lo anterior indica que los impactos del cambio climático en el ganado incluirán efectos en el forraje y la alimentación, impactos directos de los cambios en la temperatura y la disponibilidad de agua en los animales y efectos indirectos a través de enfermedades del ganado. Se espera que el calentamiento alargue la temporada de crecimiento del forraje pero disminuya la calidad del forraje, con variaciones importantes debido a los cambios en las precipitaciones (IPCC, 2014a). Existe un alto grado de confianza en que las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal y las tasas de crecimiento (André et al., 2012).

Por otro lado, los sistemas de hospedantes y patógenos en el ganado cambiarán sus rangos debido al cambio climático, es decir, la diversidad de especies de algunos patógenos puede disminuir en tierras tropicales a medida que aumentan las temperaturas (Mills et al., 2010), mientras que en regiones templadas pueden volverse más adecuadas para enfermedades tropicales transmitidas por vectores, como la fiebre del Valle del Rift y la malaria, que son muy sensibles a las condiciones climáticas (Rocque et al., 2008).

La pérdida de ganado en condiciones de sequía prolongada es un riesgo crítico debido a los extensos pastizales que son propensos a la sequía, ya que el suministro de agua para la producción ganadera podría volverse más difícil debido al cambio climático a través de su impacto en la producción de cultivos y, posteriormente, en la disponibilidad de residuos de cultivos para la alimentación del ganado (IPCC, 2014b). Son motivo de especial preocupación las regiones más secas estimaron que la disponibilidad de rastrojo de maíz por cabeza de ganado disminuirá en varios países de África oriental para 2050 (Thornton et al., 2010). Aunque algunos estudios apuntan a la posibilidad de que mantener ganado tolerante al calor será más frecuente en respuesta a las tendencias de calentamiento, provocando cambios en la producción de ganado, por ejemplo, un cambio del ganado bovino a ovino y caprino (IPCC, 2014b).

En las zonas rurales de México, los ganaderos representan uno de los sectores más vulnerables, dado que sus actividades dependen indiscutiblemente del clima. Las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático a lo largo de las cadenas de valor son esenciales para el bienestar de los productores, además de garantizar

la elaboración de alimentos sostenibles, suficientes y de buena calidad (Banda-Villanueva et al., 2020). De acuerdo con Monterroso et al., (2014), después de la agricultura, la ganadería es uno de los sectores más sensible al cambio climático futuro. Las políticas de apoyo a la actividad pecuaria deben orientarse con criterio sustentable, priorizando actividades promuevan la restauración de la capacidad productiva de las áreas ganaderas (PINCC, 2015).

Cuadro 1. Resumen de eventos climáticos relacionados con actividad ganadera.

Sector	Impacto	Descripción	Referencia
Agua	Sequía	Los cambios en el clima afectarán la demanda de agua de los cultivos tanto en sistemas de riego como de secano	(IPCC, 2014a)
		La pérdida de ganado en condiciones de sequía prolongada es un riesgo crítico debido a los extensos pastizales que son propensos a la sequía	(IPCC, 2014b)
		Investigación con proyecciones mediante 19 CMIP3 GCM y CMIP5, demuestran que para el año 2080 se incrementará la demanda del agua de riego	(Konzmann et al., 2013);(Zhang y Cai, 2013)
Alimento	Disminución en calidad y cantidad	El calentamiento alargará la temporada de crecimiento del forraje, pero disminuirá la calidad de este, con variaciones importantes debido a los cambios en las precipitaciones.	(IPCC, 2014a).
		En las regiones más secas la disponibilidad de rastrojo de maíz por cabeza de ganado disminuirá en varios países de África oriental para 2050	(Thornton et al., 2010)
Enfermedades	Plagas	La diversidad de especies de algunos patógenos puede disminuir en tierras tropicales a medida que aumentan las temperaturas	(Mills et al., 2010)
		En regiones templadas pueden volverse más adecuadas para enfermedades tropicales transmitidas por vectores, como la fiebre del Valle del Rift y la malaria, que son muy sensibles a las condiciones climáticas	(Rocque et al., 2008)
Ganado	Crecimiento y reproducción	Las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal y las tasas de crecimiento	(André et al., 2012)
		Mantener ganado tolerante al calor será más frecuente en respuesta a las tendencias de calentamiento, provocando cambios en la producción de ganado, por ejemplo, un cambio del ganado bovino a ovino y caprino	(IPCC, 2014b)

Sector	Impacto	Descripción	Referencia
Ganaderos	Vulnerabilidad	Sus actividades dependen indiscutiblemente del clima; las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático a lo largo de las cadenas de valor son esenciales para el bienestar de los productores	(Banda-Villanueva et al., 2020)
		la ganadería es uno de los sectores más sensible al cambio climático futuro	(Monterroso et al., 2014)
	Gobernanza	Las políticas de apoyo a la actividad pecuaria deben orientarse con criterio sustentable, priorizando actividades promuevan la restauración de la capacidad productiva de las áreas ganaderas	(Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC), 2015)

I.3 LA GANADERÍA EN CHIHUAHUA

La ganadería es una actividad social que contribuye a la alimentación de los seres humanos aportando proteínas, micronutrientes y energía. Actualmente es una de las más dinámicas del sector agropecuario y se estima que coadyuva a la subsistencia y a la seguridad alimentaria de mil millones de personas en condiciones de marginación en todo el mundo (Rubio y Pérez, 2012). La actividad agropecuaria es un instrumento fundamental para el desarrollo sostenible y reducción de la pobreza (Callejas-Juárez et al., 2014).

México ocupa el séptimo lugar a nivel mundial en la producción de proteína animal y produce el 82.1% de los alimentos de origen animal que consume internamente, cabe resaltar que 56% de la superficie del país se dedica a la ganadería extensiva (IICA, 2021).

La actividad ganadera en Chihuahua ha enfrentado múltiples problemas para su desarrollo. Pasando por el periodo de adaptación de las especies a su arribo a los climas y suelos áridos y semiáridos (Rubio y Pérez, 2012). La extensión territorial del estado de Chihuahua representa 12.6% de la superficie nacional y una superficie pecuaria de 17.8 millones de hectáreas (72% del territorio estatal) (Comisión de Desarrollo Rural y Ganadería, 2021). Logrando para el 2020, un volumen de producción en el estado de 1,483,017.7 toneladas, siendo 3 municipios los que producen 50% del total: Delicias 28%, Cuauhtémoc 15% y Riva Palacio 10% (SIAP, 2020). La producción para el mismo año en número de cabezas fue de 4, 158, 450 entre bovinos, ovinos, porcino, caprinos, abejas (colmenas), aves y guajolotes. Cabe resaltar que, en los últimos tres años, el número de cabezas ha incrementado, a excepción de ovinos y guajolotes los cuales han disminuido. La producción de bovinos de carne es de gran importancia en el contexto socioeconómico de México, ya que proporcionan alimentos, materias primas, divisas y empleos; pues se realiza sin excepción en todas las regiones ecológicas del país (Ramírez Tinoco et al., 2011). La ganadería bovina representa una de las fuentes más importantes de ingreso y producción, así que representa el 60% del total de cabezas producidas (Cuadro 2), de los cuales para el año 2020, 299,932 y 2,221,569 corresponde a bovinos para leche y para carne, respectivamente.

A nivel nacional Chihuahua se coloca entre los primeros diez lugares de producción pecuaria de origen bovino. En 2019, el estado aportó el 4.3% de la producción nacional de ganado en pie con 157,480 toneladas. La producción de carne se realiza en los 67 municipios del estado, mientras que la producción de leche se realiza

en 42, lo que representa 108,861 km² del total del estado. Para el mismo año la producción de carne en canal se colocó en el noveno lugar con una producción de 85,405 de toneladas y 1,160432 L de leche (FMCN, 2021).

Cuadro 2. Tipo y cabezas de ganado en el estado de Chihuahua

Ganado	2018	2019	2020
Bovino	2,469,946	2,504,286	2,521,501
Aves	1,008,982	1,053,960	1,103,043
Ovino	188,748	179,813	180,988
Porcinos	155,178	159,964	163,053
Caprino	152,014	154,167	154,344
Abejas (colmenas)	27,310	35,417	35,521
Guajolote	89,987	44,568	0

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2021).

La producción ganadera en el estado es compleja, ya que la comercialización del ganado se realiza en sus diferentes fases de desarrollo, en tres mercados: compra de becerros por un intermediario para engordar, la venta directa del becerro y la exportación del becerro, y toda la diversidad de productos que se obtienen de la leche, esta es de manera intensiva y se concentra alrededor de las industrias envasadoras de leche, en el estado se encuentra Grupo ALPURA, la empresa gubernamental LICONSA y empresas locales de producción de queso como Lácteos Menonitas de Chihuahua, S. A. de C. V (FMCN, 2021).

A pesar de la alta producción e importancia del sector ganadero presenta una limitante, el factor climático propicia la vulnerabilidad del sector por lo variación en los últimos años de la precipitación y por lo tanto de forraje (PINCC, 2015). En el año 2020 y el primer semestre de 2021 la cantidad de agua ha sido escasa, afectando fuertemente la disponibilidad de forraje en los agostaderos (Comisión de Desarrollo Rural y Ganadería, 2021).

I.4 IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GANADERÍA DE CHIHUAHUA

Los efectos del cambio climático ya comienzan a ser perceptibles por la población de Chihuahua, tal es el caso de una región de extrema pobreza como la Sierra Tarahumara. Cueva et al. (2011) realizó un estudio donde resalta que también son vulnerables al cambio climático, principalmente por los eventos climáticos extremos que se han acrecentado, como las bajas temperaturas que además son una amenaza importante para su salud, el exceso de plagas y a la falta de humedad en el suelo provocan un aumento de las enfermedades, aunado a lo anterior la escases del agua es una amenaza para los cultivos, ganado y consumo humano; sin embargo, aseguran que la población desarrolla respuestas para afrontarlo y adaptarse mediante la implementación de tres tipos de estrategias: a) las basadas en sus usos y costumbres, b) la utilización del sistema de salud que ofrecen las instituciones públicas y las organizaciones no gubernamentales, y c) las prácticas sociales orientadas al exterior y la migración a las zonas urbanas como canales de integración con la sociedad “occidental”.

Ramírez-Marfil et al., (2021) analizan la causa y efecto de la problemática ambiental en un contexto de cambio climático en el municipio de Delicias desde la perspectiva social, encontrando que la actividad percibida como causante de mayor daño ambiental es la industria (80.20 %), seguida de la agricultura (13.80 %) y solamente

con 5.20 % la ganadería, los autores reportan que las personas identifican a la industria como causante de daño ambiental pero no a la agricultura. La zona de marginación y el nivel de estudios mostraron una fuerte asociación con el nivel de percepción ambiental de las personas, detectándose que, a mayor marginación, mayor desconocimiento en materia ambiental, por ejemplo, en zonas de muy baja marginación la percepción de problemas ambientales correspondió más con la ganadería, el uso de herbicidas y con el cambio climático.

Por otro lado, la Unión Ganadera Regional de Chihuahua (2020) aseguran que el clima ha generado un escenario en el que el crecimiento de los pastizales no ha sido lo suficiente para contar con el abasto alimentario de las reses. Generando una situación de emergencia, por lo que se tiene contemplado deshacerse de los animales con bajos índices reproductivos, situación que no puede posponerse, pues de lo contrario el sector no podrá resistir hasta la próxima temporada de lluvias.

En el último siglo, el impacto ecológico de la sequía y el mal manejo del ganado en los pastizales de Chihuahua fue severo, lo que causó la baja productividad de los pastizales, necesarios para sustentar poblaciones viables de vida silvestre y ganado (González Villela et al., 2018). Las proyecciones del clima al futuro cercano indican que la zona experimentará incrementos en su temperatura media anual, muy probablemente asociados con mayor frecuencia de episodios de temperatura máxima extrema (por encima de los 40°C) e incluso valores que superen los 50°C (CONANP, 2014a). Esta situación desencadenará, con base a un escenario de cambio climático de 1.5°C, un decremento máximo de escurrimiento que va del 22% para el 2030, hasta el 28% para el 2100, colocando al Río Conchos con una muy alta vulnerabilidad y sobre el tema ganadero, la preocupación se enfatiza en la degradación de los pastizales (Cervantes Rendón, 2019). Villazón Bustillos et al. (2017) indican que para un escenario a corto plazo (2050) se espera un aumento tanto en la temperatura como en la precipitación, permitiendo en algunos casos, mejorar la producción de avena de 3.57 t/ha a 8.11 t/ha, mientras que a largo plazo (2080) se espera un incremento permanente en la temperatura, sin embargo, la cantidad e intensidad de precipitación no será un factor de importancia, ya que en las actuales regiones productoras de avena no se desarrollará los cultivos para su cosecha.

Aunado a lo anterior, los animales experimentan estrés cuando las condiciones climáticas en que se encuentran sufren cambios notables, provocando que los animales reduzcan la producción y reproducción para adaptarse a esta nueva situación; Antillón-Ruiz et al. (2012) reportan que, en el municipio de Jiménez, debido al efecto calórico se redujo el porcentaje de preñez entre 29 a 33% en el periodo de enero a mayo y de 19 a 22% en el periodo de julio a noviembre considerando una temperatura ambiental máxima de 42 °C y una mínima de -14 °C; por otro lado, Lozano Domínguez et al. (2005) aseguran que en la Ciudad Delicias, el efecto calórico y el incremento en la producción de leche tienen un efecto negativo en la tasa de gestación de vacas Holstein.

I.5 EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

El estado de Chihuahua ha sido impactado por diferentes eventos climáticos. De acuerdo con el DesInventar [Version 9.12.8 - 2011] durante el periodo del 2000 al 2013 los principales eventos son escarcha, granizada, lluvia, nevada, ola de calor, onda fría, sequía, tormenta, tornado y viento fuerte (Cuadro 3). Las nevadas ocurrieron con mayor frecuencia durante este periodo de tiempo, alcanzando temperaturas de -14°C, dejando a miles de personas afectadas e incomunicadas, carreteras, caminos y puentes viales fueron cerrados a la circulación por las fuertes nevadas. Cabe resaltar que únicamente en el año 2007, se reportaron 107 eventos de este tipo. Los eventos de escarcha y onda fría ocurrieron con menor frecuencia en comparación a las nevadas, aun así, su frecuencia es de considerarse importante, ya que han alcanzado temperaturas de -20°C.

En contraste, el año 2008 y 2013, podrían considerarse como los más lluviosos, varios cultivos fueron dañados, 15 municipios se declararon en emergencia (Meoqui, San Francisco del Oro, Santa Bárbara, Matamoros, Huejotitán, Nonoava, San Francisco de Borja, Rosales, Satevó, Balleza, Dr. Belisario Domínguez, Carichí, El Tule, Valle de Zaragoza y Rosario) y se reportó el desbordamiento el río Urique. Vazquez-Galvez (2019) asegura que en 2013, Chihuahua enfrentó su peor escenario de sequía en los últimos 150 años, impactando directamente en las actividades económicas productivas como la ganadería y la agricultura. Por otro lado, durante el año 2011, se reportaron 38 eventos de sequía, considerado como la peor sequía en 70 años, dejó la pérdida de 475 mil ha entre maíz y frijol, se perdieron 180 cabezas de ganado (12% del total del hato ganadero), lugares en extrema pobreza como la sierra Tarahumara se reportó como la más afectada, ya que pudieron cosechar frijol y maíz. En el año 2013 el mismo fenómeno causó la pérdida del 35% del hato ganadero del estado. Un evento extraordinario ocurrió en el año 2013, se reportó un evento de tornado, el viento alcanzó una velocidad de 150 km/h; arrancó los techos de varias casas del ejido Lucio Blanco, derribó algunas bardas y postes de luz y destruyó sembradíos de alfalfa y otros cultivos (véase Anexo 3).

En los 67 municipios del estado se reportó al menos un evento climático. Juárez reportó 137 eventos, de los cuales 53 fueron onda fría, 28 nevada y 28 escarcha. Por otro lado, Chihuahua reportó 59 eventos, similar al municipio de Juárez, onda fría, nevada y escarcha fueron los principales eventos reportados. En 50 municipios del estado se reportaron eventos de sequía, esta situación coloca al estado de Chihuahua como el más afectado, ya que en más de 14 años de sequía han llevado al sector agropecuario a una situación de desastre (véase Anexo 2).

Cuadro 3. Eventos climáticos reportados en el estado de Chihuahua.

Evento	Año														Total general
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Escarcha	12	4	10	3	15	25	21	12	3	1	34	12	13	2	167
Granizada								5				1		19	25
Lluvia							2		22					23	47
Nevada	1	22	18		20	5	48	107	23	10	64	85	10	61	474
Ola de calor			1			5	1		3		1	7	1		19
Onda fría	3	6	8	1	2	6	9	19	20	14	21	12	5	11	137
Sequía	8	1	4	8		2	3					38		12	76
Tormenta	1		2			1		1		6	3	2	1	2	19
Tornado														1	1
Viento fuerte	1	2				2	1	3	2	2	3	1	3	1	21
Total general	26	35	43	12	37	46	85	147	73	33	126	158	33	132	986

Fuente: DesInventar [Version 9.12.8 - 2011] <https://www.desinventar.net/DesInventar/results.jsp?nStart=0>

I.6 MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Desde distintos puntos, el Gobierno del estado de Chihuahua realiza acciones enfocadas a la prevención, mitigación y adaptación al cambio climático como son la tecnificación de riego, la construcción de obras hidroagrícolas y programas de repoblamiento de hatos ganaderos de calidad genética (SAGARPA, 2013). Por su parte, la SAGARPA apoya en proyectos autosustentables rentables, que otorguen a las comunidades la garantía para preservar los nutrientes del suelo y recursos hídricos, con la finalidad de prevenir escenarios

futuros con ondas de calor como las que ocurren actualmente en gran medida debido al cambio climático (SADER, 2017).

El estado también cuenta con importantes áreas naturales las cuales se reconocen como sitios que pueden contribuir para hacer frente al cambio climático. Como es el caso del proyecto Resiliencia impulsado por Pronatura Noroeste A.C. y CONANP, se implementaron medidas de adaptación al cambio climático en la Reserva de la Biosfera Mapimí, con el fin de asegurar que los pastizales continúen brindando servicios ambientales para el bienestar de todas las personas (CONANP, 2020). Así como también, se promovió la certificación de la primer Área Destinada Voluntariamente a la conservación del estado de Chihuahua, se trata del rancho El Quemado con 1896 Ha, el objetivo es llevar a cabo prácticas de producción ganadera sustentable y fortalecer el papel de las ANP como estrategias costo-efectiva para enfrentar el cambio climático, ya que ayudan a la sociedad a hacer frente a sus impactos (CONANP, 2018).

Para contribuir a lo anterior, se elaboró la Estrategia de Cambio Climático desde las ANP. A partir de este marco normativo, se elaboraron Programas de Adaptación al Cambio Climático (PACC) en la Región Noreste y Sierra Madre Oriental (RNEySMO), entre estos programas destacan los PACC para los complejos Cuenca Mapimí y Cuenca del Río Grande. El principal resultado fue la priorización de medidas de adaptación y sus líneas de acción que se ejecutarán en un periodo de cinco años (CONANP, 2014a, 2014b). Para el caso de Mapimí: a) Excluir por lo menos una colonia de tortuga en cada predio en su zona de distribución, b) Establecer un banco de germoplasma de especies nativas y c) Construir obras de captación de agua para la fauna (CONANP, 2014b). Mientras que para Río Grande: a) Reducir la vulnerabilidad ante incendios catastróficos de rodales de árboles mediante el manejo integral del fuego, b) asegurar la reproducción y viabilidad genética de las poblaciones de rodales de árboles de los géneros *Abies*, *Picea*, *Pseudotsuga* y *P. ponderosa*, c) Desarrollar un Programa de Manejo de la ribera del río que promueva la protección de *Taxodium mucronatum* y d) controlar las especies exóticas invasoras que afectan las poblaciones de *Castor canadensis* (CONANP, 2014a).

La alianza entre WWF y la Fundación Gonzalo Rio Arronte (WWF-FGRA) iniciaron una estrategia de manejo integrado de cuencas hidrográficas y forman parte del Plan de Conservación del Desierto de Chihuahua con la finalidad de desarrollar modelo de gestión de aguas dulces, donde los principales involucrados son el gobierno, sector privado, comunidades locales y organizaciones no gubernamentales; se busca desarrollar políticas y prácticas de adaptación al cambio climático más confiables. Dicho proyecto se implementó bajo tres estrategias: la creación de consejos de cuencas fluviales, creación de proyectos que sean replicables a pequeña escala y la divulgación pública de la importancia del agua en el medio ambiente. Los principales resultados reflejan la necesidad de una mayor inversión en gestión adaptativa que servirán como base para desarrollar programas planificados y más efectivos de adaptación al cambio climático, y mejorar la resiliencia institucional, ambiental y social (Barrios et al., 2009).

Ingol-Blanco y Mckinney (2012) evaluaron el desempeño del sistema hídrico de la cuenca del río Conchos mediante el análisis de datos de temperatura y precipitación para el período 2040-2060 en relación con el escenario de referencia 1980-1999 aplicando los escenarios de emisión A2 y A1B y cinco modelos de circulación general: CGCM31, CCSM3, ECHAM5, MIROC3.2 y HadCM3. Los principales resultados demuestran

que la disponibilidad de agua en la cuenca del río Conchos bajo un escenario A2 probablemente se vuelva más vulnerable a futuros eventos de sequía debido al cambio climático, aunado a esto, la confiabilidad del suministro de agua disminuirá para todos los usuarios si se considera una mayor demanda municipal. Mientras que para un escenario A1B la simulación de las medidas adaptativas muestra que es posible mejorar el desempeño del sistema, haciéndolo más confiable, menos vulnerable y más sustentable.

El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN, 2021a) a través del proyecto “La ganadería regenerativa como herramienta para la conservación de la biodiversidad (GANARE)” busca una ganadería de bovinos sustentable, en cuatro estados: Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, donde la producción de leche y carne sea de calidad y a precios accesibles donde se permita garantizar la seguridad alimentaria de la población, así como también, ser una actividad con menos externalidades negativas al entorno, procurando la preservación de la biodiversidad, uso racional y regeneración del suelo y del agua.

I.7 REFLEXIÓN FINAL

Se encontraron pocas publicaciones que relacionan ganadería con cambio climático en Chihuahua. Quizás sea posible encontrar un poco más de estudios que no han sido arbitrados o publicados, particularmente en universidades o centros de investigación. Así, se abre una oportunidad para apoyar estudios que además concentren las investigaciones y sus resultados en el estado. El efecto del cambio climático ya es perceptible por la población y en particular por productores ganaderos. El crecimiento de pastizales y vegetación natural ya no es tan productivo y afecta la disponibilidad de alimento para el ganado. La sequía recurrente y pobreza de población son aspectos que aumentan la vulnerabilidad de la actividad ganadera frente a cambio climático. Los escenarios de cambio climático que se han aplicado concuerdan que la disponibilidad hídrica será de las más afectadas aumentando las probabilidades de sequías y problemas en suministro. Ante esto, ya se identifican esfuerzos locales y federales, públicos y privados, que buscan encontrar soluciones de mitigación y adaptación al cambio climático en la actividad ganadera. Ejemplo de lo anterior es el proyecto sobre ganadería regenerativa como herramienta para la conservación de la biodiversidad (GANARE) del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C.

I.8 REFERENCIAS

- André, K., Simonsson, L., Swartling, Å. G., y Linnér, B. (2012). Method Development for Identifying and Analysing Stakeholders in Climate Change Adaptation Processes. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 14(3), 243–261. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2012.702562>
- Antillón-Ruíz, J., Barceló-Fimbres, M., Anchondo-Garay, A., y Rodríguez-Almeida, F. A. (2012). Incidencia de estrés calórico y su impacto en la fertilidad en un establo lechero. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2), 94–100.
- Banda-Villanueva, I., Mendoza-González, G., Abad-Cuevas, N., Garza-Sánchez, A., y Díaz-Hernández, A. (2020). *Diagnóstico ambiental y socioeconómico para la implementación de procesos de ganadería regenerativa en Chihuahua, México*. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- Barrios, J. E., Rodríguez-Pineda, J. A., y De la Maza Genignos, M. (2009). Integrated river basin management in the Conchos River basin Mexico : A case study of freshwater climate change adaptation. *Climat and Development*, 1(3), 249–260. <https://doi.org/10.3763/cdev.2009.0024>
- Callejas-Juárez, N., Aranda-Gutiérrez, H., Rebollar-Rebollar, S., y Fuente-Martínez, M. L. de la. (2014). Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de chihuahua, México 1. *Agronomía mesoamericana*, 25(1), 133–139.
- Cervantes Rendón, E. (2019). Los desafíos y acciones estatales ante un escenario de calentamiento global de 1.5 °C. Caso de estudio: Chihuahua. En J. C. Rueda Abad (Ed.), *¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C? Voces y Visiones sobre el Reporte Especial del IPCC* (pp. 409–424).
- Charmley, E., Williams, S. R. O., Moate, P. J., Hegarty, R. S., Herd, R. M., Oddy, V. H., Reyenga, P., Staunton, K. M., Anderson, A., y Hannah, M. C. (2016). A universal equation to predict methane production of forage-fed cattle in Australia. *Animal Production Science*, 56, 169–180.
- Comisión de Desarrollo Rural y Ganadería. (2021). *Dictamen 2021*.
- CONANP. (2014a). *Programa de adaptación al cambio climático el complejo Cuenca del Río Grande*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- CONANP. (2014b). *Programa de adaptación al cambio climático el complejo Cuenca Mapimí*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- CONANP. (2018). *CONANP certifica primer ADCV en Chihuahua para enfrentar el cambio climático*. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/el-area-natural-prottegida-janos-promueve-la-certificacion-de-la-primer-advc-en-chihuahua-para-enfrentar-el-cambio-climatico?state=published#:~:text=CONANP certifica la primera ADVC en Chihuahua para enfrentar el cambio climático.&text=El Área Natural Protegida Janos,El Quemado con 1%2C896 hectáreas>.
- CONANP. (2020). *Adaptación al cambio climático en el Desierto Chihuahuense*. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/adaptacion-al-cambio-climatico-en-el-desierto-chihuahuense?idiom=es>
- Cueva, T. E., Few, R., y Mercado, A. (2011). Afrontando el cambio climático y los riesgos contra la salud: respuestas en la Sierra Tarahumara. *Estudios demográficos y urbanos*, 26(3), 671–708.
- Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C (FMCN). (2021a). *Caracterización y análisis de la cadena de valor y de los mercados de la ganadería regenerativa de bovinos en Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, México*.
- Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C (FMCN). (2021b). *Caracterización y análisis de la cadena de valor y de los mercados de la ganadería regenerativa de bovinos en Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, México: Diagnóstico Chihuahua*.

- González Villela, R., Montero Martínez, M. J., y Santana Sepúlveda, J. S. (2018). Effects of climate change on the environmental flows in the Conchos River (Chihuahua, Mexico). *Ecohydrology & Hydrobiology*, 18(4), 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.10.004>
- Hernández-Medrano, J. H., y Corona, L. (2018). El metano y la ganadería bovina en México: ¿Parte de la solución y no del problema?". *Agroproductividad*, 11(2), 46–51.
- Ingol-Blanco, E., y McKinney, D. C. (2012). Analysis of Scenarios to Adapt to Climate Change Impacts in the Rio Conchos Basin. En R. E. Beighley II y M. W. Killgore (Eds.), *World Environmental and Water Resources Congress 2011: Bearing Knowledge for Sustainability* (pp. 1357–1364). [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/41173\(414\)141](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/41173(414)141)
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2021). *La ganadería en México tiene amplio potencial para contribuir a la mitigación y la adaptación al cambio climático*.
- IPCC. (2014a). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, y L. L. White (eds.)).
- IPCC. (2014b). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, y L. L. White (eds.)).
- Konzmann, M., Gerten, D., y Heinke, J. (2013). Climate impacts on global irrigation requirements under 19 GCMs, simulated with a vegetation and hydrology model simulated with a vegetation and hydrology model. *Hydrological Sciences Journal ISSN*; 58(1). <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.746495>
- Lozano Domínguez, R. R., Vásquez Peláez, C. G., y González Padilla, E. (2005). Factores asociados del estrés calórico y producción de leche sobre la tasa de gestación en bovinos en sistemas intensivos. *Técnica Pecuaria en México*, 43(2), 197–2010.
- Mills, J. N., Gage, K. L., y Khan, A. S. (2010). Review Potential Influence of Climate Change on Vector-Borne and Zoonotic Diseases: A Review and Proposed Research Plan. *Environmental Health Perspectives*, 118(11), 1507–1514. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901389>
- Monterroso, A., Conde, C., Gay, C., Gómez, D., y López, J. (2014). Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 19, 445–461. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9442-y>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). *The state of food and agriculture: Livestock in the balance*.
- Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC). (2015). *Reporte Mexicano de Cambio climático Grupo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. <https://www.pincc.unam.mx/publicaciones/reportes-mexicano/>
- Ramírez-Marfil, L., Hinojosa-Flores, I., García-Durán, M. A., y Santellano-Estrada, E. (2021). Percepción de la problemática ambiental en Delicias, Chihuahua, México. *Sociedad y Ambiente*, 24, 1–32. <https://doi.org/10.31840/sya.vi24.2212>
- Ramírez Tinoco, J., Damián, Martínez, M. Á., García Mata, R., Hernández Garay, A., y Mora Flores, J. S. (2011). Aplicación de un sistema de demanda casi ideal (AIDS) a cortes de carnes de bovino, porcino, pollo, huevo y tortilla en el periodo de 1995–2008. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 2(1), 39–51.
- Rocque, S. D. La, Rioux, J. A., y Slingenbergh, J. (2008). Climate change: effects on animal disease systems and Differential impacts are expected. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 27(2), 339–354.
- Rubio, E., y Pérez, E. (2012). Desarrollo de la ganadería en el estado de Chihuahua 2000–2011: Líneas de trabajo

- para un estudio del impacto ambiental. *Chihuahua Hoy 2012: Visiones de su historia, economía, política y cultura*, 10, 271–292. <https://doi.org/10.20983/ch.v10i0>
- SADER. (2017). *Destaca la SAGARPA trabajo conjunto para combatir a la desertificación*. <https://www.gob.mx/agricultura%7Cchihuahua/prensa/destaca-la-sagarpa-trabajo-conjunto-para-combate-a-la-desertificacion>
- SAGARPA. (2013). *Fortalecen SAGARPA y gobierno de Chihuahua acciones para prevenir y mitigar efectos de sequía en el sector agropecuario*. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/fortalecen-sagarpa-y-gobierno-de-chihuahua-acciones-para-prevenir-y-mitigar-efectos-de-sequia-en-el-sector-agropecuario>
- SAGARPA. (2015). *Propuesta de capacitación para el desarrollo de capacidades pecuarias con visión empresarial orientadas a micro, pequeños y medianos productores de ganado ovino*. <https://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>
- Salem, H. B., Rezik, M., Lassoued, N., y Darghouth, M. (2011). Global Warming and Livestock in Dry Areas : Expected Impacts, Adaptation and Mitigation. En J. Blanco y H. Kheradmand (Eds.), *Climate Change - Socioeconomic Effects* (pp. 341–366).
- SEMARNAT-INECC. (2018). Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático. En *SEMARNAT*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). *Sistema de información agroalimentaria, Cierre 2020*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2021). *Población ganadera*. <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762?idiom=es>
- Sosa-Urrutia, M. E., Thomé-Ortiz, H., Pérez-Rivas, G., Sánchez-Vera, E., Morales, A., y Martínez-Castañeda, F. E. (2019). Impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria: una aproximación metodológica. En B. Cavallozzi Vázquez, B. Ramírez Valverde, y J. Cesin Vargas (Eds.), *La ganadería ante escenarios complejos* (pp. 91–104).
- Thornton, P. K., Jones, P. G., Alagarswamy, G., Andresen, J., y Herrero, M. (2010). Adapting to climate change : Agricultural system and household impacts in East Africa. *Agricultural Systems*, 103(2), 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.09.003>
- UGRCH. (2020). *Expresan Ganaderos de Chihuahua preocupación por intensa sequía*. Chihuahua Ganadero. <https://ugrch.org/site/expresan-ganaderos-de-chihuahua-preocupacion-por-intensa-sequia/>
- Vázquez-Galvez, F. (2019). *Programa estatal de cambio climático Chihuahua 2019*. <http://cathi.uacj.mx/handle/20.500.11961/10896;jsessionid=365858FE6757AB49BF7E582F942D9DAC>
- Villazón Bustillos, D., Rubio Arias, H., Ochoa Rivero, J. M., y De la Mora, C. (2017). Pronóstico productivo de la avena forrajera de temporal por efecto del cambio climático en el noroeste de Chihuahua, México. *Nova Scientia*, 9(2), 551–567.
- Zhang, X., y Cai, X. (2013). Climate change impacts on global agricultural water deficit. *Geophysical Research Letters*, 40, 1111–1117. <https://doi.org/10.1002/grl.50279>

II Anexos

ANEXO 1. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Título	Año	Tipo de trabajo	Escenarios	Tipo de Ganado	Resultados	Palabras Clave
Factores asociados del estrés calórico y producción de leche sobre la tasa de gestación en bovinos en sistemas intensivos	2005	Artículo científico	-	-	El efecto calórico y el incremento en la producción de leche tienen un efecto negativo en la tasa de gestación de vacas Holstein.	Vacas lecheras, Fertilidad, Estrés calórico, Producción láctea.
Chihuahua's Cattle Industry and a Decade of Drought: Economical and Ecological Implications	2008	Artículo científico	-	Vacas	La productividad de los pastizales en algunas áreas cayó por debajo de los niveles necesarios para mantener poblaciones viables de vida silvestre y ganado. Se requieren ajustes y planificación para futuras sequías ya que a largo plazo los datos indican que la sequía es la regla, y no la excepción, para todos los pastizales de Chihuahua	
Integrated river basin management in the Conchos River basin, Mexico: A case study of freshwater climate change adaptation	2009	Artículo científico	-	-	Se ha mejorado la gestión de las cuencas fluviales, pero se observa impactos de las medidas de eficiencia del agua superficial que no se gestionaron. Si estas medidas de adaptación se consolidan en los próximos años, servirán como base para desarrollar programas planificados y más efectivos de adaptación al cambio climático, y mejorar la resiliencia institucional, ambiental y social.	adaptación; cuenca; cambio climático; gestión integrada de cuencas fluviales; río; agua
La recuperación de pastizales y su impacto en la recarga de acuíferos y en el desarrollo de una ganadería sustentable en el desierto de Chihuahua	2010	Artículo de revisión	-	-	Entre las causas que explican que grandes extensiones de pastizales nativos y zonas de matorrales del desierto de Chihuahua estén degradadas destacan: el sobre-pastoreo, la escasa precipitación y su incierta distribución; las temperaturas extremas (en los meses cálidos se tiene una elevada evaporación) y las altas pérdidas de agua por escurrimiento superficial. Por su parte, tanto el gobierno federal como el estatal no cuentan con programas eficientes para atender la problemática expuesta, sólo se llevan a cabo los programas tradicionales como Pro-Árbol y que además se encuentran mal gestionados. La respuesta oficial ante el deterioro ambiental y el cambio climático plantea acciones limitadas e insuficientes.	
Afrontando el cambio climático y los riesgos contra la salud: respuestas en la Sierra Tarahumara	2011	Artículo científico	-	-	La población Tarahumara también son vulnerables al cambio climático, principalmente por los eventos climáticos extremos que se han acrecentado, como las bajas temperaturas que además son una amenaza importante para su salud, el exceso de plagas y a la falta de humedad en el suelo provocan un aumento de las enfermedades, aunado a lo anterior la escases del agua es una amenaza para los cultivos, ganado y consumo humano; sin embargo, aseguran que la población desarrolla respuestas para afrontarlo y adaptarse mediante la implementación de tres tipos de estrategias: a) las basadas en sus usos y costumbres, b) la utilización del sistema de salud que ofrecen las instituciones públicas y las organizaciones no gubernamentales, y c) las prácticas sociales orientadas al exterior y la emigración a las zonas urbanas como canales de integración con la sociedad "occidental".	amenazas climáticas, adaptación, afrontamiento, comunidades indígenas, hogares pobres, riesgos para la salud, tarahumaras, vulnerabilidad.

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ACUMULACIÓN DE FRÍO EN LA REGIÓN MANZANERA DE CHIHUAHUA	2011	Artículo científico	Se utilizó el modelo ensamble I para el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero A2 donde se obtuvieron cinco escenarios futuros: 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040, 2041-2050 y 2051-2060	-	El análisis retrospectivo mostró tendencia significativa de la disminución de las unidades frío en el periodo invernal. Estos resultados evidencian el impacto de la variación del clima regional sobre el desarrollo del manzano en las últimas décadas, lo que señala la necesidad de medidas de adaptación.	calentamiento global, Chihuahua, manzano, unidades frío.
PERSPECTIVAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MANZANO EN CHIHUAHUA, ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	2011	Artículo de revisión	-	-	Los resultados obtenidos indican tendencias claras en el incremento de los costos de producción, la densidad de plagas, el riesgo de la presencia de enfermedades y la profundidad de extracción del agua de riego	Malus sylvestris (L) Mill. Var. Domestica (Borkh) Mansf, calentamiento global, costos de producción.
Incidencia de estrés calórico y su impacto en la fertilidad en un establo lechero	2012	Artículo científico	-	-	en el municipio de Jiménez, debido al efecto calórico se redujo el porcentaje de preñez entre 29 a 33% en el periodo de enero a mayo y de 19 a 22% en el en el periodo de julio a noviembre considerando una temperatura ambiental máxima de 42 °C y una mínima de -14 °C	temperatura vaginal, ganado, condiciones climáticas
Analysis of Scenarios to Adapt to Climate Change Impacts in the Rio Conchos Basin	2012	Artículo científico	-	-	Los principales resultados demuestran que la disponibilidad de agua en la cuenca del río Conchos bajo un escenario A2 probablemente se vuelva más vulnerable a futuros eventos de sequía debido al cambio climático, aunado a esto, la confiabilidad del suministro de agua disminuirá para todos los usuarios si se considera una mayor demanda municipal	Climate change, water scenarios, adaptation and mitigation, Rio Conchos.
Desarrollo de la ganadería en el estado de Chihuahua 2000-2011: Líneas de trabajo para un estudio del impacto ambiental	2012	Artículo de revisión	-	-	La actividad ganadera en Chihuahua ha enfrentado múltiples problemas para su desarrollo. Pasando por el periodo de adaptación de las especies a su arribo a los climas y suelos áridos y semiáridos	-
Diagnóstico Actual y Sustentabilidad de los Pastizales del estado de Chihuahua ante el Cambio Climático	2013	Reporte SAGARPA	-	-	Se elaboraron mapas para estimar la producción forrajera disponible para las siete ecorregiones ganaderas del estado de Chihuahua. Para el año 2011, las estimaciones están por debajo del 50% obtenido por INIFAP y COTECOCA en 1978. en contraste con el 2011, para el año 2012 se presentó el doble de la producción forrajera para las ecorregiones localizadas en las zonas áridas y semiáridas, sin embargo, no representan lo suficiente para cumplir con los requerimientos de alimentación del ganado en pastoreo. De este modo, en conjunto con la variación de la precipitación y la percepción de los ganaderos, se atribuye la reducción del forraje para el ganado a la sequía, situación que se agrava debido al cambio climático.	-

Fortalecen SAGARPA y gobierno de Chihuahua acciones para prevenir y mitigar efectos de sequía en el sector agropecuario	2013	Prensa SAGARPA	-	-	El gobierno de la Republica realiza acciones enfocadas a la prevencion, mitigación y adaptación comoson la tecnificación de riego, la construcción de obras hidroagrícolas y programas de repoblamiento de hatos ganaderos de calidad genética.	
Programa de Adaptación al Cambio Climático del Complejo Cuenca del Río Grande	2014	Programa de Adaptación	Escenario A2 para el 2010-2039	-	Las proyecciones del clima al futuro cercano indican que la región noreste de México, como la mayor parte del país, experimentará incrementos en su temperatura media anual, muy probablemente asociados con mayor frecuencia de episodios de temperatura máxima extrema (por encima de los 40°C) e incluso valores que superen los 50°C	
GRUPO II IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN	2015	Reporte Mexicano de Cambio Climático	-	-	El uso del suelo que abarca el 58 % del territorio nacional es la ganadería, se desarrolla bajo diferentes contextos agroecológicos, tecnológicos, de sistemas de manejo y objetivos de producción. Debido a su importancia a nivel nacional es necesario establecer escuelas de productor a productor que respalden experiencias que permitan sistematizarlas para contribuir a la mitigación del cambio climático. Ya que es un sistema vulnerable debido a la variación en la disponibilidad de agua y forraje, lo anterior hace necesario que se establezcan estrategias de mejora de los hatos ganaderos con especies y razas más productivas, así como considerar la ganadería estabulada a pequeña escala. Las políticas de apoyo a la actividad pecuaria deben orientarse con criterio sustentable, priorizando actividades promuevan la restauración de la capacidad productiva de las áreas ganaderas.	
Plan de acción climatina municipal: Chihuahua	2015	Plan de acción	-	-	Incluye información y elementos para propiciar e impulsar acciones tendientes a disminuir los riesgos ambientales y reducir efectos económicos y sociales derivados del cambio climático. Promueve la participación de los sectores de la sociedad en la implementación y puesta en marcha de medidas de mitigación y adaptación identificadas en él y busca, como objetivo primordial, el bienestar de la población.	
Programa estatal de cambio climático de Chihuahua	2016	Programa estatal	-	-	Considerando las riquezas naturales con las que cuenta Chihuahua y su gran extensión territorial, el cambio climático también se ha convertido en un asunto de la agenda estatal. El gobierno de Chihuahua ha trabajado en la formulación de leyes y programas que promueven acciones de mitigación y/o adaptación al cambio climático. Las actividades ganaderas más importantes de Chihuahua son: 1) la producción de leche, 2) ganado en pie, 3) carne en canal y 4) aves en pie. Los resultados preliminares para 2014 registraron una población de 269,940 cabezas de ganado bovino lechero, un incremento del 24% respecto al 2005.	
Modelado de riesgos para el sistema vaca-cría del estado de Chihuahua utilizando indicadores socioeconómicos y ambientales	2017	Artículo científico	Se generó un modelo con indicadores socioeconómicos y ambientales	-	La estimación mostró que el aumento de la densidad ganadera en una unidad animal en los predios ejidales eleva los costos de producción 0.0358 unidades porcentuales, al demandar un mayor consumo de materia vegetal e insumos. La diferencia en las unidades animal entre tipos de tenencia predial, al considerar un programa de capacitación técnico pecuario, disminuye entre las zonas, y mostró que la vulnerabilidad en los predios ejidales es inferior ante un evento de sequía.	Riesgo, Ecorregiones, Sensores remotos, Sistema de producción.

Pronóstico productivo de la avena forrajera de temporal por efecto del cambio climático en el noroeste de Chihuahua, México	2017	Artículo científico	Se tomó información del modelo HadCM3 (Modelo acoplado del Centro Hadley versión 3, 2001) que describe el comportamiento de variables climáticas bajo escenarios de emisión de contaminantes A2 y B2 para los años 2050 y 2080.	-	A corto plazo (2050) se esperan con un aumento tanto en la temperatura como en la precipitación, lo que permite en el caso de Bachíniva mejorar la producción de avena de 3.57 t/ha a 8.11 t/ha bajo en escenario de emisión de contaminantes A2. A largo plazo (2080) se espera un incremento permanente en la temperatura y sin importar que tanto mejore la precipitación, esto provocara que en las actuales regiones productoras de avena no se logren desarrollar los cultivos para su cosecha.	función estocástica; Avena sativa L.; producción materia seca
Destaca la SAGARPA trabajo conjunto para combatir a la desertificación	2017	Prensa SADER Chihuahua	-	-	La SAGARPA apoya en proyectos autosustentables rentables, que otorguen a las comunidades la garantía para preservar los nutrientes del suelo y recursos hídricos, con la finalidad de prevenir escenarios futuros con ondas de calor como las que ocurren actualmente en gran medida debido al cambio climático.	
Repercusiones del Cambio Climático en el Caudal Ecológico del río Conchos (Chihuahua)	2017	Artículo científico	-	-	Los resultados indican que para la temporada de lluvia se presentaron incrementos considerables de precipitación, mientras que en la temporada seca llovió mucho menos, haciendo el clima más extremo, lo cual puede ser explicado por los efectos del cambio climático. La homogeneización de los flujos generó un caudal alterado para todas las épocas del año. Por lo tanto, es evidente el impacto ambiental del flujo del río por construcción de la presa La Boquilla, así como los causados por el efecto sinérgico sobre la disponibilidad de agua por el cambio climático, como puede verse en la disminución significativa de la estación seca del caudal promedio mensual en el período subsiguiente.	Caudal Ecológico, río Conchos, SPI
¿Adaptación o supervivencia? Percepciones Sociales del cambio climático en el municipio de Cusihiuriachi, Chihuahua	2017	Artículo científico	-	-	Los resultados reflejan la existencia de un vacío por parte de las autoridades de los diferentes órdenes de gobierno con relación al cambio climático, en general, y al de estrategias de adaptación, en particular, para hacer frente a los impactos del clima que se están manifestando. Ahora, ante ello, los pobladores de las comunidades sólo reaccionan para sobrevivir.	impactos socioambientales, percepciones sociales, estrategias de adaptación, cambio climático
CONANP certifica primer ADVC en Chihuahua para enfrentar el cambio climático	2018	Blog CONANP	-	-	Se promovió la certificación de la primer Área Destinada Voluntariamente a la conservación del estado de Chihuahua, Se trata del rancho El Quemado con 1896 Ha, se busca llevar a cabo prácticas de producción ganadera sustentable. Se fortalece el papel de las ANP como estrategias costo-efectiva para enfrentar el cambio climático, ya que ayudan a la sociedad a hacer frente a sus impactos.	
Effects of climate change on the environmental flows in the Conchos River (Chihuahua, Mexico)	2018	Artículo científico	-	-	el impacto ecológico de la sequía y el mal manejo del ganado en los pastizales de Chihuahua fue severo, lo que causó la baja productividad de los pastizales, necesarios para sustentar poblaciones viables de vida silvestre y ganado	Aquatic ecology, Water management, Ecosystemic analysis, Environmental

						flows, Climate change	
Los desafíos y acciones estatales ante un escenario de Calentamiento Global de 1.5 °C. Caso de estudio: Chihuahua	2019	Artículo de revisión	Escenario de cambio climático de 1.5°C	-	-	Chihuahua cuenta con municipios con vulnerabilidad al cambio climático que va de alta a media en la zona serrana y en el centro y norte es de baja a muy baja. Es de especial interés la vulnerabilidad sobre el recurso hídrico superficial, ya que en el caso del Río Conchos se espera un decremento máximo de escurrimiento que va del 22% para el 2030, hasta el 28% para el 2100, considerándose la cuenca del Río Conchos con una muy alta vulnerabilidad. Sobre el tema ganadero, la preocupación se enfatiza en la degradación de los pastizales.	Cambio climático; Vulnerabilidad hídrica; Vulnerabilidad agropecuaria; Estrategias de mitigación
Programa estatal de cambio climático Chihuahua 2019	2019	Programa estatal	-	-	-	Asegura que en 2013, Chihuahua enfrentó su peor escenario de sequía en los últimos 150 años, impactando directamente en las actividades económicas productivas como la ganadería y la agricultura	-
Adaptación al cambio climático en el desierto Chihuahuense	2020	Blog CONANP	-	-	-	Se implementaron medidas de adaptación al cambio climático en la Reserva de la Biosfera Mapimí, como parte del proyecto Resiliencia, con el fin de asegurar que los pastizales continúen brindando servicios ambientales para el bienestar de todas las personas. Las medidas fueron implementadas por Pronature Noroeste A.C.	-
Expresan ganaderos de Chihuahua preocupación por intensa sequía	2020	Reporte Unión Ganadera Regional delestado (UGRCH)	-	-	-	El clima ha generado un escenario en el que el crecimiento de los pastizales no ha sido lo suficiente para contar con el abasto alimentario de las reses. Generando una situación de emergencia, por lo que se tiene contemplado deshacerse de los animales con bajos índices reproductivos, situación que no puede posponerse, pues de lo contrario el sector no podrá resistir hasta la próxima temporada de lluvias.	-
Percepción de la problemática ambiental en Delicias, Chihuahua, México	2021	Artículo científico	-	-	-	Se analiza la causa y efecto de la problemática ambiental en un contexto de cambio climático en el municipio de Delicias desde la perspectiva social, encontrando que la actividad percibida como causante de mayor daño ambiental es la industria (80.20 %), seguida de la agricultura (13.80 %) y solamente con 5.20 % la ganadería, los autores reportan que las personas identifican a la industria como causante de daño ambiental pero no a la agricultura. La zona de marginación y el nivel de estudios mostraron una fuerte asociación con el nivel de percepción ambiental de las personas, detectándose que, a mayor marginación, mayor desconocimiento en materia ambiental, por ejemplo, en zonas de muy baja marginación la percepción de problemas ambientales correspondió más con la ganadería, el uso de herbicidas y con el cambio climático.	problemas ambientales; marginación; riesgo; vulnerabilidad ; percepción.
Caracterización y análisis de la cadena de valor y de los mercados de la ganadería regenerativa de bovinos en Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, México	2021	Proyecto	-	-	-	El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN, 2021a) a través del proyecto "La ganadería regenerativa como herramienta para la conservación de la biodiversidad (GANARE)" busca una ganadería de bovinos sustentable, en cuatro estados: Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, donde la producción de leche y carne sea de calidad y a precios accesibles donde se permita garantizar la seguridad alimentaria de la población, así como también, ser una actividad con menos externalidades negativas al entorno, procurando la preservación de la biodiversidad, uso racional y regeneración del suelo y del agua.	

ANEXO 2. NUMERO DE EVENTOS CLIMÁTICOS POR MUNICIPIO EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA.

Municipio	Evento									Total general	
	Escarcha	Granizada	Lluvia	Nevada	Ola de calor	Onda fría	Sequía	Tormenta	Tornado		Viento fuerte
Ahumada				7	1			1	1	3	13
Aldama		1	2	3		1	2				9
Allende		1	2	3				1			7
Aquiles Serdán				2			1				3
Ascensión	5			8			1			1	15
Bachíniva		2		8		1	1				12
Balleza	9		2	9		12	2				34
Batopilas	3		1	4	1		1				10
Bocoyna	9			27		7	1	1			45
Buenaventura	2		1	11		1	1				16
Camargo		4	1	3			1				9
Carichí	2		2	5							9
Casas Grandes	3			12	1		1	1			18
Chihuahua	12		2	17	2	17	3	2		4	59
Chínipas	1		1	2				1			5
Coronado				2			1				3
Coyame del Sotol			1	3							4
Cuauhtémoc	3	2		12		4	3			1	25
Cusiuhiriachi	2		1	4			1				8
Delicias	1	2	1	3		4	2				13
Dr. Belisario Domínguez			2	3			1				6
El Tule	1		1	2			2				6
Galeana	3			6			1				10
Gómez Farías	3			13			1				17
Gran Morelos				2							2
Guachochi	4			16		5					25
Guadalupe	2			3			1			1	7
Guadalupe y Calvo	2		1	14		3	1				21
Guazapares	1			4	1			1			7
Guerrero	3	2		19		3	1				28
Hidalgo del Parral		1	1	5		2	1	1		1	12
Huejotitán			1	4		1	1				7
Ignacio Zaragoza	5			19			1				25
Janos	6			20			1				27
Jiménez			1	1			1				3
Juárez	28		4	28	7	53	4	4		9	137
Julimes			1	2		1	1				5
La Cruz		1	1	2			2	1			7
López	1	1		3		1	1				7
Madera	9			25		1	1			1	37
Maguarichi	2			6							8
Manuel Benavides				2		1	1	1			5
Matachí	5			14		5	1				25
Matamoros			1	2			1				4
Meoqui		2	2	1		1	1				7
Morelos	1			2			1				4
Moris	1			6							7
Namiquipa	3	1		11		1					16
Nonoava	1		1	4			2				8
Nuevo Casas Grandes	6		1	11	1		1	2			22
Ocampo	2			11		1					14
Ojinaga	2		1	3	2	2	2	2			14
Praxedis G. Guerrero				4	1	1	1				7
Riva Palacio			1	2			1				4
Rosales		2	2								4
Rosario	1		1	2			1				5
San Francisco de Borja	1		1	1			1				4
San Francisco de Conchos				2			1				3
San Francisco del Oro			1	3			1				5

Municipio	Evento										Total general
	Escarcha	Granizada	Lluvia	Nevada	Ola de calor	Onda fría	Sequía	Tormenta	Tornado	Viento fuerte	
Santa Bárbara			1	3			1				5
Santa Isabel				1							1
Satevó			2	1			2				5
Saucillo		2		2			1				5
Temósachic	9			24		7					40
Urique	1		1	5	2						9
Uruachi	1			9							10
Valle de Zaragoza		1	1	5			1				8
Sin dato	11			1		1	11				24
Total general	167	25	47	474	19	137	76	19	1	21	986

**PRODUCTO FINAL 3. DIAGNÓSTICO SOBRE LAS
CONDICIONES METEOROLÓGICAS QUE
AFECTAN A LA GANADERÍA BOVINA EN LAS
CUENCAS DEL PROYECTO, INCLUYENDO
FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS
EXTREMOS.**

CONTENIDO

I	INTRODUCCIÓN
II	ÁREA DE ESTUDIO
III	CLIMA REGIONAL
IV	ELEMENTOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA
V	ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS
VI	TENDENCIAS CLIMÁTICAS EN LAS CUENCAS
VII	REFLEXIÓN FINAL
VIII	REFERENCIAS
IX	ANEXOS

I Introducción

En México, actualmente el sector ganadero contribuye con el 1.12% del Producto Interno Bruto (INEGI, 2022a), no obstante el PIB del sector ganadero ha tenido un incremento casi constante desde 1993 (Figura 1). El sector produce anualmente cerca de dos millones de toneladas de carne y 11 millones de litros de leche, a través de más de 750 mil personas que se dedican a la cría y explotación de especies ganaderas (SAGARPA-SIAP, 2018). Alrededor de 109.8 millones de hectáreas del territorio nacional está dedicado a la producción ganadera, cerca del 56% de la superficie total del país (SAGARPA-SIAP, 2018). Alrededor del 43% de esa superficie está degradada por sobrepastoreo (SEMARNAT, 2014). El sector también es responsable del 10.3% de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas en la nación (INECC, 2018).

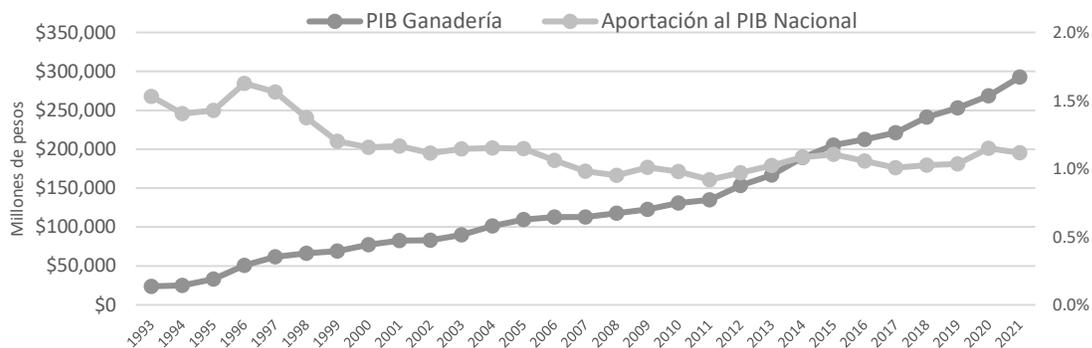


Figura 1. PIB del sector ganadero y aportación al PIB nacional 1993-2021

El país necesita desarrollar nuevos paradigmas y herramientas para enfrentar las tasas altas de degradación ambiental y forestal. En este contexto, la ganadería regenerativa representa una opción innovadora para proteger y recuperar la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas. Está asociada con revertir pérdida de cobertura vegetal y la desertificación, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, a través de la recuperación y conservación de la salud de los suelos, los ecosistemas y los sumideros de carbono. Varios reportes apuntan a que los sistemas regenerativos contribuyen a aumentar la producción, la rentabilidad y resiliencia de los sistemas ganaderos (Voisin & Lecomte, 1962; Savory, 2016). Si bien el número de ganaderos que está adoptando estas prácticas va en aumento; la degradación de los ecosistemas, pérdida de biodiversidad y aumento en el efecto del cambio climático requieren de acelerar la conversión de la ganadería a una práctica regenerativa, la cual incluye los sistemas agrosilvopastoriles tropicales.

II Área de estudio

El área de estudio corresponde a cuatro cuencas dentro de la Región Hidrológica (RH-34) Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes): Cuenca Casas Grandes, Cuenca Santa María, Cuenca Río del Carmen y Cuenca Río el Carrizo y otros. Desde el punto de vista administrativo pertenece a la Región Hidrológica VI Río Bravo. Dicha región ocupa gran parte del Noroeste del Estado de Chihuahua y presenta una superficie de 84,887.91 km², de los cuales el 29.8 % (25,307.5 km²) pertenecen a la Cuenca Casas Grandes, 26.1% (22,193.45 km²) a la Cuenca Río el Carrizo y Otros, 25.2% (21,379.15 km²) a la Cuenca Santa María y el 18.9 % (16,007.81 km²) a la Cuenca Río del Carmen.

Cuenca	Superficie (Km ²)	%	Altura mínima	Altura máxima
Casas Grandes	25,307.50	29.8	1,162	3,045
Santa María	21,379.15	25.2	1,146	3,045
Río del Carmen	16,007.81	18.9	1,185	2,982
Río el Carrizo y Otros	22,193.45	26.1	1,114	2,899

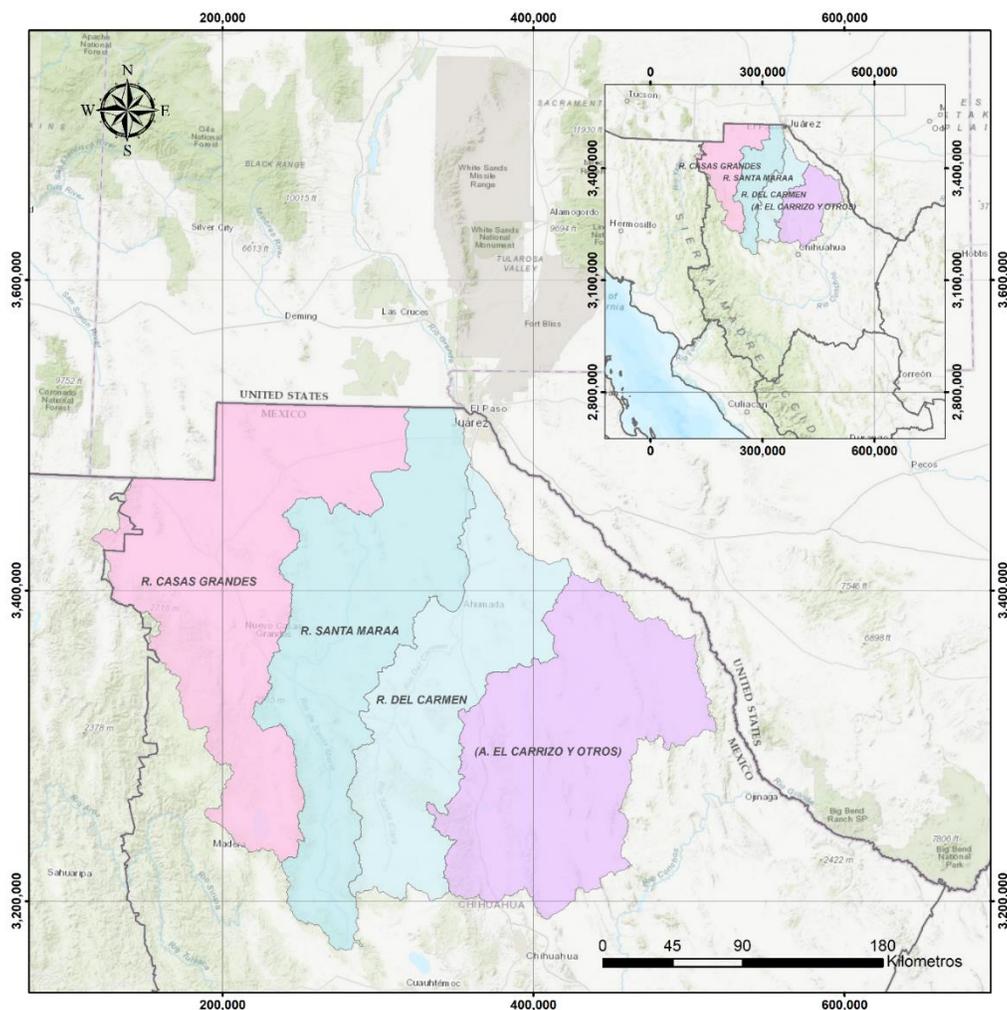


Figura 2. Zona de estudio.

II.1 RELIEVE Y FORMAS

De acuerdo con el conjunto de datos vectoriales fisiográficos del INEGI (2001), la zona de estudio se ubica en su mayor parte dentro de la provincia fisiográfica denominada Sierras y Llanuras del Norte y donde convergen las subprovincias Llanuras y Médanos del Norte, Bolsón de Mapimí y Sierras Plegadas del Norte, y en menor proporción se encuentra en la provincia Sierra Madre Occidental, en las subprovincias Sierras y Cañadas del Norte y Sierras y Llanuras Tarahumaras. La jerarquía de la fisiografía se muestra en el siguiente Cuadro.

Cuadro 4. Jerarquía de paisajes presentes en la zona de estudio de acuerdo a la fisiografía.

PROVINCIA	SUBPROVINCIA	TOPOFORMA	DESCRIPCIÓN				
Sierra Madre Occidental	Sierras y Cañadas del Norte	Sierra	Sierra baja con cañadas				
		Bajada	Bajada con cañadas				
	Sierras y Llanuras Tarahumaras	Cuerpo de agua		N/a			
			Llanura	Llanura aluvial con lomerío Llanura aluvial inundable			
		Lomerío		Lomerío con bajadas Lomerío con cañadas Lomerío típico			
			Meseta	Meseta escalonada con cañadas			
			Sierra		Sierra alta Sierra alta con mesetas Sierra baja		
		Valle			Valle abierto de montaña Valle de laderas tendidas con lomerío		
			Sierras y Llanuras del Norte	Del Bolsón de Mapimí	Bajada	Bajada típica	
		Llanura				Llanura aluvial Llanura aluvial inundable y salina Llanura aluvial salina	
					Lomerío		Lomerío escarpado Lomerío ramificado
						Sierra	Sierra escarpada Sierra plegada
	Llanuras y Médanos del Norte	Bajada			Bajada con lomerío		
		Campo de dunas			Campo de dunas típico		
Cuerpo de agua				N/a			
		Llanura			Llanura aluvial Llanura aluvial con lomerío de piso rocoso o cementado Llanura aluvial de piso rocoso o cementado Llanura aluvial de piso rocoso o cementado e inundable Llanura aluvial inundable Llanura aluvial inundable y salina Llanura aluvial salina Llanura aluvial salina con lomerío		

PROVINCIA	SUBPROVINCIA	TOPOFORMA	DESCRIPCIÓN
		Lomerío	Lomerío escarpado
			Lomerío escarpado con bajadas
		Sierra	Sierra escarpada
			Sierra plegada
	Sierras Plegadas del Norte	Bajada	Bajada con lomerío
			Bajada típica
		Llanura	Llanura aluvial inundable y salina
			Llanura aluvial salina
			Llanura desértica
			Llanura desértica de piso rocoso o cementado
			Llanura desértica salina
		Lomerío	Lomerío ramificado
			Lomerío ramificado con bajadas
		Sierra	Sierra escarpada
			Sierra plegada
Sierra plegada con lomerío			

Fuente: Elaboración propia a partir de la Carta Fisiográfica Nacional Escala 1:1,000,000 Serie I del INEGI

Las formas fisiográficas más sobresalientes se definen por grandes serranías, formadas por una alternancia de rocas ígneas constituidas por lavas, brechas, tobas y rocas sedimentarias, con alturas que varían de 1 400 a 1 600 msnm, drenaje subparalelo a rectangular. Las características del relieve del área son el resultado de la interacción de los factores endógenos (tectónicos), y exógenos o niveladores (erosión, denudación e intemperismo), que aunados con el evento orogénico Laramídico, dieron lugar a la conformación del panorama morfológico que impera actualmente en la región.

El papel de la tectónica fue fundamental tanto en el desarrollo de las serranías de origen volcánico ya que los efectos de compresión y distensión propiciaron la formación de fallas y fracturas por donde se originaron derrames y explosiones volcánicas que a la postre formaron las grandes serranías de la zona, en cuanto a las serranías de origen sedimentario fueron formadas por los efectos compresivos de la Orogenia Laramídica. Atendiendo a las características topográficas, geológicas, estructurales, fisiográficas e hidrográficas identificadas, se pueden diferenciar los siguientes rasgos geomorfológicos:

Sierras Plegadas. Esta unidad ocupa una pequeña porción al sur y oriente de la zona, formando las elevaciones de la sierra del Chilicote, constituida por rocas carbonatadas del Cretácico, y de la sierra del Monumento, con una edad correspondiente al Paleozoico.

Sierras Volcánicas. Constituyen las elevaciones localizadas al norte de la población de Janos, conocidas como cerros La Casita, Crestones y Picacho, entre otros, que están formados en su mayor parte por riolitas y tobas riolíticas, localizadas inmediatamente al norte de la población de Janos.

Mesetas asociadas a eventos ígneos. Las manifestaciones de los eventos ígneos extrusivos producidos por extravasaciones de magmas de composición ácida a intermedia configuran mesetas sensiblemente planas en la zona.

Planicies. Este rasgo geomorfológico abarca la mayoría de las zonas bajas del área; se encuentra ampliamente distribuida y presenta una pendiente sensiblemente plana, los materiales que se acumulan en esta unidad provienen de la erosión de las rocas preexistentes. El valle de Janos se considera dentro de esta unidad geomorfológica. El origen de estas planicies se encuentra íntimamente relacionado con el fallamiento normal de orientación principal noroeste-sureste producido en la etapa distensiva de la orogenia Laramídica.

La distribución de topoformas en cada una de las Cuencas que integran la región de estudio se muestra en la Figura 3.

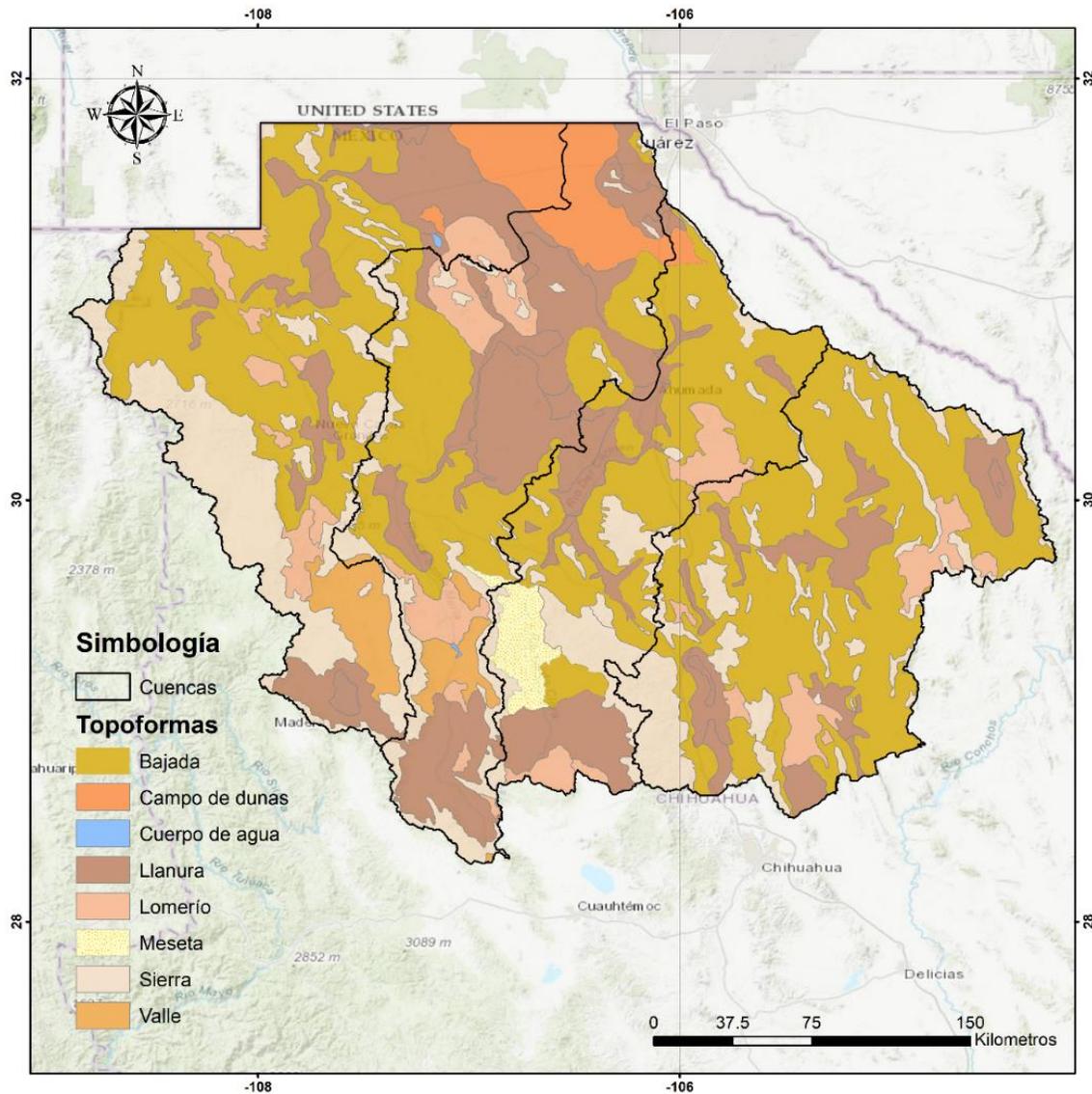


Figura 3. Sistema de topoformas.

II.2 TIPOS DE ROCA

Dada la extensión de la superficie de estudio es posible encontrar una amplia diversidad de unidades cronoestratigráficas y por consiguiente una amplia gama de rocas, siendo de mayor presencia las rocas ígneas con una extensión del poco más del 27% del área de estudio, seguidas de las rocas sedimentarias (20.89%) y por último las metamórficas (0.03%).

Las estructuras geológicas que conforman el área han sido producto de una sucesión de acontecimientos naturales que modelaron la corteza terrestre, entre los cuales destacan la intensa actividad tectónica acaecida durante la Revolución Laramídica desde fines del Cretácico Superior hasta principios del Terciario, generadora de los esfuerzos compresivos que plegaron y dislocaron a las rocas sedimentarias, dando lugar a formación de cadenas montañosas, finalizando con el episodio tectónico de carácter distensivo que originó los pilares y fosas tectónicas de la zona.

Los sucesos más antiguos ocurridos en la zona datan del Paleozoico, época en la que se originaron las cuencas constituidas por fosas tectónicas y los pilares correspondientes, tales como el levantamiento de Magdalena y las cuencas de Álamo Hueco y Pedregosa, originadas, la primera durante el Pensilvánico tardío o Pérmico temprano, y la segunda, que inscribía la de Álamo Hueco, en el Pérmico.

El Triásico y Jurásico se encuentran ausentes en la región; no obstante, los materiales depositados en áreas vecinas indican que en el comienzo del Mesozoico hubo una etapa de sedimentación acompañada por fenómenos tectónicos que provocaron oscilaciones marinas, considerándose que solamente la región noroccidental del estado de Chihuahua permaneció emergida durante todo el Triásico.

Durante el Jurásico, que como se mencionó está ausente en el área, posiblemente en el Oxfordiano, se inicia una invasión marina de grandes proporciones que cubrió casi totalmente la superficie del Estado, con excepción de su porción central, conocida como la Isla de Aldama y que constituía una tierra positiva aislada.

Durante el Cretácico Inferior continua la transgresión marina, dando lugar a sedimentos de tipo marginal, y a su término, sucesivas transgresiones del mar del golfo hicieron variar los tipos de los sedimentos, desde las facies yesíferas de depósitos lagunares del Aptiano, hasta las calizas neríticas del Albiano. Desde el Albiano y hasta el final del Cenomaniano las aguas cubrieron casi todo el norte de la república, quedando todo el estado de Chihuahua bajo el mar. Tales condiciones perduraron casi hasta el final del Cenomaniano, época en la que ocurrieron varias fluctuaciones del nivel mar tierra, hasta el Maestrichtiano, que señala el fin de esta gran invasión marina.

A finales del Cretácico y principios del Terciario se marca el inicio del levantamiento orogénico conocido como Revolución Laramídica, que cambió radicalmente la disposición original de las facies sedimentarias plegando los sedimentos depositados y formando las estructuras que conforman dichas rocas, las cuales, al cesar los esfuerzos compresivos y dar inicio a los distensivos fueron fracturadas y falladas, originándose nuevas cuencas; esta etapa se vio acompañada por grandes erupciones volcánicas que tuvieron lugar a fines del Oligoceno o principios del Mioceno, que comenzó con la expulsión de material piroclástico y afluencia de

corrientes de lava intermedia y ácida (andesitas y riolitas), concluyendo hacia el Eoceno y principios del Plioceno, marcando su final una serie de procesos de tipo volcánico cuyo inicio parece ser una emisión de piroclastos, esencialmente tobas y cenizas volcánicas, seguida por emisiones de lavas de composición intermedia a básica, formando los basaltos que fluyeron ocupando las partes bajas de los valles y ocasionalmente sobre las montañas, coronando sierras de alturas considerables.

En el Pleistoceno, los fenómenos de intemperismo y erosión desintegran las rocas y generan depósitos que rellenaron los actuales valles.

El marco tectónico de la región se asocia con los fenómenos orogénicos que ocurrieron en el desarrollo de la Sierra Madre Occidental, y que dieron lugar localmente a deformaciones y rupturas del terreno.

Desde el punto de vista estructural la región se vincula estrechamente con el desarrollo de la Sierra Madre Occidental, forma parte de la faja de terreno inmediata al borde continental que fue embestido por la litósfera oceánica, generando magmas de composición variable y el vulcanismo característico de la evolución orogénica.

Estos acontecimientos generan en la zona diversos tipos de estructuras representadas por pliegues sedimentarios anticlinales que forman los altos topográficos, y derrames volcánicos originados simultáneamente con algunos intrusivos aislados. Las partes bajas conforman sinclinales alargados de orientación general noroeste-sureste, limitados por los anticlinales mencionados.

La tectónica cortante se revela por el juego de fallas normales de gran extensión y orientación similar a la de los plegamientos y que dieron origen a los actuales cuenca y valles de la zona.

Particularmente en la región de estudio las unidades cronoestratigráficas de mayor presencia corresponden a rocas ígneas extrusivas del tipo Riolita-Toba ácida (Tom(R-Ta)), la cual ocupa el 17.2 % de la superficie total de área de estudio. La segunda unidad cronoestratigráfica más abundante son rocas sedimentarias de tipo conglomerado del Neógeno y Terciario las cuales ocupan el 8.6% y 5.8% de la superficie de la zona de estudio respectivamente. En el siguiente cuadro se desglosan de manera precisa cada una de las unidades concurrentes en el área de estudio y su distribución geográfica se presenta en la Figura 4.

Cuadro 5. Unidades cronoestratigráficas en la zona de estudio

CLASE	TIPO	CLAVE	SISTEMA	SUPERFICIE (Ha)
Ígnea extrusiva	Andesita	T(A)	Terciario	3,538.44
	Basalto	Q(B)	Cuaternario	173,750.32
		T(B)	Terciario	132,806.83
		Ts(B)	Neógeno	128,518.92
	Basalto-Toba básica	Q(B-Tb)	Cuaternario	604.33
	Brecha volcánica ácida	T(Bva)	Terciario	3,563.06
		Tom(Bva)	Terciario	7,554.38
	Dacita	T(Da)	Terciario	1,604.55
	Latita	T(La)	Terciario	8,383.76
Riodacita	T(Rd)	Terciario	5,119.28	

CLASE	TIPO	CLAVE	SISTEMA	SUPERFICIE (Ha)
	Riodacita-Brecha volcánica ácida	T(Rd-Bva)	Terciario	4,542.74
	Riodacita-Toba ácida	T(Rd-Ta)	Terciario	22,798.71
	Riolita	T(R)	Terciario	12,546.83
		Tom(R)	Terciario	6,246.85
	Riolita-Brecha volcánica ácida	T(R-Bva)	Terciario	1,549.46
	Riolita-Toba ácida	T(R-Ta)	Terciario	9,197.98
		Tom(R-Ta)	Terciario	1,458,673.77
	Sílice	Tom(Sl)	Terciario	161.86
	Toba ácida	T(Ta)	Terciario	4,202.35
		Tom(Ta)	Terciario	247,515.40
	Toba ácida-Brecha volcánica ácida	T(Ta-Bva)	Terciario	2,897.43
	Toba intermedia	T(Ti)	Terciario	10,946.49
Traquita	T(Tq)	Terciario	17,953.34	
Traquita-Andesita	T(Tq-A)	Terciario	19,249.25	
Ígnea intrusiva	Diorita	T(D)	Terciario	318.41
	Granito	T(Gr)	Terciario	3,950.99
	Granodiorita	T(Gd)	Terciario	9,581.41
	Monzonita	T(Mz)	Terciario	1,613.07
	Pórfido monzonítico	T(PMz)	Terciario	559.31
	Sienita	T(Si)	Terciario	195.38
	Tonalita	T(Tn)	Terciario	618.18
Metamórfica	Gneis	PE(Gn)	N/A	16.61
	Metasedimentaria	P(Ms)	N/A	2,254.97
	Skarn	T(Sk)	Terciario	675.91
Suelo	Aluvial	Q(al)	Cuaternario	3,451,506.46
	Eólico	Q(eo)	Cuaternario	613,150.25
	Lacustre	Q(la)	Cuaternario	346,774.33
	Cuerpo de agua	H2O	N/A	25.63
Sedimentaria	Arenisca	Ki(ar)	Cretácico	87.05
		P(ar)	N/D	91.35
		Ts(ar)	Neógeno	53.78
	Arenisca-Conglomerado	Ki(ar-cg)	Cretácico	61.95
		P(ar-cg)	N/D	100.38
		Ts(ar-cg)	Neógeno	348.04
	Caliza	Ki(cz)	Cretácico	259,201.33
		Ks(cz)	Cretácico	2,768.34
		P(cz)	N/D	35,990.51
	Caliza-Lutita	J(cz-lu)	Jurásico	1,413.70
		Js(cz-lu)	Jurásico	65.82
Ki(cz-lu)		Cretácico	45,830.84	
Ks(cz-lu)		Cretácico	1,439.83	
Caliza-Yeso	Ki(cz-y)	Cretácico	272.65	

CLASE	TIPO	CLAVE	SISTEMA	SUPERFICIE (Ha)
	Conglomerado	Ks(cg)	Cretácico	2,455.59
		Q(cg)	Cuaternario	144,049.18
		T(cg)	Terciario	492,235.13
		Ti(cg)	Paleógeno	3,140.32
		Ts(cg)	Neógeno	732,315.86
	Lutita-Arenisca	Ki(lu-ar)	Cretácico	35,253.78
		Ks(lu-ar)	Cretácico	12,264.69
		P(lu-ar)	N/D	4,212.31

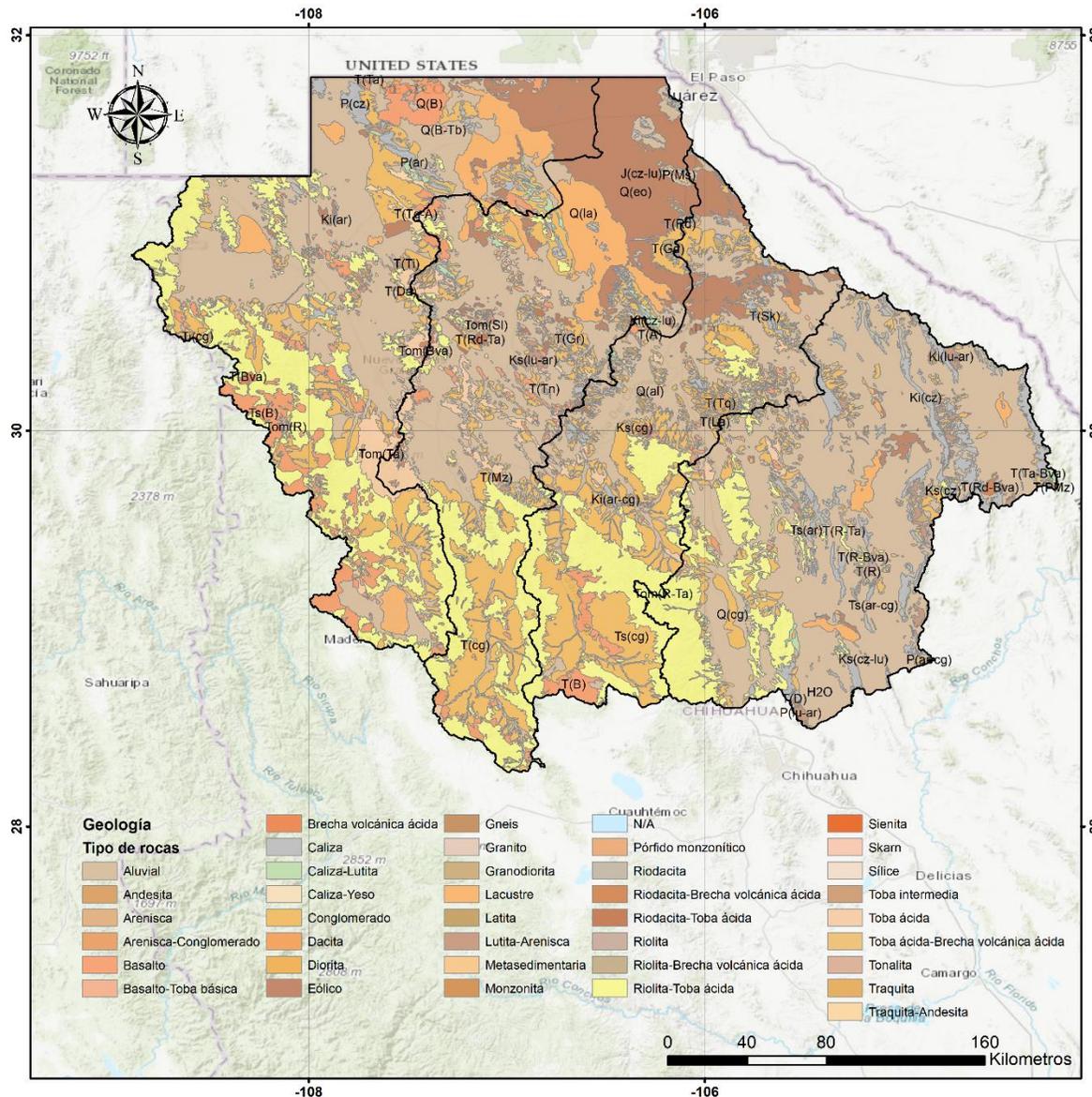


Figura 4. Unidades geológicas presentes en el área de estudio

II.3 SUELOS

En cuanto los tipos de suelos presentes en el área de estudio, de acuerdo con el conjunto de datos vectoriales del INEGI, existen 15 unidades edafológicas, que en orden de extensión son: Xerosol, Regosol, Litosol, Feozem, Yermosol, Solonchack, Solonetz, Cambisol, Vertisol, Ranker, Rendzina, Planosol, Lluvisol, Fluvisol y Castañozem. En la siguiente figura se muestra los nueve tipos de suelo dominantes de mayor distribución en el área de estudio así como la distribución de texturas de acuerdo a la superficie que ocupan, siendo la textura media la más común en las unidades de suelo.

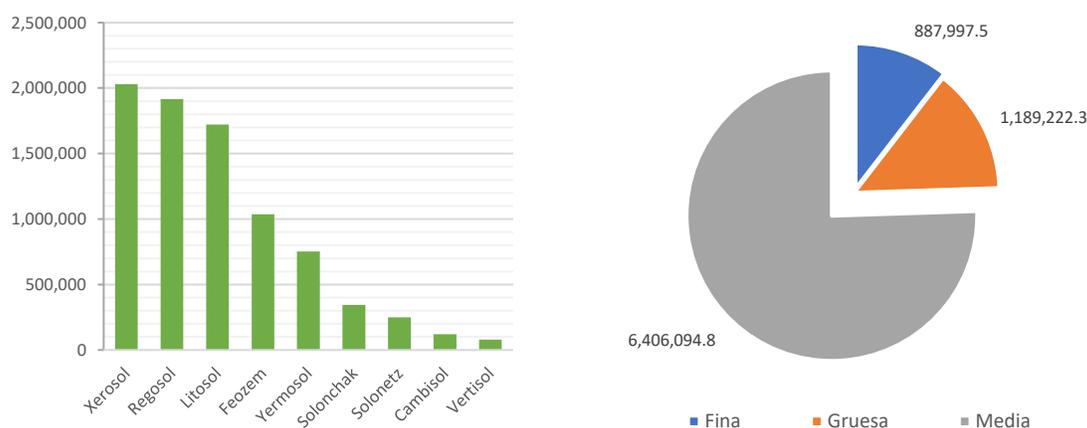


Figura 5. Suelos dominantes y distribución de texturas de suelo

Asimismo en el cuadro siguiente se plasman las principales características de las nueve unidades edafológicas de mayor extensión en el área de estudio, señalando su distribución espacial en la Figura 6.

Cuadro 6. Unidades edafológicas de mayor extensión en la zona de estudio

CLAVE	SUELO DOMINANTE	SUELO SECUNDARIO	SUELO TERCIARIO	TEXTURA	SUPERFICIE
Rc+Re/1	Regosol calcárico	Regosol eútrico		Gruesa	149,111.2
Sg+Zo/3/s	Solonetz gléyico	Solonchak órtico		Fina	141,726.8
I+Re+Hh/2	Litosol	Regosol eútrico	Feozem háplico	Media	112,919.4
Xk+Xh+Rc/2/PC	Xerosol cálcico	Xerosol háplico	Regosol calcárico	Media	106,363.4
I+Re+Hh/2	Litosol	Regosol eútrico	Feozem háplico	Media	95,306.9
Xl+Xh/2	Xerosol lúvico	Xerosol háplico		Media	94,358.6
Xh+Xl/3/n	Xerosol háplico	Xerosol lúvico		Fina	93,219.7
Rc+Re+Yk/1/PC	Regosol calcárico	Regosol eútrico	Yermosol cálcico	Gruesa	92,181.4
Hh+I+Re/2/L	Feozem háplico	Litosol	Regosol eútrico	Media	78,744.9
Xh+Xk/2/PC	Xerosol háplico	Xerosol cálcico		Media	72,258.3

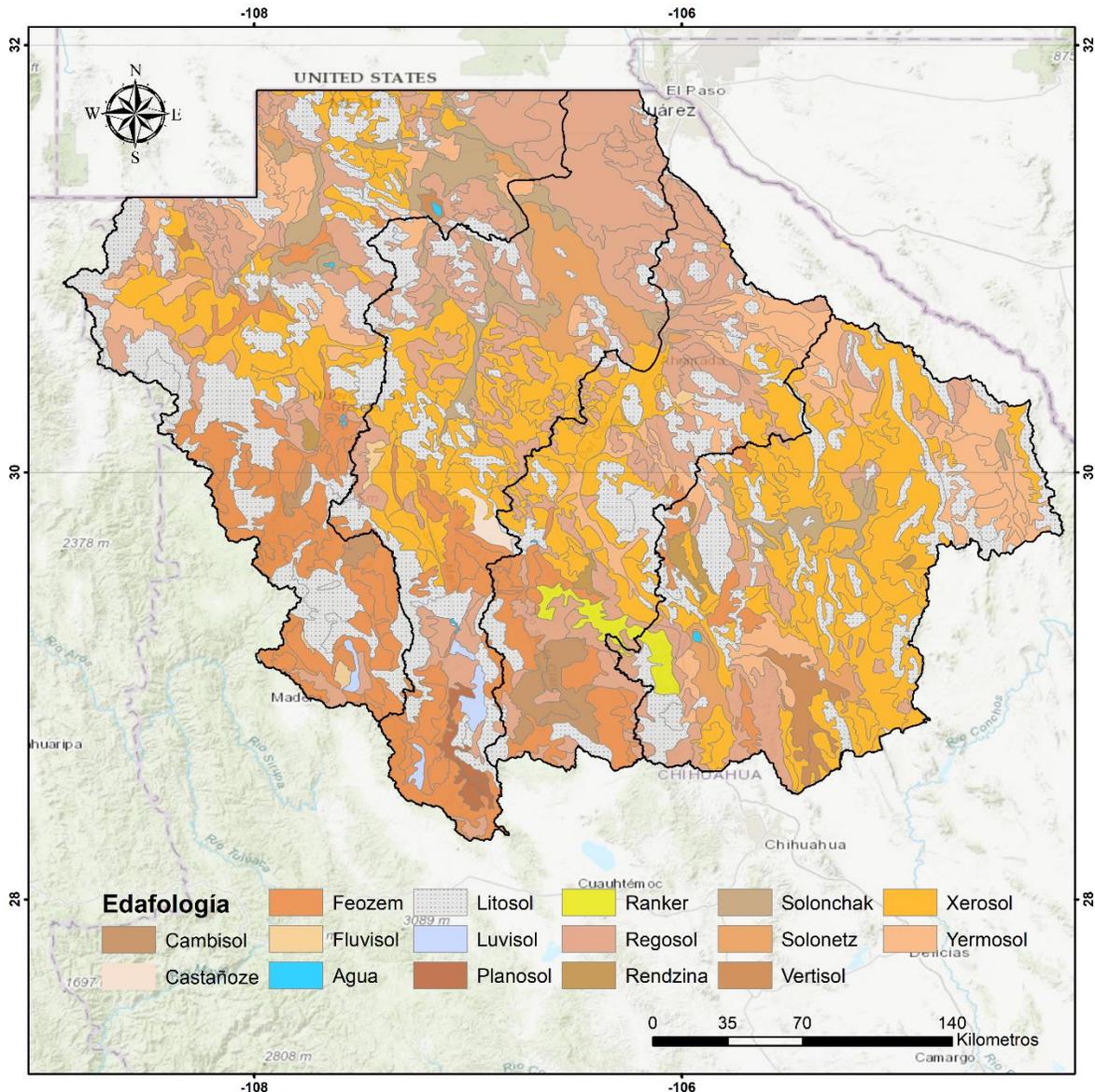


Figura 6. Unidades edafológicas de la zona de estudio

II.4 AGUA SUPERFICIAL

Las corrientes hidrológicas principales que se encuentran en el área de estudio son Río Casas Grandes, Río Santa María, Río del Carmen y Río El Carrizo, los cuales aportan el nombre a las respectivas Cuencas en estudio. No obstante la red hidrológica es más compleja y contienen corrientes inclusive de quinto orden tal como se muestra en la Figura 7.

De acuerdo con el Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas que forman parte de la Región Hidrológica número 34 denominada Cuencas Cerradas del Norte, la disponibilidad media anual de agua superficial en la Región de Estudio es de 1,493.13 millones de metros cúbicos.

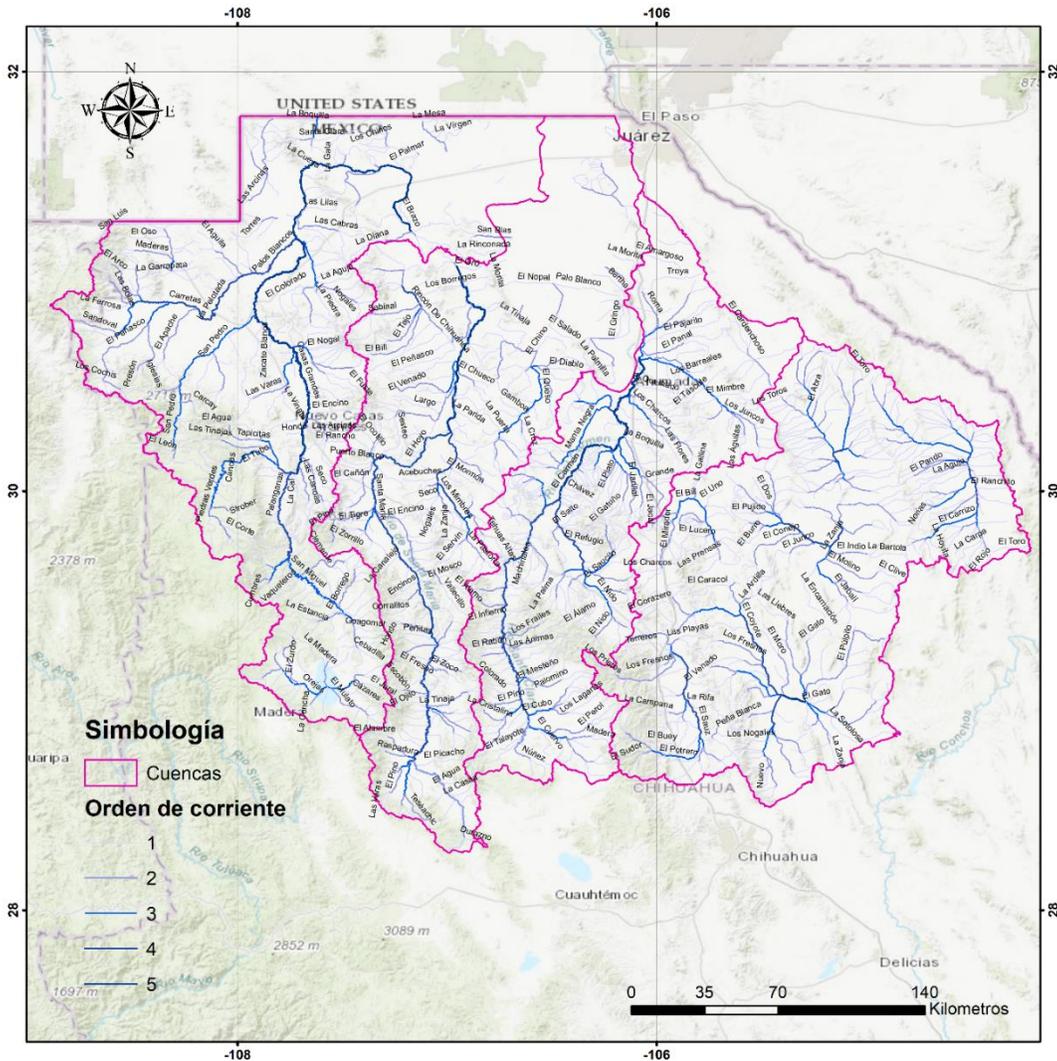


Figura 7. Red hidrográfica en la zona de estudio

En la Cuenca Casas Grandes la disponibilidad media anual de aguas superficiales corresponde a 440.87 millones de metros cúbicos (Cuadro 4 y Figura 8)

Cuadro 7. Disponibilidad media anual en las Subcuencas en integran la Cuenca Casas Grandes.

SUBCUENCA	Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	D = Ab - Rxy
Río Casas Grandes 1	81.04	0	9.36	0	0	0	0	0	71.68	3.99	67.69
Río Casas Grandes 2	202.94	71.68	15.28	0	0	0	0	0	259.34	0	259.34
Hacienda San Francisco-Juguete-Madero-Palomas	63.06	0	0.01	0	0	0	0	0	63.05	0	63.05
Laguna de Babicora	51.09	0	0.3	0	0	0	0	0	50.79	0	50.79
TOTAL	398.13	71.68	24.95	0	0	0	0	0	444.86	3.99	440.87

Cp.- Volumen medio anual de escurrimiento natural, Ar.- Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba, Uc.- Volumen anual de extracción de agua superficial, R.- Volumen anual de retornos, Im.- Volumen anual de importaciones, Ex.- Volumen anual de exportaciones, Ev.- Volumen anual de evaporación en embalses, Av.- Volumen anual de variación de almacenamiento en embalses, Ab.- Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo, Rxy.- Volumen anual actual comprometido aguas abajo, D.- Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica (Valores en millones de metros cúbicos)

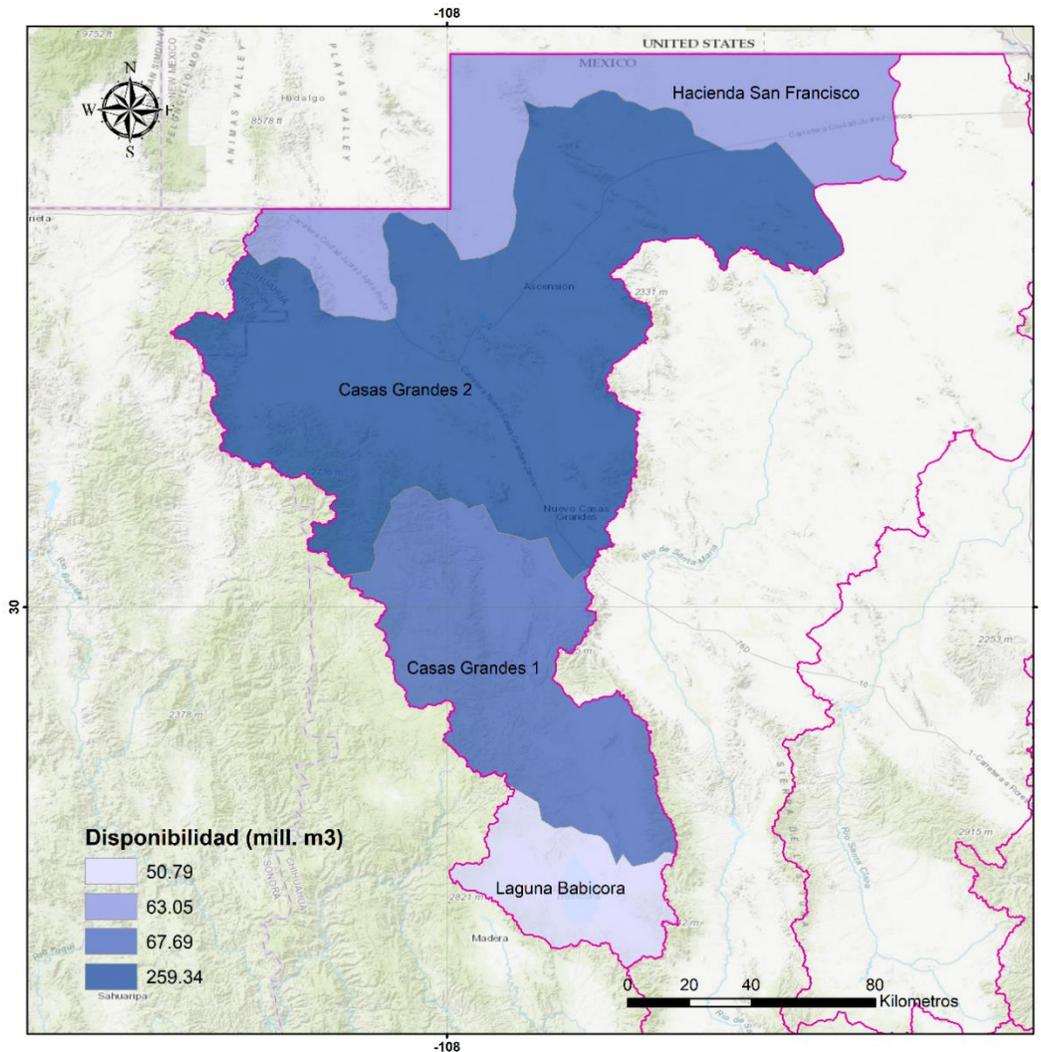


Figura 8. Disponibilidad de agua superficial Cuenca Casas Grandes

En la Cuenca Santa María la disponibilidad media anual de aguas superficiales corresponde a 261.21 millones de metros cúbicos (Cuadro 5 y Figura 9).

Cuadro 8. Disponibilidad media anual en las Subcuencas en integran la Cuenca Santa María.

SUBCUENCA	Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	D = Ab - Rxy
Río Santa María 1	91.04	0	16.45	0	0	0	9.96	-0.56	65.2	36.52	28.68
Río Santa María 2	81	65.19	81.86	0	0	0	0	0	64.33	0	64.33
Laguna El Sabinal	29.55	0	16.88	0	0	0	0	0	12.67	0	12.67
Desierto de Samalayuca:	121.55	0	0	0	0	0	0	0	121.54	0	121.54
Laguna La Vieja	37.8	0	3.82	0	0	0	0	0	33.99	0	33.99
TOTAL	360.94	65.19	119.01	0	0	0	9.96	-0.56	297.73	36.52	261.21

Cp.- Volumen medio anual de escurrimiento natural, Ar.- Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba, Uc.- Volumen anual de extracción de agua superficial, R.- Volumen anual de retornos, Im.- Volumen anual de importaciones, Ex.- Volumen anual de exportaciones, Ev.- Volumen anual de evaporación en embalses, Av.- Volumen anual de variación de almacenamiento en embalses, Ab.- Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo, Rxy.- Volumen anual actual comprometido aguas abajo, D.- Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica (Valores en millones de metros cúbicos)

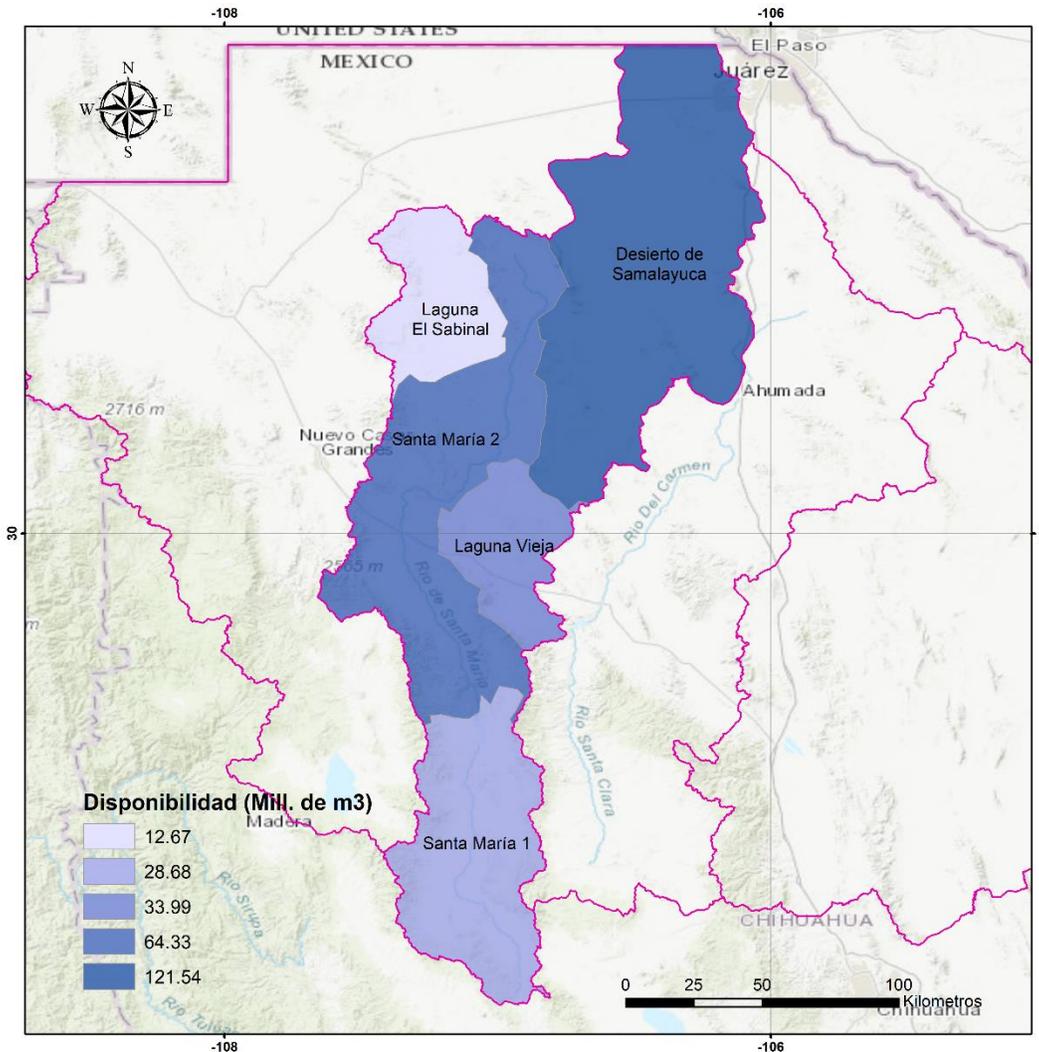


Figura 9. Disponibilidad de agua superficial en la Cuenca Santa María

En la Cuenca Del Carmen la disponibilidad media anual de aguas superficiales corresponde a 314.97 millones de metros cúbicos (Cuadro 6 y Figura 10)

Cuadro 9. Disponibilidad media anual en las Subcuencas en integran la Cuenca Del Carmen.

SUBCUENCA	Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	D = Ab - Rxy
Río del Carmen 1	123.53	0	1.06	0	0	0	6.33	0.73	115.41	26.49	88.93
Río del Carmen 2	133.12	115.41	57.14	0	0	0	0	0	191.4	0	191.4
Rancho El Cuarenta	12.4	0	0	0	0	0	0	0	12.4	0	12.4
Arroyo Roma	22.24	0	0	0	0	0	0	0	22.24	0	22.24
TOTAL	291.29	115.41	58.2	0	0	0	6.33	0.73	341.45	26.49	314.97

Cp.- Volumen medio anual de escurrimiento natural, Ar.- Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba, Uc.- Volumen anual de extracción de agua superficial, R.- Volumen anual de retornos, Im.- Volumen anual de importaciones, Ex.- Volumen anual de exportaciones, Ev.- Volumen anual de evaporación en embalses, Av.- Volumen anual de variación de almacenamiento en embalses, Ab.- Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo, Rxy.- Volumen anual actual comprometido aguas abajo, D.- Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica (Valores en millones de metros cúbicos)

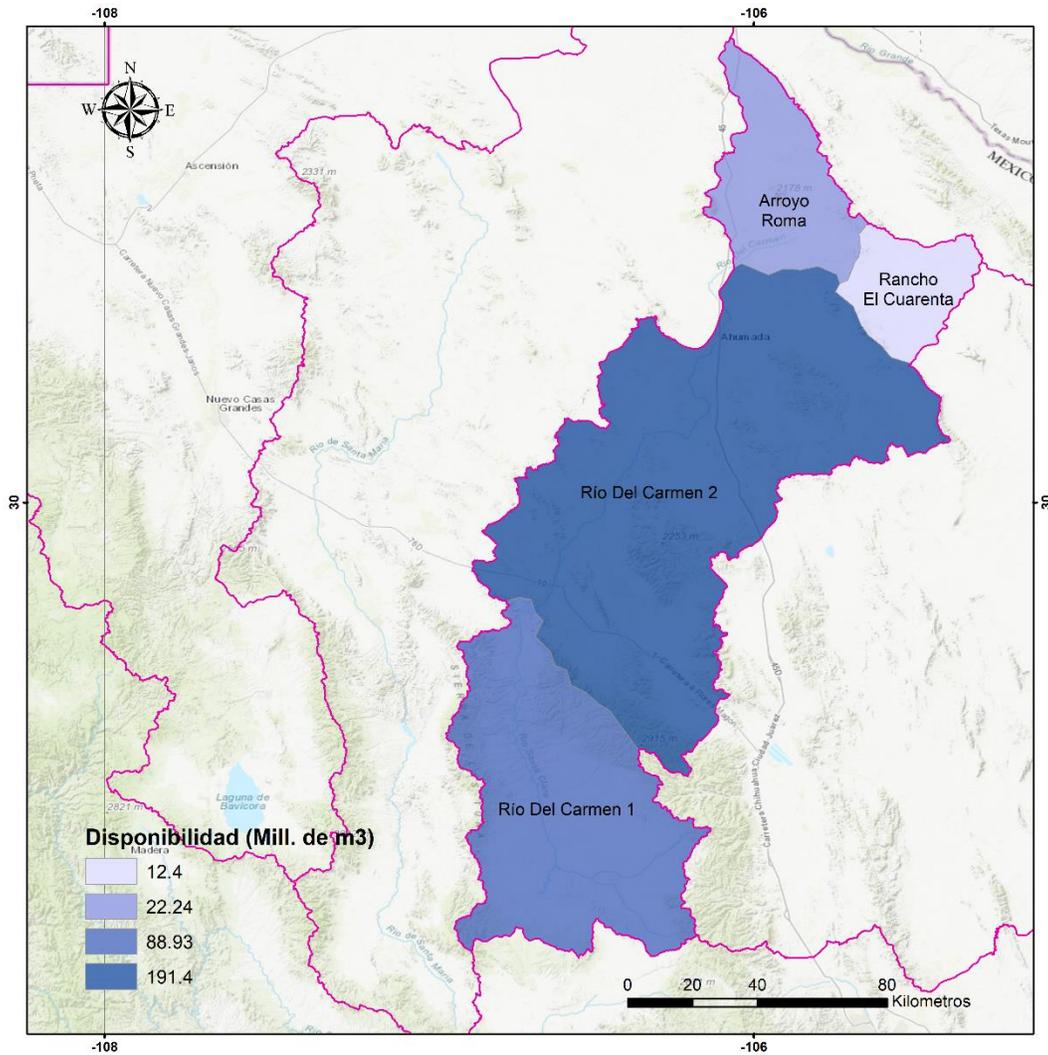


Figura 10. Disponibilidad de agua superficial en la Cuenca Del Carmen

En la Cuenca El Carrizo y Otros la disponibilidad media anual de aguas superficiales corresponde a 476.08 millones de metros cúbicos (Cuadro 7 y Figura 11)

Cuadro 10- Disponibilidad media anual en las Subcuencas en integran la Cuenca Río El Carrizo y Otros.

SUBCUENCA	Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	D = Ab - Rxy
Félix U Gómez	53.27	0	0	0	0	0	0	0	53.27	0	53.27
Arroyo El Carrizo	77.27	0	0.28	0	0	0	0	0	76.98	0	76.98
Arroyo El Burro	92.08	0	0.3	0	0	0	0	0	91.78	0	91.78
Laguna de Tarabillas	28.95	0	0	0	0	0	0	0	28.95	0	28.95
Laguna El Cuervo	161.91	0	0.13	0	0	0	0	0	161.78	0	161.78
Laguna de Encinillas	63.28	0	5.79	0	0	0	0	0	57.49	0	57.49

SUBCUENCA	Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	D = Ab - Rxy
Rancho Hormigas-El Diablo	5.83	0	0	0	0	0	0	0	5.83	0	5.83
TOTAL	482.59	0	6.5	0	0	0	0	0	476.08	0	476.08

Cp.- Volumen medio anual de escurrimiento natural, Ar.- Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba, Uc.- Volumen anual de extracción de agua superficial, R.- Volumen anual de retornos, Im.- Volumen anual de importaciones, Ex.- Volumen anual de exportaciones, Ev.- Volumen anual de evaporación en embalses, Av.- Volumen anual de variación de almacenamiento en embalses, Ab.- Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo, Rxy.- Volumen anual actual comprometido aguas abajo, D.- Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica (Valores en millones de metros cúbicos)

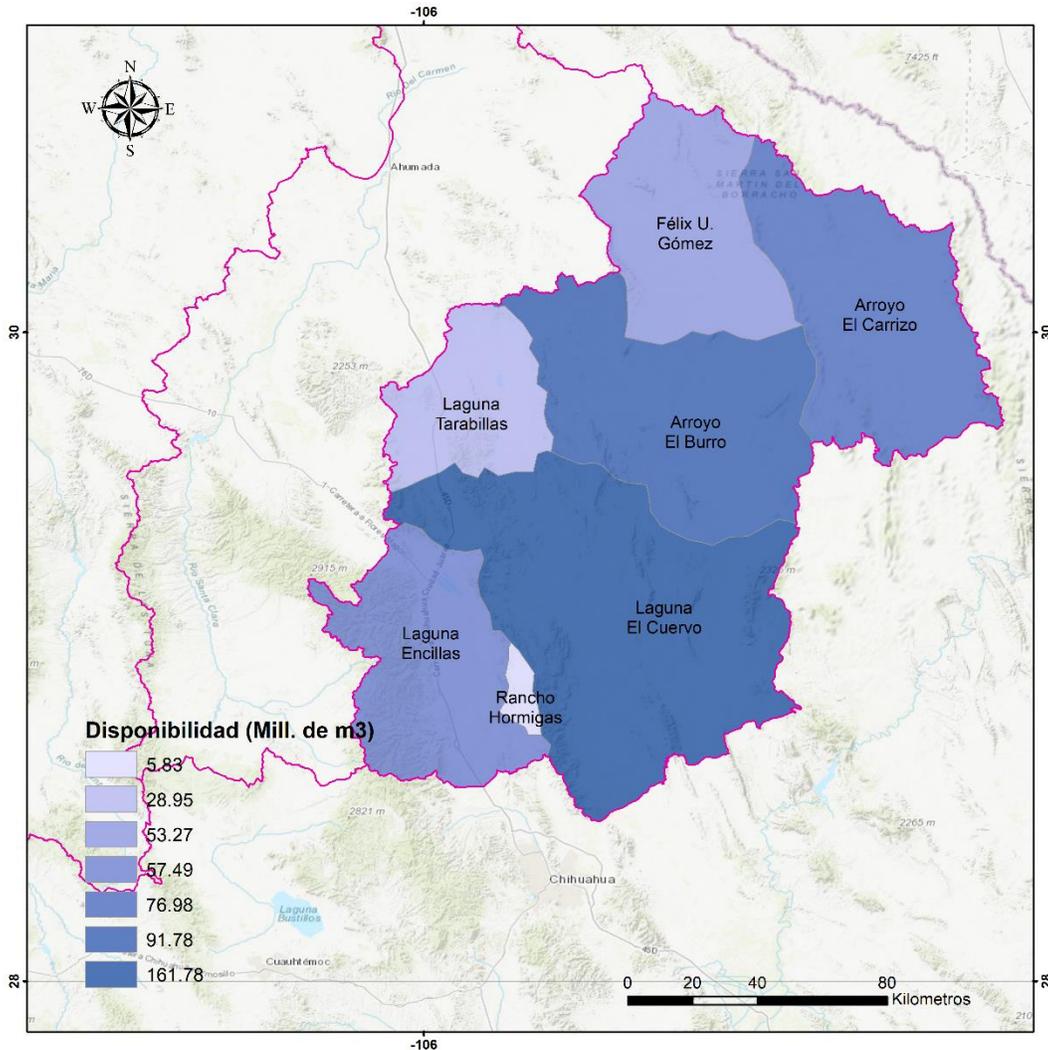


Figura 11. Disponibilidad de agua superficial en la Cuenca El Carrizo y Otros.

II.5 AGUA SUBTERRÁNEA

De acuerdo con la CONAGUA, en el área de estudio se encuentran delimitados 27 acuíferos con permeabilidad variable por contener intercalaciones de gravas y arenas con limos y arcillas, pero se puede considerar que, en conjunto, los materiales aluviales saturados forman un acuífero libre de buena permeabilidad y en algunos casos con condiciones locales de semiconfinamiento debido a la presencia de depósitos de origen lacustre. En su mayoría el agua que se extrae del subsuelo es de buena calidad, sin embargo prácticamente toda la región presenta déficit en la disponibilidad media anual de agua subterránea, tal como se desglosa en el Cuadro 8.

Cuadro 11. Disponibilidad de agua subterránea en el área de estudio.

CLAVE	NOMBRE	R	DNC	VEAS	DMA
0801	Ascensión	132.2	0	-241.25673	-109.05673
0802	Alta Babicora	46.2	-5.2	-41.4665	-0.4665
0803	Baja Babicora	90.6	0	-229.1232	-138.5232
0804	Buenaventura	66.5	0	-216.784566	-150.284566
0806	Casas Grandes	180	0	-207.05484	-27.05484
0807	El Sauz - Encinillas	62.4	0	-121.05833	-58.65833
0808	Janos	142	-15.7	-170.77852	-44.47852
0810	Samalayuca	16.1	0	-29.76323	-13.66323
0811	Las Palmas	4.4	-0.8	-4.21191	-0.61191
0812	Palomas - Guadalupe Victoria	15	-2.3	-16.0961	-3.3961
0813	Laguna Tres Castillos	18.8	0	-83.08422	-64.28422
0814	Laguna de Tarabillas	36.4	0	-323.5029	-287.1029
0815	Laguna El Diablo	0.8	-0.6	-0.201027	-0.001027
0816	Aldama - El Cuervo	19.9	-0.3	-18.85237	0.74763
0817	Laguna de Patos	11	0	-107.89285	-96.89285
0818	Laguna de Santa María	45.2	3.2	-461.8383	-413.4383
0819	Laguna La Vieja	77.1	0	-294.1367	-217.0367
0820	Ignacio Zaragoza	73.9	0	-6.68415	67.21585
0821	Flores Magón - Villa Ahumada	137.5	0	-256.12609	-118.62609
0822	Santa Clara	59.2	-35.8	-39.89273	-16.49273
0823	Conejos - Médanos	18.8	0	-120.8746	-102.0746
0824	Laguna de Hormigas	25.5	0	-294.4559	-268.9559
0825	El Sabinal	37.5	0	-58.11068	-20.61068
0826	Los Lamentos	9.7	0	-9.93131	-0.23131
0827	El Cuarenta	3.6	0	-12.66423	-9.06423
0828	Los Moscos	37.7	0	-38.4667	-0.7667
0829	Josefa Ortiz de Domínguez	4.9	0	-4.69325	0.20675

R.- Recarga total media anual, DNC - Descarga natural comprometida, VEAS - Volumen de extracción de aguas subterráneas, DMA - Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero. (Unidades en hm³).

Si bien el cuadro anterior muestra el grave déficit de disponibilidad de agua subterránea que prevalece en la región de estudio, la extensión y gradiente territorial de dicho déficit se muestra en la Figura 12, en donde se

evidencian las condiciones de la disponibilidad de agua de la región. Resulta evidente además que la Cuenca Santa María se encuentra en una situación crítica al no sólo presentar déficit en todos los acuíferos que forman parte de la misma, sino además tener el acuífero con mayor déficit de la región de estudio (CONAGUA, 2020), el acuífero 0818 Laguna de Santa María.

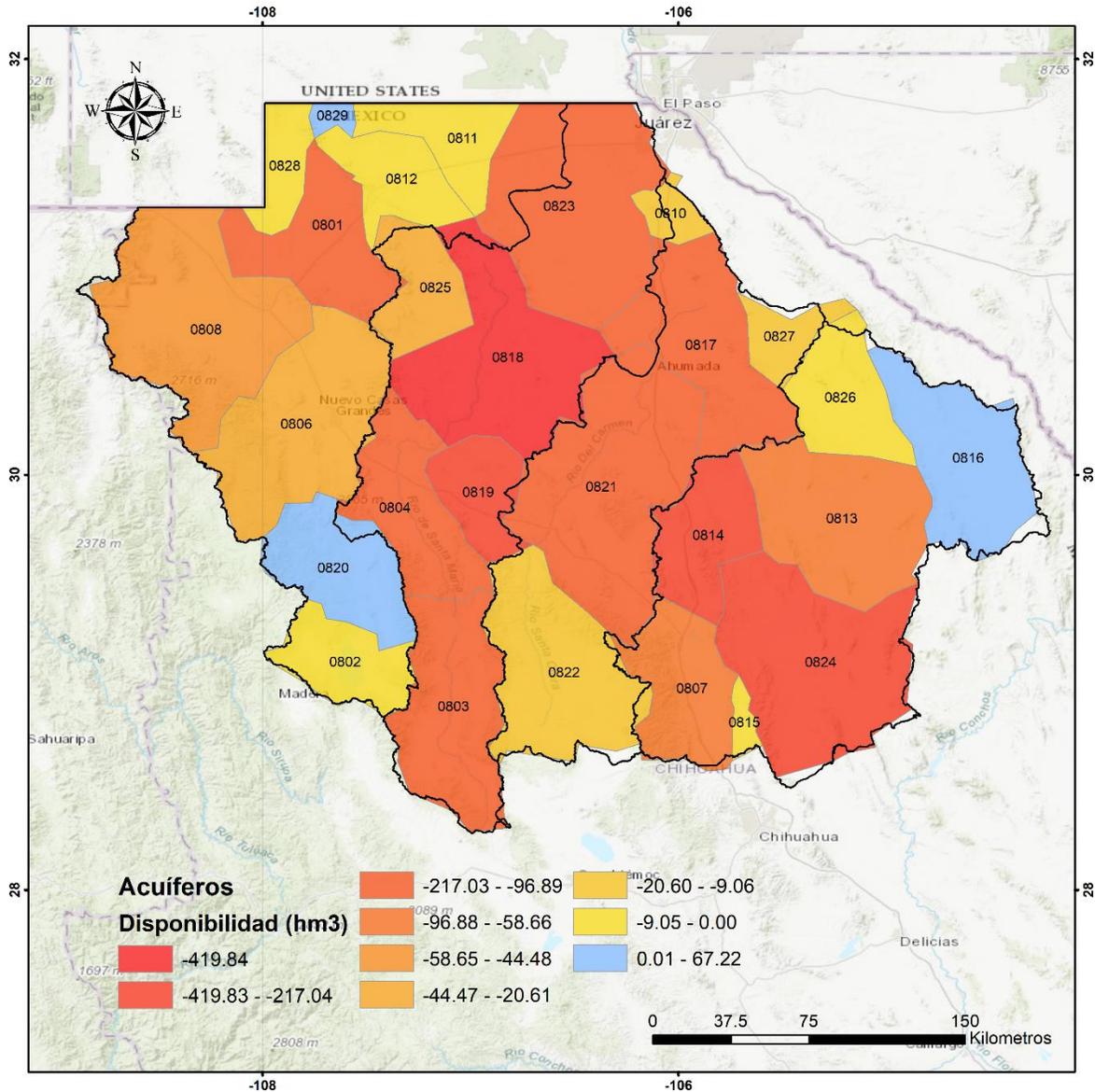


Figura 12. Disponibilidad media anual de agua subterránea³ en la región de estudio.

³ Límites tomados de los

II.6 USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI Serie VII, en las Cuencas de estudio se presentan 22 tipos generales de usos de suelo y vegetación que considerando los tipos secundarios ascienden a 46 y cuya distribución dentro del área de estudio se presenta en la Figura 13.

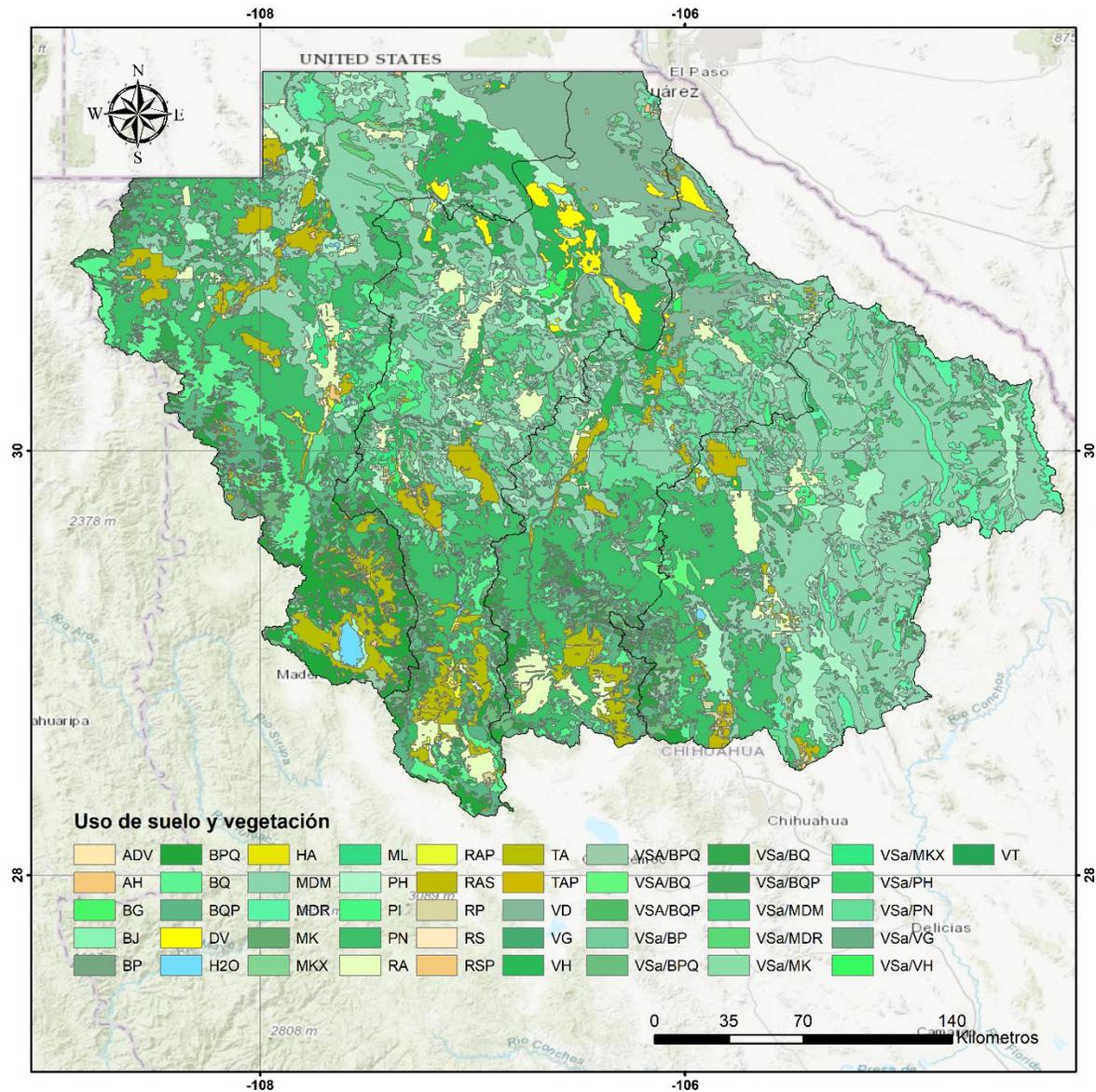


Figura 13. Uso de suelo y vegetación en el área de estudio

A continuación en el Cuadro 9 se presentan los tipos de vegetación presentes en el área de estudio señalando los principales grupos, extensión y distribución en la región. Siendo los tipos de usos de suelo y vegetación más abundantes: Pastizales (26,581.81 km²), Matorral desértico micrófilo (25,389.15 km²), Agricultura (8,358.90 km²), Vegetación de desiertos arenosos (4,565.72 km²), Bosque de pino encino (4,434.78 km²) y Bosque de encino (4,180.25 km²).

Cuadro 12. Usos de suelo y vegetación presentes en el área de estudio

Grupo general	Descripción	Clave	Superficie (ha)
Sin vegetación	Desprovisto de vegetación	ADV	192.78
	Sin vegetación aparente	DV	79,897.01
Agricultura	Agricultura de humedad anual	HA	114.86
	Agricultura de riego anual	RA	305,128.58
	Agricultura de riego anual y permanente	RAP	15,061.80
	Agricultura de riego anual y semipermanente	RAS	250,556.06
	Agricultura de riego permanente	RP	16,195.70
	Agricultura de riego semipermanente	RS	210.56
	Agricultura de riego semipermanente y permanente	RSP	98.23
	Agricultura de temporal anual	TA	247,678.80
	Agricultura de temporal anual y permanente	TAP	844.97
Asentamientos	Asentamientos humanos	AH	26,258.96
Bosque de Galería	Bosque de galería	BG	1,811.97
Táscate	Bosque de táscate	BJ	499.68
Bosque de Pino	Bosque de pino	BP	16,605.35
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	VSa/BP	1,962.72
Bosque Pino-Encino	Bosque de pino-encino	BPQ	330,602.03
	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	VSa/BPQ	18,817.94
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	VSa/BPQ	94,057.76
Bosque de Encino	Bosque de encino	BQ	376,882.92
	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	VSa/BQ	18,710.72
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	VSa/BQ	22,431.43
Bosque Encino-Pino	Bosque de encino-pino	BQP	274,144.73
	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	VSa/BQP	6,149.91
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	VSa/BQP	44,351.22
Agua	Cuerpo de agua	H2O	21,635.83
Matorral Micrófilo	Matorral desértico micrófilo	MDM	2,275,563.70
	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	VSa/MDM	263,351.04
Matorral Rosetófilo	Matorral desértico rosetófilo	MDR	200,116.17
	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo	VSa/MDR	13,264.05

Grupo general	Descripción	Clave	Superficie (ha)
Mezquite	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	VSa/MKX	32,585.70
	Bosque de mezquite	MK	9,758.98
	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de mezquite	VSa/MK	10,245.50
	Mezquital xerófilo	MKX	29,858.65
Chaparral	Chaparral	ML	5.56
Pastizal	Pastizal halófilo	PH	697,074.71
	Pastizal inducido	PI	147,641.76
	Pastizal natural	PN	1,387,738.99
	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal halófilo	VSa/PH	13,212.92
	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	VSa/PN	412,512.61
Vegetación de desierto	Vegetación de desiertos arenosos	VD	456,571.75
Vegetación de galería	Vegetación de galería	VG	11,806.03
	Vegetación secundaria arbustiva de vegetación de galería	VSa/VG	0.80
Vegetación Halófila	Vegetación halófila xerófila	VH	336,133.44
	Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila xerófila	VSa/VH	20,125.77
Tular	Tular	VT	169.87

Bosque de galería (BG). Comunidad arbórea que forma franjas angostas de vegetación en los márgenes de los ríos o arroyos de gran parte del país, generalmente en sitios con climas templados a secos, por lo que los valores de altitud, temperatura y precipitación en dichos sitios son muy variables. Se desarrolla en zonas con condiciones favorables de humedad edáfica y sus especies pueden soportar inundaciones temporales e incluso invadir rápidamente áreas expuestas ribereñas. El estrato arbóreo dominante de estos bosques presenta alturas variables, desde los 4 hasta más de 30 metros, con especies perennifolias, subcaducifolias o hasta caducifolias. Son frecuentes los bosques de galería formados por sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*) en el norte del país, así como de otras especies como sauces (*Salix spp.*), fresnos (*Fraxinus spp.*), álamos (*Populus spp.*), sicómoro aliso o álamo (*Platanus spp.*) y *Astianthus viminalis*. En el área de estudio ocupa una superficie de 1,811.97 hectáreas.

Bosque de táscate (BJ). El bosque está conformado por árboles con hojas en forma de escama (escumifolios) del género *Juniperus* conocido como táscate, enebro o cedro. Tienen una altura promedio de 8 a 15m, y están siempre en contacto con los bosques de encino, pino-encino, selva baja caducifolia y matorrales de zonas áridas. Las especies más comunes y de mayor distribución en estos bosques son *Juniperus flaccida*, J.

depeana, J. monosperma y algunas especies del género *Quercus* y *Pinus*. En el área de estudio se presenta en una superficie de solo 499.68 hectáreas.

Bosque de pino (BP). Las áreas de mayor importancia se localizan en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico. Los climas en donde se desarrollan son templado y semicálido subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura media anual que varía de 6 a 28°C y una precipitación anual que oscila entre 350 a 1 200mm. Se encuentra de los 150m de altitud hasta los 4 200m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea, en pendientes que van de 10 a 75%, en diferentes exposiciones, aunque prefieren las que están orientadas hacia el norte. Este bosque se establece sobre rocas ígneas, gneis y esquistos, y con menos frecuencia en lutitas, areniscas y calizas, en cambisoles, leptosoles, luvisoles, phaeozems, regosoles, umbrisoles, y otros tipos de suelo. Dominan especies de pino con alturas promedio de 15 a 30m, su estrato inferior es relativamente pobre en arbustos, pero con abundantes herbáceas, esta condición se relaciona con los frecuentes incendios y la tala inmoderada. Los árboles de pino poseen hojas perennifolias, con una época de floración y fructificación heterogénea, debido a las diferentes condiciones climáticas en las que se presenta. Las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (*P. devoniana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. durangensis*, *P. leiophylla* var. *chihuahuana*, *P. engelmannii*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*. En el área de estudio abarca una superficie de 16,605.35 hectáreas.

Bosque de pino-encino (BPQ). Comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México. Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, en climas templados, semifríos, semicálidos y cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan entre los 10 y 28°C y una precipitación que va de los 600 a los 2 500mm anuales. Se concentran entre los 1,200 y los 3,200m, y se presentan en todas las exposiciones. Se establecen en sustrato ígneo y en menor proporción, sedimentario y metamórfico, sobre suelos tanto someros como profundos y rocosos principalmente cambisoles, leptosoles, luvisoles, regosoles, entre otros.

Alcanzan alturas de 8 a 35m. Las comunidades están conformadas por diferentes especies de pino (*Pinus spp.*) y encino (*Quercus spp.*), pero con dominancia de las primeras. Lo integran árboles perennifolios y caducifolios, con floración y fructificación variables durante todo el año.

Algunas de las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (*P. devoniana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. durangensis*, *P. leiophylla* var. *chihuahuana*, *P. engelmannii*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmolillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucooides*, y *Q. scytophylla*, entre otras muchas especies de encinos.

Bosque de encino (BQ). Comunidades vegetales distribuidas en casi todo el país, especialmente en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Norte de Oaxaca, Planicie Costera del Golfo Sur, con excepción de la Península de Yucatán. En climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, con temperaturas anuales que van de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2 000mm. Se desarrolla en muy diversas condiciones ecológicas desde el nivel del mar hasta los 3000m de altitud. Se encuentran principalmente en exposición norte y oeste.

Este bosque se ha observado en diferentes clases de roca ígneas, sedimentarias y metamórficas, en suelos profundos o someros como regosoles, leptosoles, cambisoles, andosoles, luvisoles, entre otros. El tamaño de los árboles varía de los 4 hasta los 30m de altura y los hay desde bosques abiertos a muy densos. Estas comunidades están formadas por diferentes especies de encinos o robles del género *Quercus* (más de 200 especies en México). Este bosque se encuentra generalmente como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas. Por lo común este tipo de comunidad se encuentra muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de mosaicos complejos. Las especies más comunes de estas comunidades son el encino laurelillo (*Quercus laurina*), el encino nopis (*Q. magnoliifolia*), el encino blanco (*Q. candicans*), el roble (*Q. crassifolia*), el encino quebracho (*Q. rugosa*), el encino tesmolillo (*Q. crassipes*), el encino cucharo (*Q. urbani*), el charrasquillo (*Q. microphylla*), el encino colorado (*Q. castanea*), el encino prieto (*Q. laeta*), el laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla* y en zona tropicales *Quercus oleoides*. Son árboles perennifolios o caducifolios con un periodo de floración y fructificación variable, aunque generalmente la floración se da en la época seca del año de diciembre a marzo, y los frutos maduran entre junio y agosto.

Bosque de encino pino (BQP). Comunidad que se distribuye principalmente en los sistemas montañosos del país, concentrándose la mayor parte en: Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur y en menor proporción Sierra Madre Oriental, Cordillera Centroamericana, Sierras de Chiapas y Guatemala, Llanura Costera del Golfo Norte, Mesa del Centro y Península de Baja California. Se desarrolla en climas templados, semifríos, semicálidos, cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura que oscila entre los 10 y 28°C y una precipitación total anual que varía desde los 600 a 2 500mm, en cuanto a la altitud oscila desde los 300 y 2 800m.

La exposición puede presentarse desde plana hasta aquellas que están orientadas hacia el norte, sur, este y oeste. El sustrato donde se desarrolla esta comunidad es de origen ígneo como tobas y riolitas y sedimentarias como las calizas principalmente, se establecen en suelos como leptosoles, luvisoles, regosoles, phaeozem y en menor proporción los durisoles y umbrisoles. Estas comunidades están conformadas por encinos (*Quercus* spp.), y en proporción algo menor de pinos (*Pinus* spp.). Se desarrolla principalmente en áreas de mayor importancia forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino-encino. Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino con una altura de 8 a 35m. Son árboles perennifolios y caducifolios, la floración y fructificación es variable durante todo el año.

Las especies más representativas en estas comunidades son encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino nopis (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmolillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbani*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q.*

castanea), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla*, pino chino (*Pinus leiophylla*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. devoniana* (*P. michoacana*)), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmanni*, *P. lawsonii*, y *P. oaxacana*.

Matorral desértico micrófilo (MDM). La distribución de este matorral se extiende a las zonas más secas de México, y en áreas en que la precipitación es inferior a 100mm anuales, la vegetación llega a cubrir solo el 3% de la superficie, mientras que en sitios con climas menos desfavorables la cobertura puede alcanzar 20%; la altura varía de 0.5 a 1.5m. Larrea y Ambrosia constituyen del 90 a 100% de la vegetación en áreas de escaso relieve, pero a lo largo de las vías de drenaje o en lugares con declive pronunciado aparecen arbustos con especies de *Prosopis*, *Cercidium*, *Olneya*, *Condalia*, *Lycium*, *Opuntia*, *Fouquieria*, *Hymenoclea*, *Acacia*, *Chilopsis*, etcétera. En el desierto sonorense, Larrea se extiende hasta la localidad de Guaymas, donde llega a formar manchones de matorral puro o casi puro.

La comunidad que podría merecer el calificativo de vicariante con respecto a la anterior es la que ocupa la mayor parte de la superficie de la zona árida chihuahuense, ubicada sobre la Altiplanicie y que se extiende desde Chihuahua y Coahuila hasta Hidalgo en altitudes que comúnmente no son inferiores a 1 000m, se trata del matorral de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua*, que también se desarrolla preferentemente sobre llanuras y partes bajas de abanicos aluviales, aunque en condiciones de aridez más acentuada prospera así mismo sobre laderas de cerros. En ningún sitio de su área de distribución parece llover menos de 150mm en promedio anual y en algunas zonas más calurosas el límite superior de la precipitación se aproxima a los 500mm.

Larrea a menudo es la única dominante, otras veces, junto con Flourensia, forma 80 a 100% de la vegetación; los matorrales de Flourensia son menos frecuentes y el observado cerca de Actopan, Hidalgo, marca aparentemente el extremo meridional de la distribución de la comunidad.

Matorral desértico rosetófilo (MDR). Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado. Se le encuentra generalmente sobre suelos tipo xerosoles de laderas de cerros de origen sedimentario, en las partes altas de los abanicos aluviales o sobre conglomerados en casi todas las zonas áridas y semiáridas del centro, norte y noroeste del país. Aquí se desarrollan algunas de las especies de mayor importancia económica de esas regiones áridas como: *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Agave spp.*, *Hechtia spp.* (guapilla), *Dasyliirion spp.* (sotol), *Euphorbia antisiphilitica* (candelilla), *Parthenium argentatum* (quayule), *Yucca carnerosana* (palma samandoca), es notable la presencia de cactáceas acompañantes.

Bosque de mezquite. que se desarrolla en suelos aluviales de fondo de valle y depresiones en las planicies, donde el manto freático se mantiene a poca profundidad, es también común a lo largo de los arroyos y ríos intermitentes en las regiones semiáridas, como en la Llanura de Río Verde, S.L.P., en el Valle de Aguascalientes, Ags., o partes del Bajío en Guanajuato. En Baja California estos bosques de mezquite se presentan a lo largo de arroyos intermitentes, destacando sobre la vegetación circundante.

Frecuentemente forman comunidades arbóreas de entre 5 y 20 m de altura. La distribución de este tipo de comunidad es muy amplia en el país, pero muy fragmentada por sus requerimientos ecológicos.

Mezquital xerófilo. Se presenta en el norte del país, en forma discontinua en los estados de Chihuahua, Zacatecas y San Luis Potosí y otros de la región, los tipos de climas predominantes son BW muy seco, BS secos la temperatura máxima es de 45.8°C y la temperatura mínima de -3°C, la precipitación media anual de 100 hasta 700mm.

Este tipo de comunidad se desarrolla desde los 100 hasta los 2300m de altitud. Se presenta principalmente en llanuras, y en menor proporción sobre sierras y lomeríos. Los principales elementos son de porte arbustivo asociados con otros tipos de matorrales xerófilos como el matorral desértico micrófilo. Las especies presentes son: *Prosopis juliflora*, *Acacia spp*, *Opuntia sp*, *Jatropha sp*, *Bouteloua spp*.

Chaparral. Es una asociación de arbustos o árboles esclerófilos de 1 a 4m de alto, generalmente resistentes al fuego. Se encuentra en las llanuras, valles y lomeríos, entremezclados ocasionalmente con otros tipos de vegetación. Se desarrolla en climas semicálidos y semifríos con baja humedad, así como en los templados subhúmedos. Muy característico de la región norte de la península de Baja California.

La precipitación media anual varía entre 350 y 600mm, más del 75% de la precipitación ocurre durante los meses de octubre a abril. El periodo de los seis meses secos (mayo a octubre) coincide con las altas temperaturas; las lluvias desaparecen entre abril y mayo, el chaparral empieza a secarse y en los meses de julio y agosto la comunidad es altamente susceptible al fuego. El chaparral está bien adaptado a la época seca y al fuego, después de las quemadas, muchas de las especies se regeneran rápidamente por la escarificación que sufren las semillas por el calentamiento durante el incendio.

La especie más común de este Chaparral en Baja California es *Adenostoma fasciculatum*; otros componentes frecuentes son: *Arctostaphylos spp.*, *Ceanothus spp.*, *Quercus spp.*, *Eriogonum fasciculatum*, *Cercocarpus spp.*, *Mimulus spp.*, *Rhamnus spp.*, *Heteromeles arbutifolia* y *Hesperoyucca whipplei*. Si bien las extensiones más grandes de chaparral se encuentran en Baja California, en donde se desarrolla bajo un clima mediterráneo, existen algunas comunidades análogas que requieren mayor estudio en muchas sierras del país, bajo otros regímenes climáticos. Su presencia en otros estados de la república no es clara, en varios casos se podría tratar de vegetación secundaria con incendios frecuentes.

Pastizal halófilo. Comunidad de gramíneas y gramínoideas que se desarrolla sobre suelos salino-sódicos, por lo que su presencia es independiente del clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas; y en algunas áreas próximas a las costas afectadas por el mar o por lagunas costeras.

Su distribución comprende todo el Altiplano, desde Chihuahua y Coahuila, hasta Jalisco, Michoacán, Valle de México, Puebla y Tlaxcala, así como de algunas porciones de planicies costeras de la parte norte del país. Cuando los cloruros y los sulfatos son las sales predominantes, el pH del suelo donde se desarrollan estos pastizales se mantiene generalmente entre 7 y 8.5, en cambio, de ser los carbonatos los más abundantes, la reacción es fuertemente alcalina. Por lo general la precipitación media anual oscila de los 200mm a los 600 mm en promedio. Estos suelos, por lo común, son de textura arcillosa y de drenaje deficiente y muchas veces

están sujetos a inundaciones más o menos prolongadas. La humedad del suelo, así como el contenido de sales y su alcalinidad pueden tener una variación acentuada a lo largo del año y muchas veces también de un año a otro.

Entre las formas biológicas de las comunidades halófitas predominan las gramíneas rizomatosas y las plantas herbáceas suculentas. Los pastizales halófilos del Altiplano varían por lo común, de bajos a medianos (hasta 80cm de alto) y, en general, son densos. Con el objetivo de estimular la aparición de retoños tiernos estos pastizales son quemados periódicamente. En Chihuahua y Coahuila, principalmente, ocupa grandes extensiones el pastizal de *Pleuraphis mutica* (Toboso), de 40 a 70cm de altura.

De los pastizales halófilos costeros más sobresalientes cabe mencionar los de *Distichlis spicata*, de *Sporobolus virginicus* y de *Monanthochloë littoralis*, que forman una carpeta baja, y los de *Spartina* y de *Uniola*, que miden cerca de 1m de alto.

En general, las gramíneas dominantes son más bien rígidas y solo sus partes tiernas constituyen un forraje atractivo para el ganado. Desde luego que las gramíneas no son las únicas plantas que pueden crecer en tales condiciones, pero con frecuencia son las dominantes y las que definen la fisonomía de las comunidades vegetales que ahí habitan.

Pastizal natural. Es una comunidad dominada por especies de gramíneas y gramínoideas, en ocasiones acompañadas por hierbas y arbustos de diferentes familias, como son: compuestas, leguminosas, etcétera. Su principal área de distribución se localiza en la zona de transición entre los matorrales xerófilos y los diversos tipos de bosques. La extensa zona de pastizales naturales de América del Norte penetra en el territorio mexicano en forma de una angosta cuña que corre a lo largo de la base de la Sierra Madre Occidental desde Sonora y Chihuahua hasta el noreste de Jalisco y zonas vecinas de Guanajuato. Esta franja continua consiste en comunidades vegetales dominadas por gramíneas que constituyen clímax climático y representa en México la zona más importante de pastizales naturales. Como la mayoría de los pastizales del mundo, esta franja ocupa una porción de transición entre los bosques por un lado y los matorrales xerófilos por el otro.

El Pastizal Natural se desarrolla de preferencia en suelos medianamente profundos de mesetas, fondos de valles y laderas poco inclinadas, casi siempre de naturaleza ígnea, en altitudes entre 1 100 y 2 500m, aunque en Sonora pueden descender hasta los 450m. Las temperaturas medias anuales varían en la mayor parte de su extensión de 12 a 20°C. Las fluctuaciones estacionales y diurnas son relativamente pronunciadas, todos los años se presentan heladas y en las partes altas de Chihuahua y Sonora ocurren nevadas con cierta frecuencia, registrándose temperaturas mínimas extremas de - 20 hasta 45°C como máximas en los meses más calurosos. La precipitación media anual es del orden de 300 a los 600mm, con 6 a 9 meses secos y la humedad atmosférica se mantiene baja durante la mayor parte del año. Este tipo de clima corresponde sobre todo, a la categoría BS de la clasificación de Koeppen, aunque las más secas pertenecen, al parecer, a la categoría BW.

Los suelos propios de estos pastizales son en general neutros (pH 6 a 8), con textura que varía de migajón arcilloso a migajón arenoso y coloración rojiza a café, frecuentemente con un horizonte de concentración calimosa o ferruginosa más o menos continúa. Por lo común son suelos fértiles y medianamente ricos en

materia orgánica, aunque se erosionan con facilidad cuando se encuentran en declive y carecen de suficiente protección por parte de la vegetación.

Los pastizales en cuestión son generalmente de altura media, de 20 a 70cm, aunque a causa del intenso pastoreo se mantienen casi siempre más abajo. La coloración amarillenta pálida es característica durante la mayor parte del año y la comunidad sólo reverdece en la época más húmeda. La cobertura varía notoriamente de un lugar a otro y tiene que ver con la utilización del pastizal, pero rara vez supera el 80% y frecuentemente es menor de 50%. Su estructura es sencilla, pues además de un estrato rasante, formado principalmente por plantas rastreras, incluyendo a veces algas, hay un solo estrato herbáceo, en el cual suelen dominar ampliamente las gramíneas, aunque en la época favorable pueden aparecer numerosas especies de otras familias. Las plantas leñosas a menudo están completamente ausentes, cuando existen, solo juegan un papel secundario por el disturbio, y a veces forman uno a dos estratos. Las trepadoras son escasas y las epífitas de tipo xerófilo solo se presentan en ocasiones sobre las ramas de arbustos y árboles aislados.

Son frecuentemente dominantes o codominantes en las asociaciones las especies del género *Bouteloua* y la más común de todas es *Bouteloua gracilis*, que prevalece en amplias extensiones del pastizal, sobre todo en sitios en que el sobrepastoreo no ha perturbado demasiado las condiciones originales y preferentemente en suelos algo profundos. En laderas pendientes, con suelo somero y pedregoso, a menudo son más abundantes *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua hirsuta*. Son menos frecuentes en general, *Bouteloua barbata* var. *rothrockii*, *Bouteloua radicata*, *Bouteloua repens*, *Bouteloua eriopoda* y *Bouteloua chondrosioides*, pero en algunas zonas pueden también funcionar como dominantes o codominantes: *Bouteloua eriopoda* y *Bouteloua scorpioides*, aparentemente resultan favorecidas por un pastoreo intenso, desplazando en ciertas áreas a *Bouteloua gracilis*.

Vegetación de desiertos arenosos (VD). Esta comunidad vegetal está constituida principalmente por arbustos perennes, cuyas raíces perforantes se anclan en la arena no consolidada y forman colonias por reproducción vegetativa. Se agrupan por “manchones” en desiertos sumamente áridos. Algunas de las especies que se pueden encontrar son: *Larrea tridentata* (Gobernadora, Hediondilla), *Prosopis* spp. (Mezquites), *Yucca* spp., *Atriplex* spp., (Saladillos), *Opuntia* spp. (Chollas, Nopales), *Ephedra trifurca* (Hitamo), *Ambrosia dumosa* (Hierba del burro), etcétera. Estas especies proceden de las áreas circunvecinas, generalmente con matorral desértico micrófilo, mezquital u otros tipos de vegetación.

Este tipo de vegetación cubre amplias regiones, principalmente en las zonas áridas de Coahuila, Chihuahua, Sonora y Baja California, como sucede en buena parte del noroeste del país.

Vegetación de galería (VG). Comunidades arbustivas, ocasionalmente con elementos subarbóreos, que se desarrollan en los márgenes de los ríos y arroyos, siempre bajo condiciones de humedad. En general se localizan en zonas de climas templados a secos, con amplios rangos en los valores de temperatura, humedad y altitud, sobre terrenos con humedad superficial o con manto freático somero en el lecho de ríos usualmente secos.

En este tipo de vegetación predomina generalmente un solo estrato arbustivo, que fisonómicamente puede presentar el aspecto de matorral denso o espaciado, con altura entre 1 y 2m y constituido por elementos usualmente perennifolios. Entre otros géneros que pueden integrar a la vegetación de galería se encuentran *Baccharis*, *Chilopsis*, *Senecio*, *Acacia*, *Mimosa* y *Salix*, y no es rara la presencia de mezquites (*Prosopis sp.*) en el noroeste y norte del país.

Tular. Comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 0.8 a 2.5m de altura.

Está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha spp.*), y tutillo (*Scirpus spp.*), pero también incluye a los llamados carrizales de *Phragmites australis* y de *Arundo donax* y a los "saibadales" de *Cladium jamaicense* del sureste del país.

II.7 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

En el área de estudio convergen los límites de 23 municipios del Estado de Chihuahua y 3 Municipios de Sonora, lo cuales se listan en el Cuadro 10, y que de acuerdo con el Censo de Población de Vivienda 2020 acumulan una población total de 3,059,334 habitantes, de los cuales el 49.56 % son hombres y el 50.44 % mujeres.

Cuadro 13. Municipios inmersos en el área de estudio.

ESTADO	MUNICIPIO	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Sonora	Agua prieta	91,929	45,811	46,118
	Bacerac	1,221	603	618
	Bavispe	1,169	618	551
Chihuahua	Ahumada	14,635	7,377	7,258
	Aldama	26,047	12,842	13,205
	Ascensión	26,093	13,231	12,862
	Bachíniva	5,807	2,942	2,865
	Buenaventura	25,146	12,509	12,637
	Casas Grandes	11,815	6,025	5,790
	Coyame del Sotol	1,230	633	597
	Cuauhtémoc	180,638	88,417	92,221
	Chihuahua	937,674	457,240	480,434
	Galeana	6,656	3,299	3,357
	Gómez Farías	7,023	3,465	3,558
	Guadalupe	4,237	2,133	2,104
	Guerrero	35,473	17,702	17,771
	Ignacio Zaragoza	5,196	2,605	2,591
	Janos	11,005	5,760	5,245
	Juárez	1,512,450	756,977	755,473
	Madera	25,144	12,406	12,738
	Matachí	2,742	1,414	1,328
	Namiquipa	22,712	11,390	11,322
	Nuevo Casas Grandes	65,753	32,139	33,614
Ojinaga	24,534	12,193	12,341	
Riva Palacio	7,695	3,893	3,802	
Temósachic	5,320	2,666	2,654	
TOTAL		3,059,344	1,516,290	1,543,054

La fracción de los municipios que coinciden con las cuencas de estudio se muestran en la Figura 14, donde es posible visualizar que los tres municipios del estado de Sonora que inciden en la región (Agua Prieta, Bacerac y Bavispe) ocupan porciones muy bajas del territorio delimitado por la Cuenca Casas Grandes.

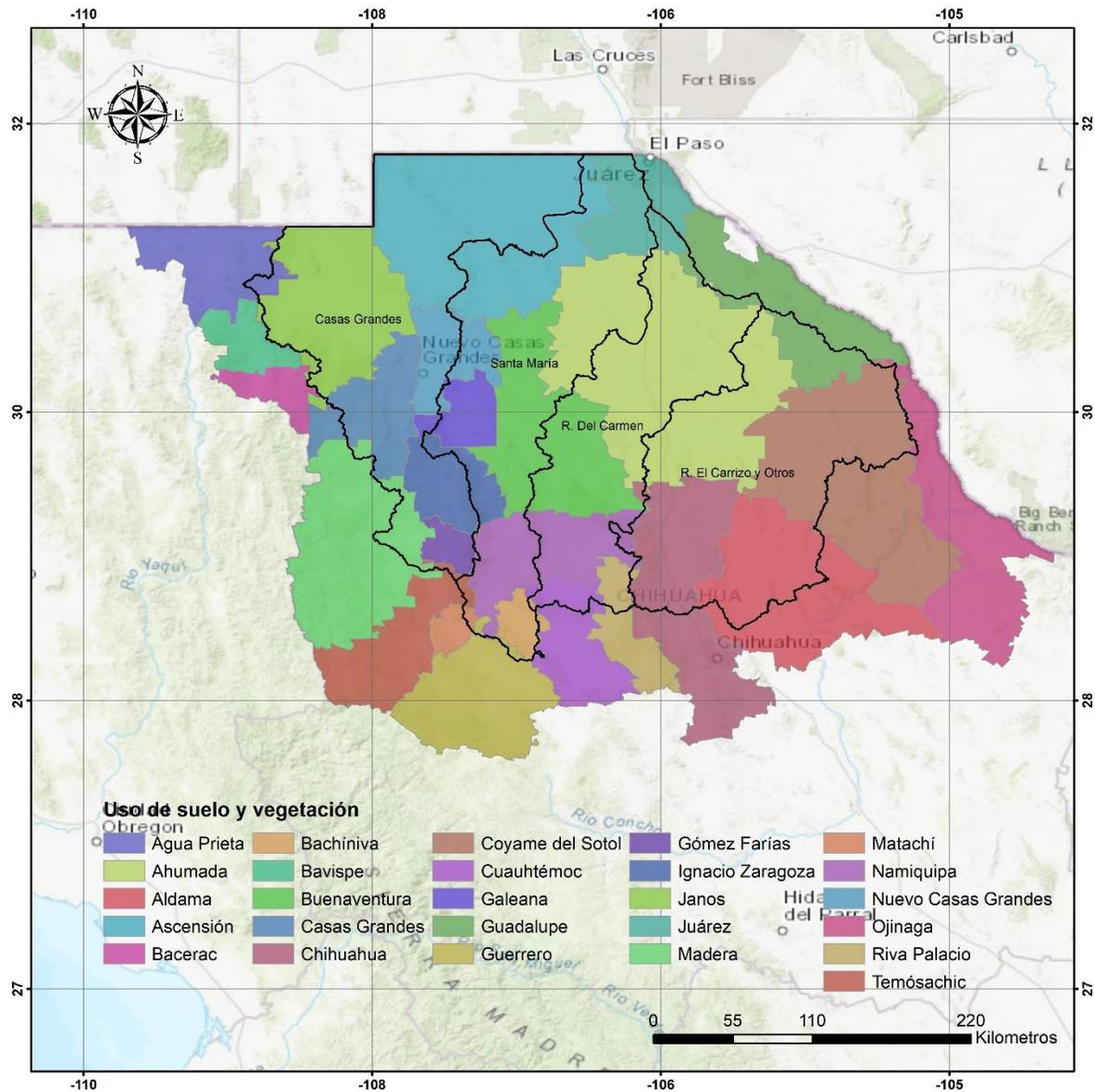


Figura 14. Municipios inmersos en el área de estudio

Si bien en el Cuadro y Figura anteriores se plasma la población de los municipios que inciden parcial o totalmente en el área de estudio, la población que realmente se encuentra dentro de las cuencas de análisis es considerablemente menor, puesto que localidades urbanas como Chihuahua y Ciudad Juárez no se están dentro de los límites de ninguna de las Cuencas de estudio. Por esta razón, y con el fin de tener mayor precisión en la población que vive en las Cuencas en comento se analizó la base del Censo de Población y Vivienda 2020 a nivel de localidades dando como resultado una población total en el área de estudio de 237,750 personas distribuidas en 1,492 localidades en su gran mayoría rurales (Cuadro 11 y Figura 15).

Cuadro 14. Población en localidades dentro de las cuencas de estudio

CUENCA	MUNICIPIO	POBLACIÓN	LOCALIDADES
Casas Grandes	Ascensión	24,254	143
	Casas Grandes	11,760	140
	Galeana	8	1
	Gómez Farías	7,023	12
	Ignacio Zaragoza	5,196	32
	Janos	11,001	134
	Madera	2,766	8
	Nuevo Casas Grandes	65,748	77
Del Carmen	Ahumada	12,679	125
	Buenaventura	13,064	36
	Cuauhtémoc	1,172	11
	Guadalupe	16	2
	Juárez	1,762	41
	Namiquipa	6,870	53
	Riva Palacio	3,677	42
	El Carrizo y Otros	Ahumada	1,476
Aldama		22,685	50
Chihuahua		4,078	149
Coyame del Sotol		24	11
Guadalupe		8	4
Santa María	Ahumada	480	18
	Ascensión	1,839	27
	Bachíniva	4,778	67
	Buenaventura	12,082	33
	Cuauhtémoc	2	1
	Galeana	6,648	42
	Guerrero	230	1
	Juárez	261	62
	Matachí	316	2
	Namiquipa	15,842	128
	Nuevo Casas Grandes	5	2
TOTAL		237,750	1,492

En razón de lo anterior, la Cuenca Santa María presenta un mayor número de habitantes y localidades de la región con 280,233 y 1,875 respectivamente. Mientras que el menor número de habitantes y localidades se presenta en la Cuenca Río el Carrizo y Otros con 28,271 y 252 respectivamente. Un comportamiento similar se presenta en la densidad de población, pues en la Cuenca Santa María se presenta una densidad de 13.1 hab/km², en la Cuenca Casas Grandes 5 hab/km², en la Cuenca Río del Carmen 2.45 hab/km² y en la Cuenca Río el Carrizo y Otros 1.27 hab/km².

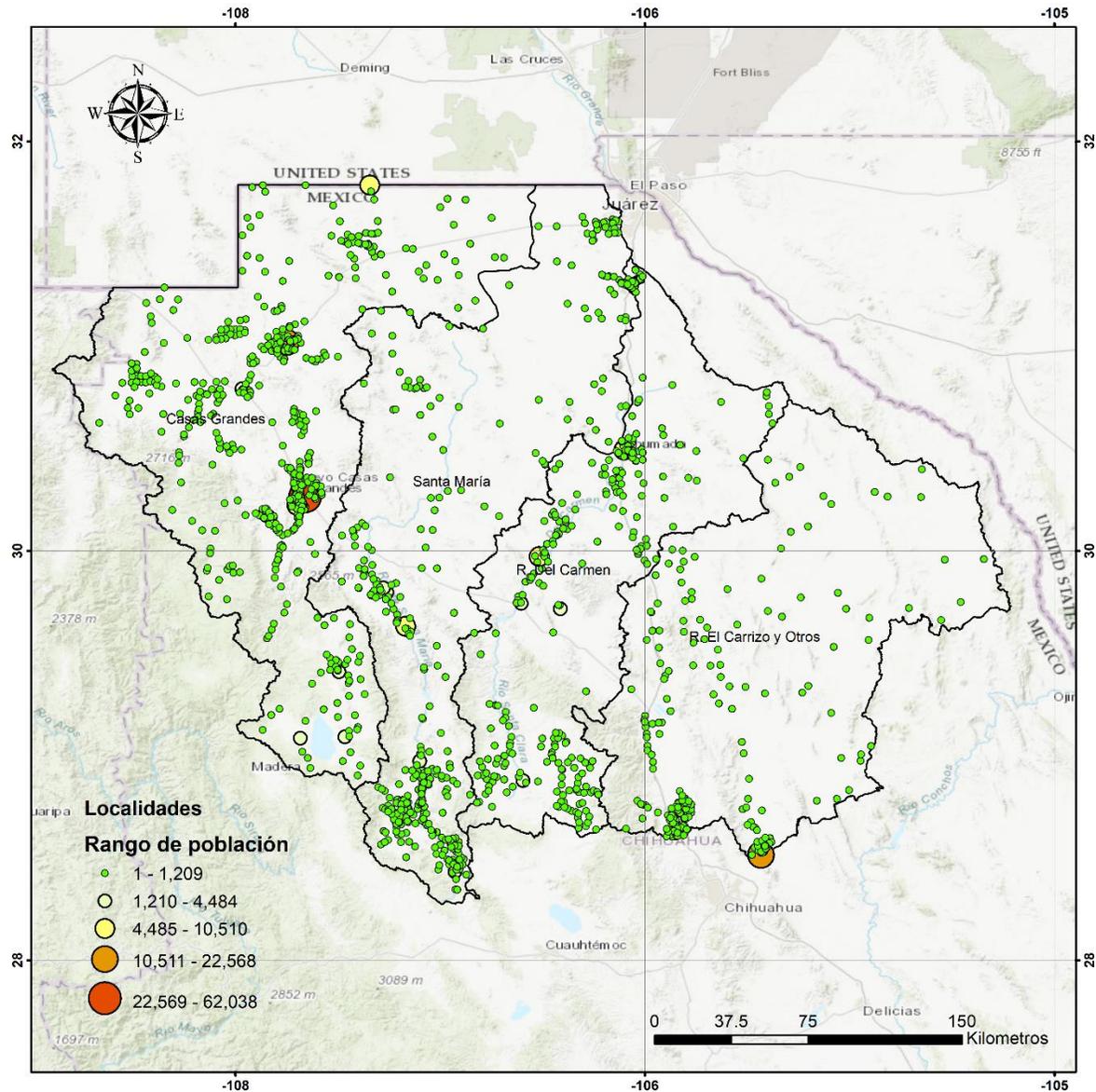


Figura 15. Localidades presentes en el área de estudio

La dispersión de localidades y de habitantes, así como la densidad de población pueden ser un indicador de la ponderación de las actividades económicas dentro de la región, donde hasta el momento y solo con el análisis visual de estos indicadores es posible apreciar que la mayor interacción socioeconómica se establece en la zona occidental de la región de estudio, principalmente en las Cuencas Casas Grandes y Santa María

III Clima regional

En la zona de estudio se presentan ocho tipos generales de climas que pueden ser diferenciados, de acuerdo con su fórmula climática basada en la clasificación de Köppen modificada por García⁴, en un total de 19 unidades, de las cuales es posible denotar que las templadas y semihúmedas tienen una correspondencia con las zonas de mayor elevación, mientras que en las planicies y de llanuras se distribuyen las unidades climáticas más secas y cálidas tal como se muestra en la Figura 16.

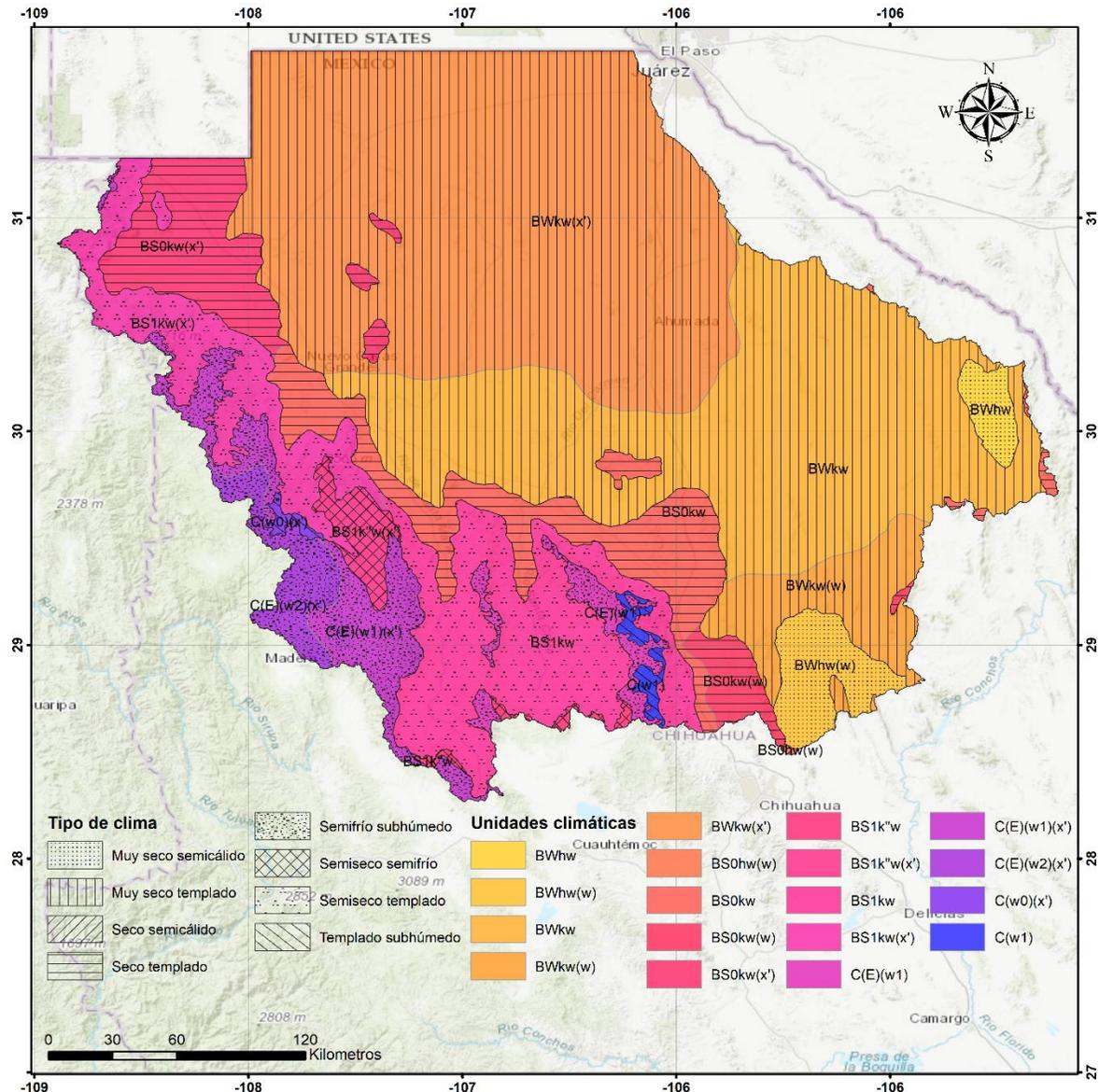


Figura 16. Unidades climáticas en la región de estudio

⁴ García E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM

La descripción detallada de cada uno de los tipos de climas encontrados en la región de estudio se presenta en el Cuadro 12, el cual fue integrado con base en la clasificación de Köppen modificada por García y utilizando de referencia la guía para la interpretación de cartografía climatológica del INEGI.

Cuadro 15. Tipo de climas presentes en el área de estudio

TIPO	DESCRIPCIÓN GENERAL	CLAVE	DESCRIPCIÓN
Muy seco semicálido	Muy árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes 62% más frío menor de 18° C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C	BWhw	Régimen de lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
		BWhw(w)	Régimen de lluvias de verano menor al 5% anual.
Muy seco templado	Templado con verano cálido, temperaturas medias: anual entre 12° y 18 °C, del mes más frío entre -3° y 18 °C y del mes más cálido > 18 °C	BWkw	Régimen de lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
		BWkw(w)	Régimen de lluvias de verano menor al 5% anual.
		BWkw(x')	Régimen de lluvia intermedio entre verano e invierno mayor al 10.2% anual.
Seco semicálido	El más seco de los secos, temperaturas medias: anual 18° a 22 °C y del mes más frío < 18 °C	BS0hw(w)	Régimen de lluvias de verano menor al 5% anual.
Seco templado	El más seco de los secos, templado con verano cálido, temperaturas medias: anual 12° a 18 °C y del mes más frío entre -3 y 18 °C y del mes más cálido > 18 °C	BS0kw	Régimen de lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
		BS0kw(w)	Régimen de lluvias de verano menor al 5% anual
		BS0kw(x')	Régimen de lluvia intermedio entre verano e invierno mayor al 10.2% anual.
Semiseco semifrío	El menos seco de los secos, semifrío, temperaturas medias: anual 5° a 12 °C y del mes más frío entre -3 y 18 °C y del mes más cálido < 18 °C	BS1k"w	Régimen de lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
		BS1k"w(x')	Régimen de lluvia intermedio entre verano e invierno mayor al 10.2% anual.
Semiseco templado	El menos seco de los secos, templado con verano cálido, temperaturas medias: anual entre 12° y 18 °C, del mes más frío entre -3° y 18 °C y del mes más cálido > 18 °C	BS1kw	Régimen de lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
		BS1kw(x')	Régimen de lluvia intermedio entre verano e invierno mayor al 10.2% anual.
Semifrío subhúmedo	Semifrío de los templados, temperatura media entre 5 y 12°C. Precipitación del mes más seco menor a 40 mm	C(E)(w1)	Porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10%
		C(E)(w1)(x')	Porcentaje de lluvia invernal mayor al 10%
		C(E)(w2)(x')	Porcentaje de lluvia invernal menor de 5%

TIPO	DESCRIPCIÓN GENERAL	CLAVE	DESCRIPCIÓN
Templado subhúmedo	Temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C,	C(w0)(x')	Porcentaje de lluvia invernal mayor al 10%
		C(w1)	Régimen de lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.

III.1 CUENCA CASAS GRANDES

En la Cuenca Casas Grandes el 44.5% del territorio presenta un clima muy seco (BWkw y BWkw(x')) templado con temperatura media anual entre los 12° y 18 °C y un régimen de precipitación intermedio con precipitaciones invierno con un porcentaje mayor al 10.2 % anual. Su distribución cubre la región Noreste de la Cuenca en concordancia con un gradiente altitudinal que va desde 1200 a 1800 metros sobre el nivel medio del mar y que constituye principalmente la parte baja de la misma. Este clima predominante se caracteriza por presentar un periodo de lluvias bien definido a partir del mes de julio, cuya precipitación es de cinco a seis veces mayor que la precipitación del mes de anterior. El mes más cálido suele ser julio aunque las temperaturas máximas se alcanzan en junio, llegando hasta 35 °C, mientras que las temperaturas mínimas se manifiestan desde noviembre hasta febrero en rango de -3 °C a 15 °C. tal como se muestran en los climogramas de la Figura 17, correspondientes las estaciones Ascensión (8001) y Ascensión DGE (8084).

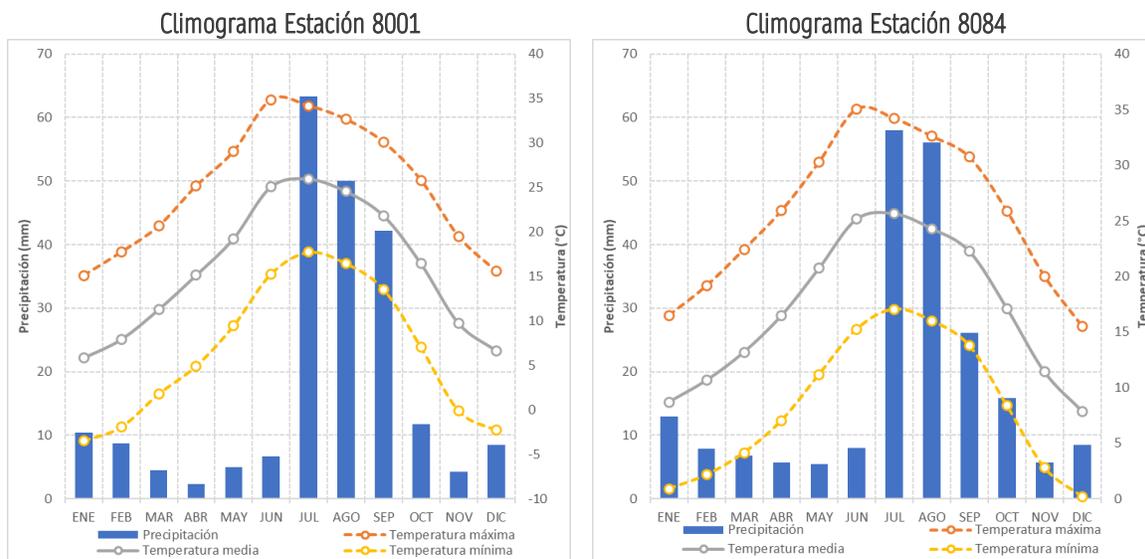


Figura 17. Climogramas para la cuenca baja con clima predominante muy seco templado BWkw

El segundo clima de mayor distribución en la Cuenca es el Semiseco templado del tipo BS1kw(x'), el cual ocupa el 16.47% de la superficie de la cuenca y se distribuye justamente en la parte media de la Cuenca en una rango de altura entre 1,406 msnm y 2,356 mm con una elevación general promedio de 1,748 msnm. En este rango altitudinal, la temperatura media anual oscila entre 10.1 y 16.5 °C, la temperatura del mes más frío se

oscila entre -3 y 18 °C y la del mes más cálido supera los 18°C, llegando a manifestar como temperatura máxima 35°C.

Se manifiesta además un régimen de lluvia intermedio con precipitación media anual entre 340 y 454 mm, siendo los meses de mayor precipitación julio y agosto, mientras que el mes de abril es el que manifiesta una precipitación menor que difícilmente alcanza los 7 mm.

Hacia la parte alta de la Cuenca, entre un rango de altura que va desde los 1,885 msnm hasta los 2,763 msnm, se presentan los climas semifrío subhúmedo ($C(E)(w_1)(x')$ y $C(E)(w_2)(x')$), semiseco semifrío ($BS1k''(w(x'))$) y templado subhúmedo ($C(w_0)(x')$), siendo este último el de menor extensión dentro de la cuenca. En dichos climas se manifiestan temperaturas medias anuales entre 11 y 12.7 °C, con un régimen de lluvias de verano que alcanza hasta 580 mm, donde la mayor precipitación se presenta en el mes de julio pero a diferencia de la cuenca baja o media llueven 140 mm en lugar de 60 msnm, manteniéndose hasta 135 mm en el mes de agosto. Y aunque el mes de junio presenta una precipitación media significativamente menor a los meses posteriores, llega a ocurrir una precipitación hasta cuatro veces la presentada en la cuenca baja y media para el mismo mes.

El mes con menor precipitación también es abril aunque suele ser cinco veces superior a la presentada en la Cuenca Baja para el mismo mes. Al igual que en la Cuenca Media y Baja las temperaturas máximas se presentan en el mes de junio solo que con 30 °C en lugar de 35 °C. La misma diferencia se manifiesta para las temperaturas mínimas cuya variación es de hasta 5° C menos que en la Cuenca Baja, lo cual puede ser observado en el climograma representativo que se muestra en la Figura 18. Los climas que se distribuyen en la Cuenca Alta ocupan el aproximadamente el 17% de la superficie total de la cuenca, lo cual corresponde a 4,302.78 km² y la distribución de los tipos de climas presentes en la Cuenca Casas Grandes se presentan en el mapa de la Figura 19.

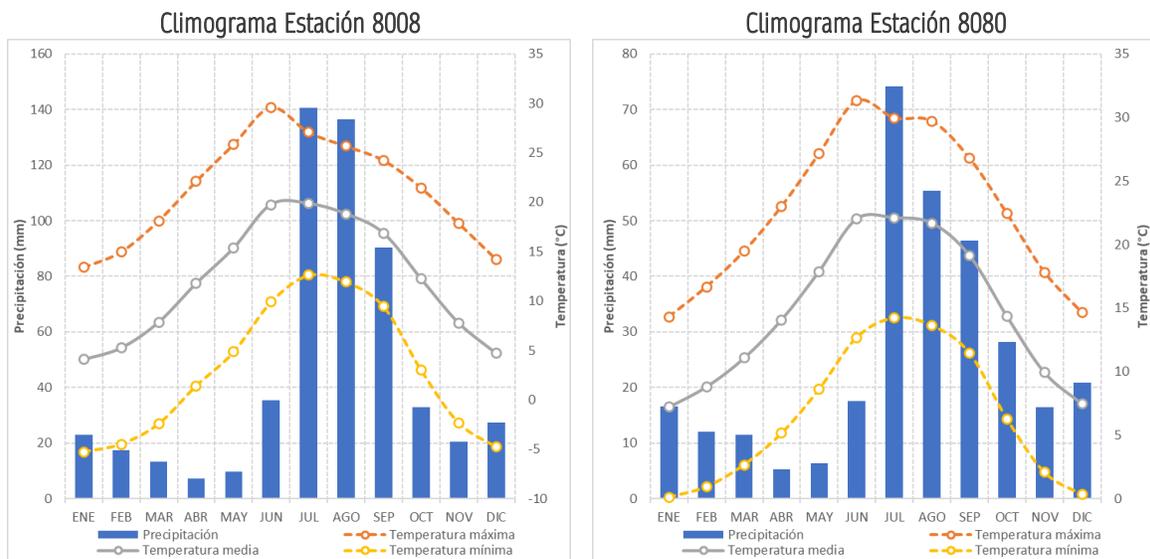


Figura 18. Climogramas para la cuenca alta con clima predominante $C(E)W_1$

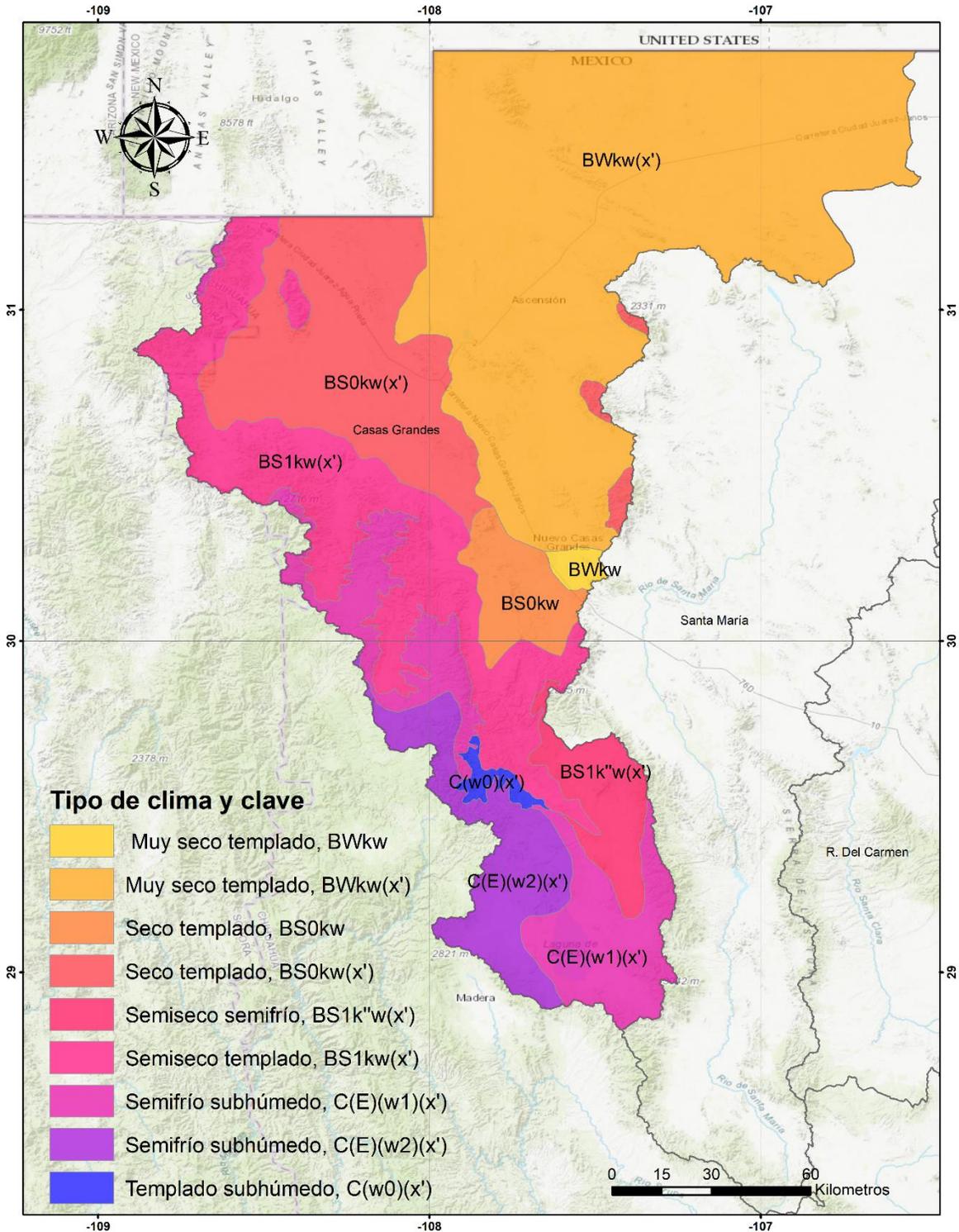


Figura 19. Tipos de clima presentes en la Cuenca Casas Grandes

III.2 CUENCA SANTA MARÍA

La Cuenca Santa María presenta un patrón de distribución de temperaturas y precipitaciones muy parecido al de Casas Grandes, en ambas cuencas existe coincidencia en los meses más secos (abril) y por lo general también se presenta correspondencia en los meses húmedos siendo estos julio, agosto y septiembre. Las temperaturas por el contrario, presentan una variación con respecto a la cuenca anterior, ya que por lo menos un par de estaciones (8010 y 8030) registran temperaturas medias superiores a los 25 °C en la temporada más cálida del año, no obstante los valores alcanzados para la temporada de invierno suelen ser similares en todos los casos, presentando una disminución drástica en noviembre y manifestando un ligero repunte para fin de año.

En la Cuenca se distribuyen principalmente cinco tipos generales de clima: muy seco templado (BW), seco templado (B0), semiseco templado (BS1), semiseco semifrío y semifrío subhúmedo (C(E)). La distribución de estos climas se encuentra relacionada con los gradientes de precipitación y temperatura que a la vez son influenciados por el gradiente altitudinal de la cuenca, el cual tiene como cota mínima 1,146 msnm y como cota máxima 3,045 msnm. En dicho gradiente la precipitación media oscila entre los 240 y 515 mm y la temperatura media anual se distribuye entre 11.5° y 17.3 °C, identificándose una clara correlación de los valores del rango mínimo y máximo tanto de temperatura como precipitación con la distribución de las zonas altas y bajas de la Cuenca.

Los climas muy secos templados (BWkw y BWkw(x')), se distribuyen en la parte baja de la cuenca, abarcando un rango altitudinal de 1,146 a 2,199 msnm, y su distribución ocupa 14,982.58 km² equivalentes al 70.1% de la superficie total de la misma. Se caracterizan por presentar un precipitación media anual de hasta 283.4 mm en un régimen de lluvias mayormente de verano y una temperatura media anual entre 16.9 y 17.3 °C. La mayor precipitación se presenta en el mes de julio con alrededor de 50 mm, sin embargo, a diferencia de la Cuenca Casas Grandes la precipitación del mes antecedente representa la tercera parte de la precipitación de julio.

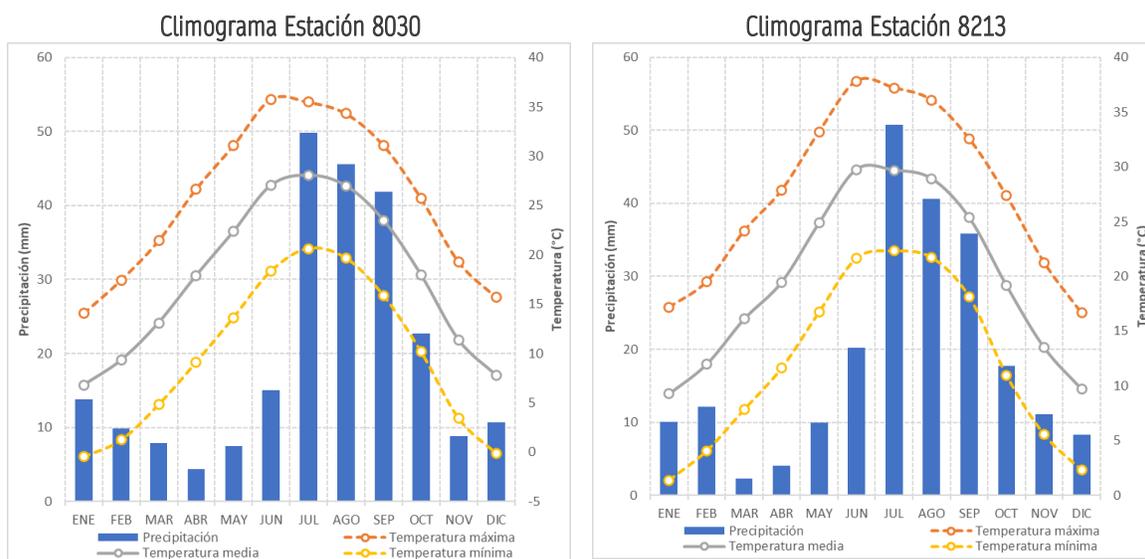


Figura 20. Climogramas representativas de la zona baja de la Cuenca Santa María

Las temperatura media anual varía entre 8 °C en los meses diciembre y enero, hasta 27°C en el meses de junio y julio. Las temperaturas máximas anuales llegan a superar los 35 °C sobre todo en el mes junio.

En la cuenca media se presenta un tipo de clima seco templado (BS0kw y BS0kw(x')), caracterizado por ser el más seco de los secos, templado con verano cálido, presentando un régimen de lluvias de verano. Su distribución abarca aproximadamente el 6.8 % de la superficie de la Cuenca. Se presenta una precipitación media anual que oscila entre 324 y 344 mm y una temperatura media anual entre 14 y 16 °C. Los climogramas derivados de las estaciones meteorológicas inmersas en esta zona muestran la mayor precipitación en los meses de julio y agosto y alcanzando valores de hasta 80 mm e incluso para algunas zonas el mes de agosto puede llegar a ser más lluvioso a que sin presentar una diferencia significativa con respecto a julio (Figura 21). Los meses de menor lluvia, a diferencia del resto de climogramas analizados anteriormente, son marzo y abril, llegando a extenderse el periodo de estiaje hasta el mes de mayo con precipitaciones menores a 5 mm. La temperatura media anual oscila entre 8°C y 25 °C, presentando temperaturas máximas medias entre 17°C y 35 °C, mientras que las temperaturas mínimas medias oscilan entre - 3°C y 16 °C.

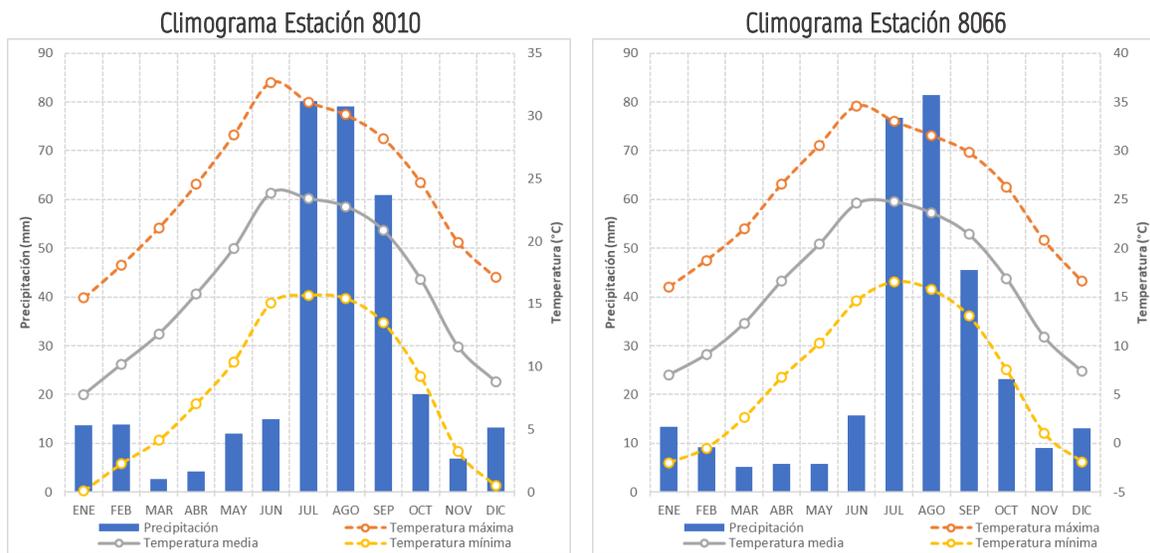


Figura 21. Climogramas representativas de la zona media de la Cuenca Santa María

En la cuenca media también se presentan los tipos de clima semiseco templado (BS1kw y BS1kw(x')) y semiseco semifrío (BS1k"w y BS1k"w(x')), que juntos ocupan el 18.4% (3,938.64 km²) de la superficie de la Cuenca. Los primeros se caracterizan por ser los más secos de los secos, templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12° y 18 °C, la temperatura media del mes más frío entre -3° y 18 °C y del mes más cálido > 18 °C. Los climas semisecos semifríos son los menos secos de los secos, con temperatura media anual entre 5° a 12 °C y del mes más frío entre -3 y 18 °C y del mes más cálido < 18 °C, en su mayoría se presenta un régimen de lluvia de verano con porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10% del anual.

En la parte alta de la Cuenca se tiene un gradiente altitudinal entre 2,340 msnm y 3045 msnm y su distribución ocupa a penas el 4.7% de la superficie de la cuenca. En esta zona se presentan climas semifrío subhúmedo: C(E)(w1) y C(E)(w1)(x'). La precipitación media anual oscila entre 489.1 mm y 514 mm, y la temperatura media anual se presenta en un rango muy estrecho que va desde 11.5 a 11.7 °C, prácticamente siendo homogénea al ser climas que se distribuyen en las zonas más altas de la Cuenca.

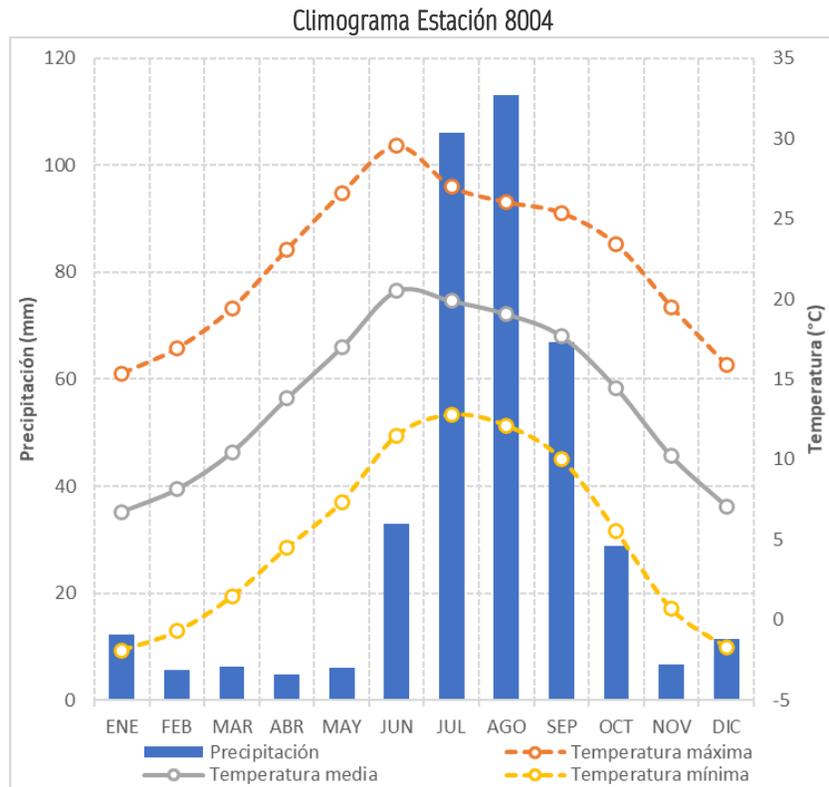


Figura 22. Climogramas representativo de la zona alta de la Cuenca Santa María

Como se puede ver en la Figura anterior, a diferencia de los climogramas analizados con anterioridad, el mes con mayor precipitación es agosto con 116 mm y las menores precipitaciones se distribuyen casi de forma semejante en los meses de febrero a mayo alcanzando cerca de 7 mm. Las temperaturas alcanzan el máximo en el mes de junio con 32 °C de máximas, las temperaturas mínimas se presentan en los meses de diciembre y enero con hasta -2°C, por último, las temperatura media anual oscila entre 7 y 20 °C.

En la Figura 23 se presenta la distribución espacial de los climas presentes en la Cuenca Santa María, siendo evidente la correlación de los climas fríos y templados con mayores alturas medias sobre el nivel del mar, mostrándose el comportamiento contrario para los climas secos.

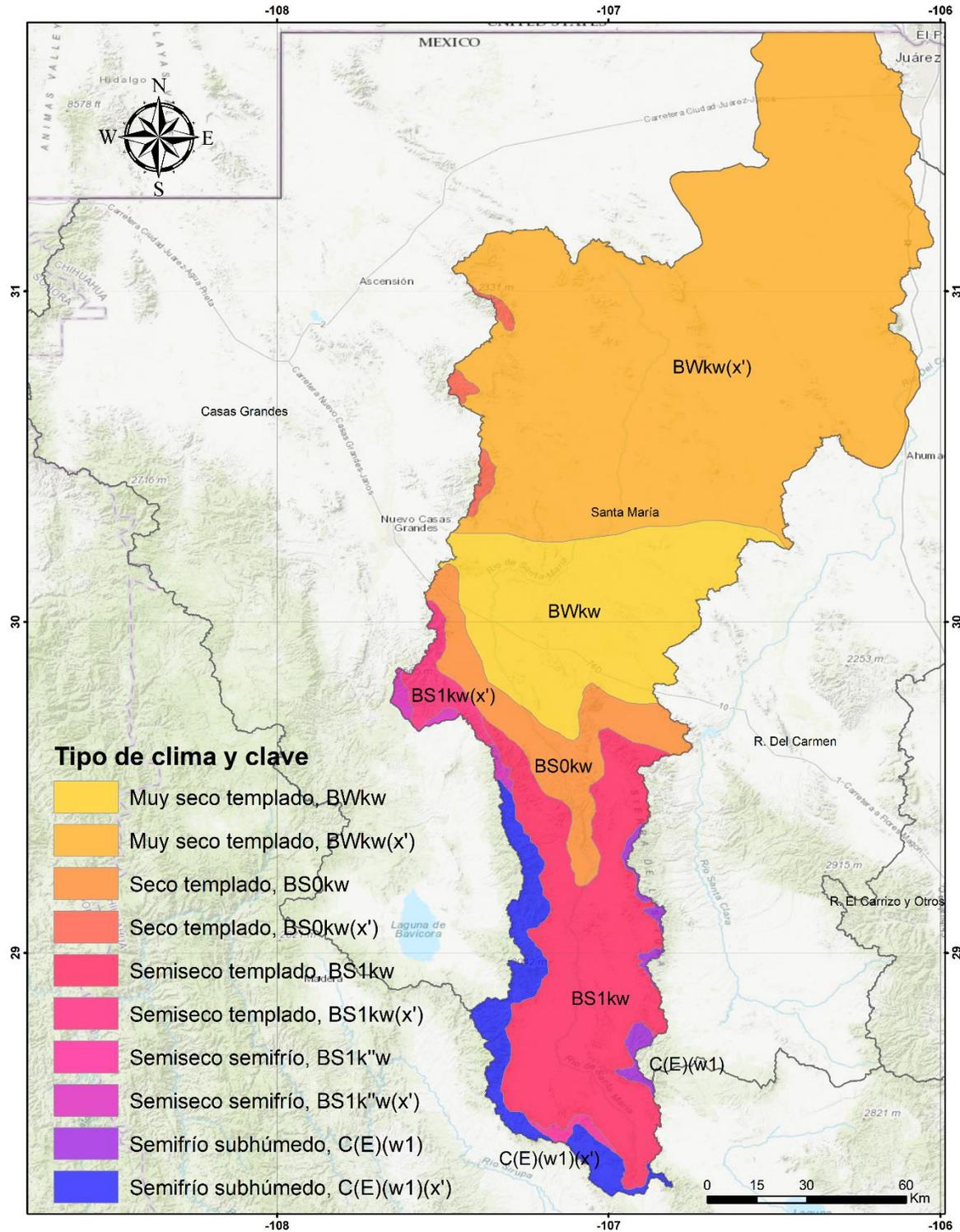


Figura 23. Tipos de climas en la Cuenca Santa María

III.3 CUENCA RÍO DEL CARMEN

En la Cuenca Río del Carmen lo climogramas de las estaciones presentes evidencian un comportamiento similar al descrito para las cuencas anteriores con una marcada estación lluviosa (julio, agosto y septiembre) y un descenso considerable de la precipitación y temperaturas en invierno (noviembre-febrero).

Cabe mencionar que las Cuencas Casas Grandes, Santa María y Río del Carmen presentan una forma principalmente elongada, y esta última presenta particularmente una menor longitud de cause principal aunque un considerable gradiente altitudinal, lo cual permite que exista una variedad diferenciada en el tipo de climas presentes, manifestándose seis tipos generales: Muy seco templado (BWkw y BWkw(x')), Seco templado (BS0kw), Semifrío subhúmedo (C(E)(w1)), Semiseco semifrío (BS1k'w), Semiseco templado (BS1kw) y Templado subhúmedo (C(w1)). La Cuenca presenta un rango de alturas que va desde los 1,185 hasta 2,861 msnm, en esta se presenta una precipitación media anual que va desde los 247 mm hasta 515 mm con una oscilación de la temperatura media anual entre 11.7 °C y 17 °C.

En la parte baja de la Cuenca se manifiestan los climas muy secos templados de tipo BWkw y BWkw(x'), los cuales se caracterizan por ser templados con verano cálido, temperaturas medias: anual entre 12° y 18 °C, del mes más frío entre -3° y 18 °C y del mes más cálido > 18 °C. El climograma representativo para la zona baja de la cuenca deriva de la Estación 8121 Samalayuca Juárez (Figura 24).

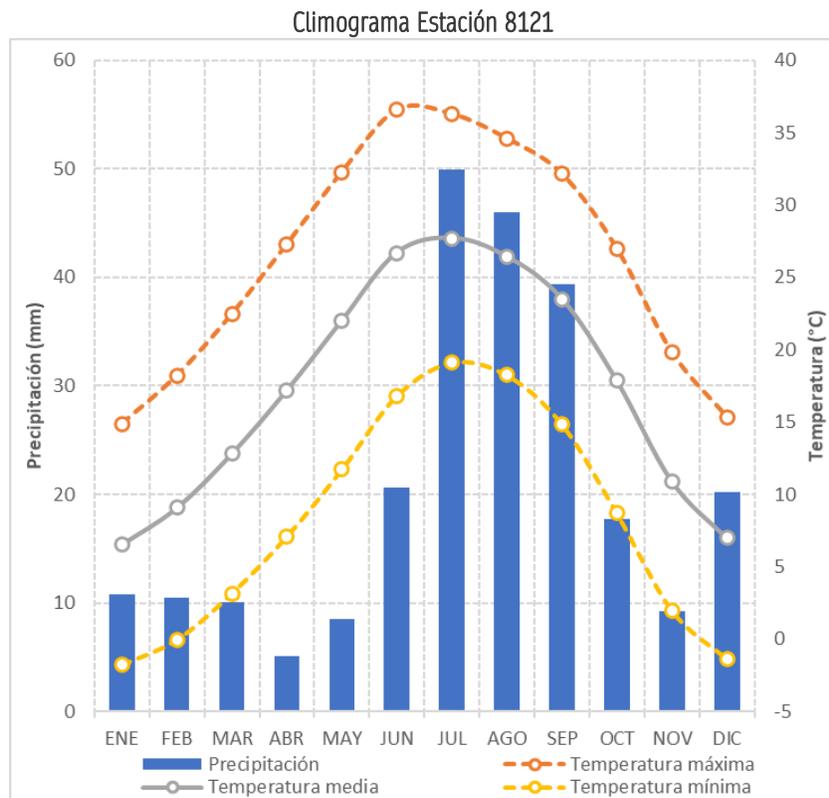


Figura 24. Climograma de la estación más representativa la zona baja de la Cuenca Río del Carmen

En dicha zona el mes de mayor lluvia es julio, en el cual se manifiesta una precipitación media de solo 50 mm, valor que va disminuyendo de manera continua en los meses subsecuentes hasta noviembre. El mes de junio se presenta una precipitación de poco menos que la mitad de junio sin embargo no es tan representativa como en otras partes bajas de las Cuencas anteriormente analizadas. El mes de abril es el manifiesta menor precipitación y de forma significativa, ya que solo precipitan alrededor de 5 mm y esto representa la mitad de la lluvia del segundo mes más seco (mayo). Las temperaturas máxima alcanzan los 37°C en el mes de junio y 17 °C en enero y diciembre, las mínimas llegan hasta los 17 °C en julio y tienen su mínimo en enero con -1 °C. Mientras que las temperaturas medias en el año oscilan entre los 25°C y 8°C.

En la parte media de la cuenca se distribuyen los climas seco templado (BS0kw) y semiseco templado (BS1kw), lo cuales ocupan el 9.6% y 24.1% de la superficie total de la Cuenca respectivamente. Estos se distribuyen en un rango altitudinal que va desde los 1,504 msnm hasta los 2,587 msnm, donde se presenta una precipitación media anual entre 341 y 431 mm, julio representa el mes más lluvioso con precipitaciones entre 71 y 85 mm, siendo el mes más seco marzo con una precipitación entre 4 y 5 mm. Las temperaturas medias anuales se manifiestan entre 13.7°C y 15.4°C, aunque las máximas alcanzan los 35 °C en julio y las mínimas los -2°C en diciembre y enero (Figura 25).

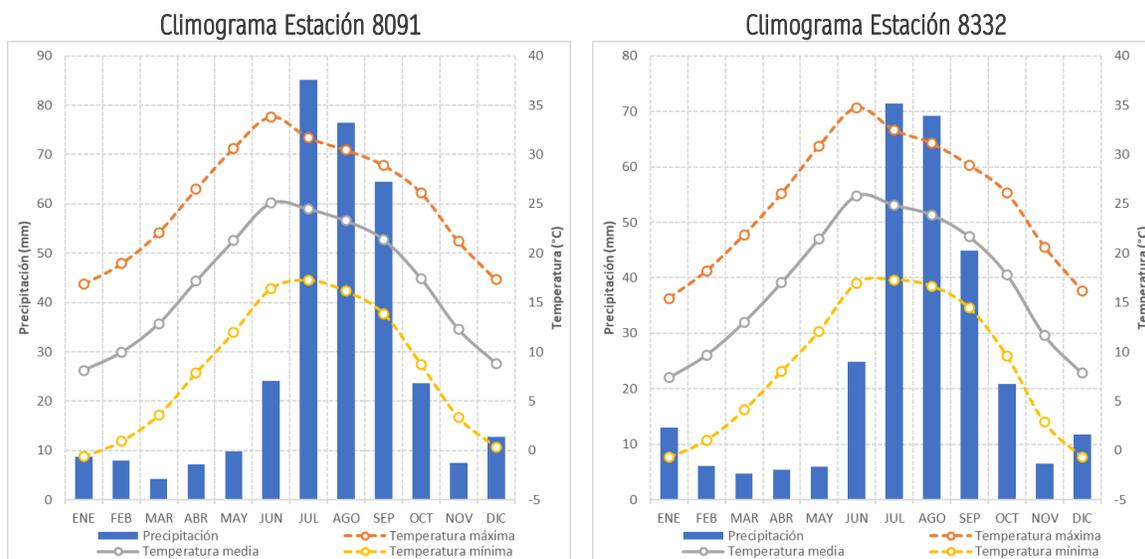


Figura 25. Climograma de la estación más representativa la zona media de la Cuenca Río del Carmen

Por último la parte alta de la Cuenca presenta en las zonas más elevadas los climas: semiseco semifrío (BS1k"w), templado subhúmedo (C(w1)) y semifrío subhúmedo (C(E)(w1)), los cuales ocupan el 0.2%, 1.0% y 4.0% de la superficie total de la Cuenca respectivamente. Sin embargo a pesar de no existir estaciones de las cuales puedan generarse climogramas estos climas presentan las mayores precipitaciones en la cuenca en un rango de 484 a 509 mm y las temperaturas medias anuales oscilan entre 11.7 y 12.9 °C.

En la Figura 26 se presenta el mapa de climas para la Cuenca Río del Carmen donde es posible identificar la distribución de climas y su relación con el gradiente altitudinal.

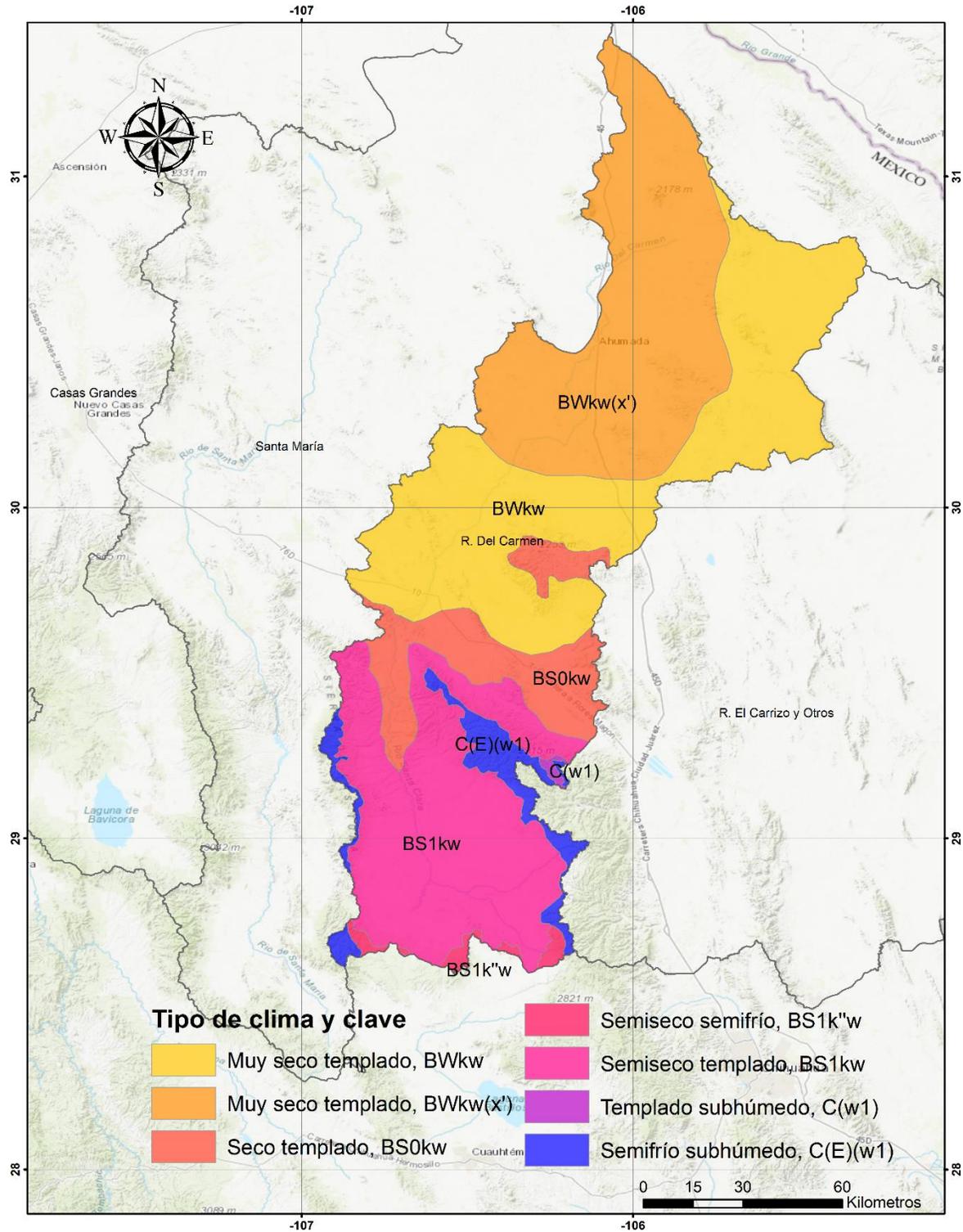


Figura 26. Tipos de climas en la Cuenca Río del Carmen

III.4 CUENCA RÍO EL CARRIZO Y OTROS

Al igual que en las cuencas anteriores, en la Cuenca del Río El Carrizo y Otros es posible apreciar la estacionalidad de la temperatura y la precipitación, siendo esta última particularmente escasa en todas las estaciones de las cuencas, lo cual deriva en un clima desértico que se distribuye principalmente en la zona noreste de la región de estudio y que se manifiesta ampliamente en el 80% de la superficie total de la Cuenca.

En la zona baja de la cuenca se presenta un rango de alturas de 1,114 msnm hasta 2,181 msnm, se distribuyen principalmente dos tipos generales de climas: muy seco semicálido (BWhw y BWhw(w)) y muy seco templado (BWkw y BWkw(w)), los primeros ocupan el 12.4% de la superficie de la Cuenca mientras que los segundos ocupan 67.6% de la superficie de la misma. A pesar de que los climogramas que se distribuyen en estos climas muestran semejanzas en cuanto rangos térmicos y régimen de lluvias, existen diferencias sutiles. El clima de mayor distribución es el BWkw que se caracteriza por tener un régimen de lluvias de verano con mayor precipitación en el mes de agosto (70 mm) la cual, a diferencia de lo observado en otras regiones del área de estudio, está un 20 % por encima de los meses que secundan en nivel de precipitación (julio y septiembre). La temperatura media anual presenta una amplia oscilación ya que se presenta desde los 5°C en los meses de enero y diciembre hasta los 25°C en el mes de julio. Las temperaturas máximas anuales se encuentran de 15°C en diciembre y enero hasta los 36°C en los meses de junio y julio, mientras que las mínimas alcanzan los 18°C en verano y hasta -5°C en invierno (Figura 27).

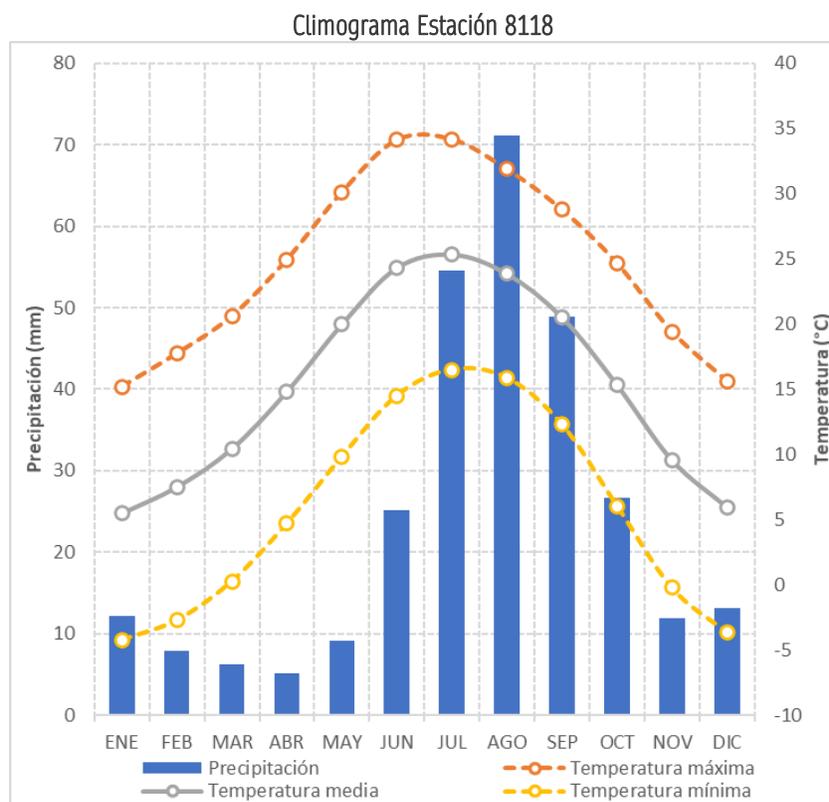


Figura 27. Climograma de la estación más representativa la zona baja de la Cuenca Río el Carrizo y Otros.

La parte media y alta de la cuenca manifiesta un comportamiento climático similar al de la Cuenca vecina Río del Carmen, ya que no sólo posee los mismos tipos de climas sino también se manifiestan en casi la misma proporción. Los climas seco-templados (BS0kw y BS0kw(w)) presentan una temperatura media anual de 15 °C y una precipitación media anual entre 323 y 366 mm. Se extienden en una superficie de aproximadamente 2,920 km² que representan el 13.5% de la superficie total de la Cuenca con un rango de alturas de 1,483 a 2,255 msnm. El clima semiseco templado (BS1kw) se presenta una temperatura media anual de 14.5 °C con precipitación media anual de 465 mm y ocupa una superficie equivalente al 3.3% de la superficie total de la Cuenca.

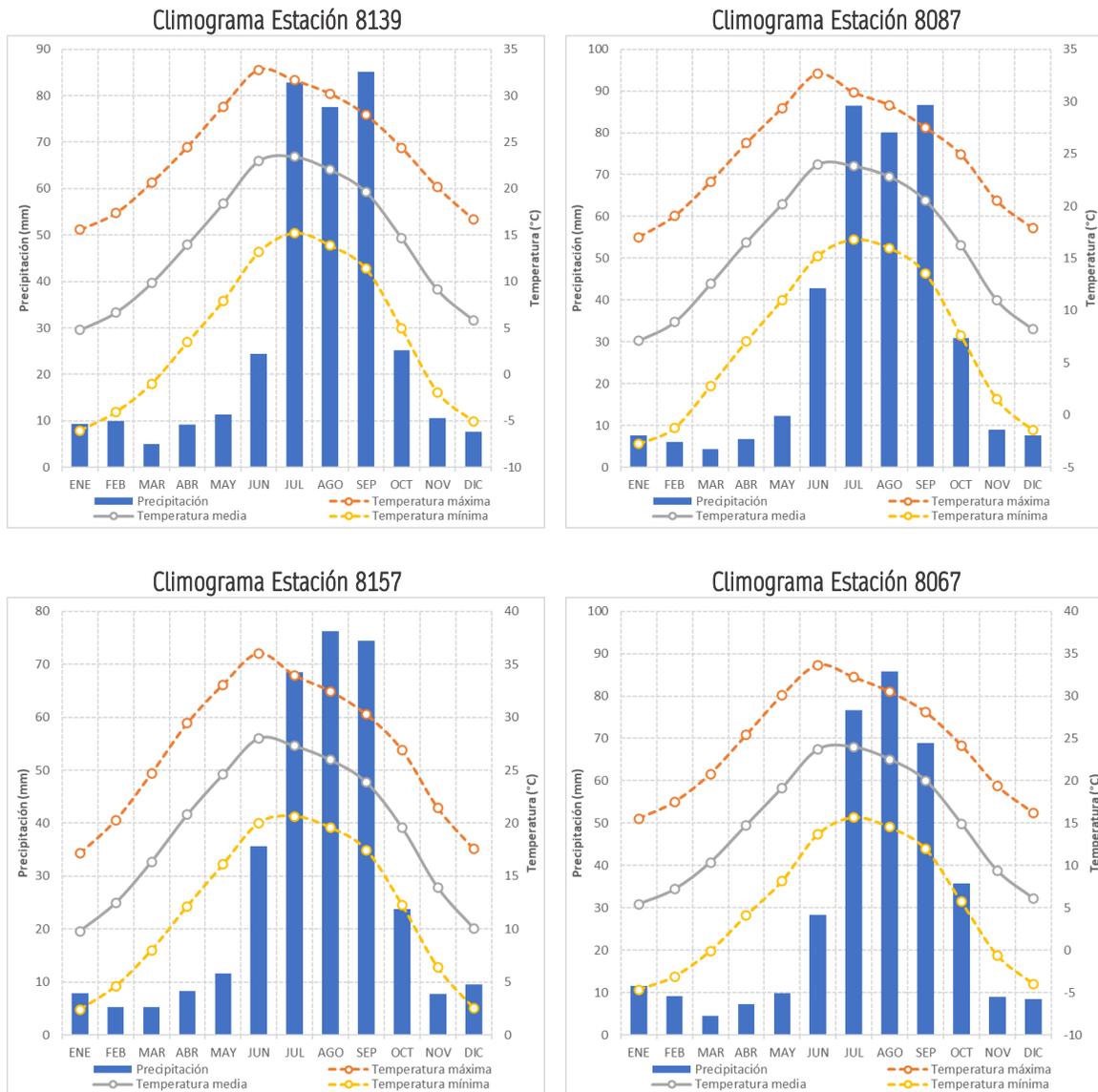


Figura 28. Climogramas de las estaciones más representativas de la Cuenca media y alta

Por último templado subhúmedo y semifrío subhúmedo presentan condiciones más frescas y húmedas, ya que presentan temperatura media anual entre 12.1 y 13.1 °C y una precipitación media anual entre 528.9 y 530 mm, ocupando una superficie de 685 km² equivalentes al 3.1% de la superficie total de la Cuenca.

Los climogramas representativos de la zona media y alta de la Cuenca presentados en la Figura 28 manifiestan régimen de temperatura de verano, sin embargo los climogramas de las Estaciones 8139 y 8087 representan las condiciones de la zona media donde en el mes de agosto 'se presenta una ligera disminución de la precipitación en comparación de julio y septiembre, mientras que las zonas altas manifiestan oscilaciones térmicas menos extremas y precipitaciones mayores en el mes de agosto. En la Figura 29 se presenta la distribución de los tipos de climas presentes en la Cuenca.

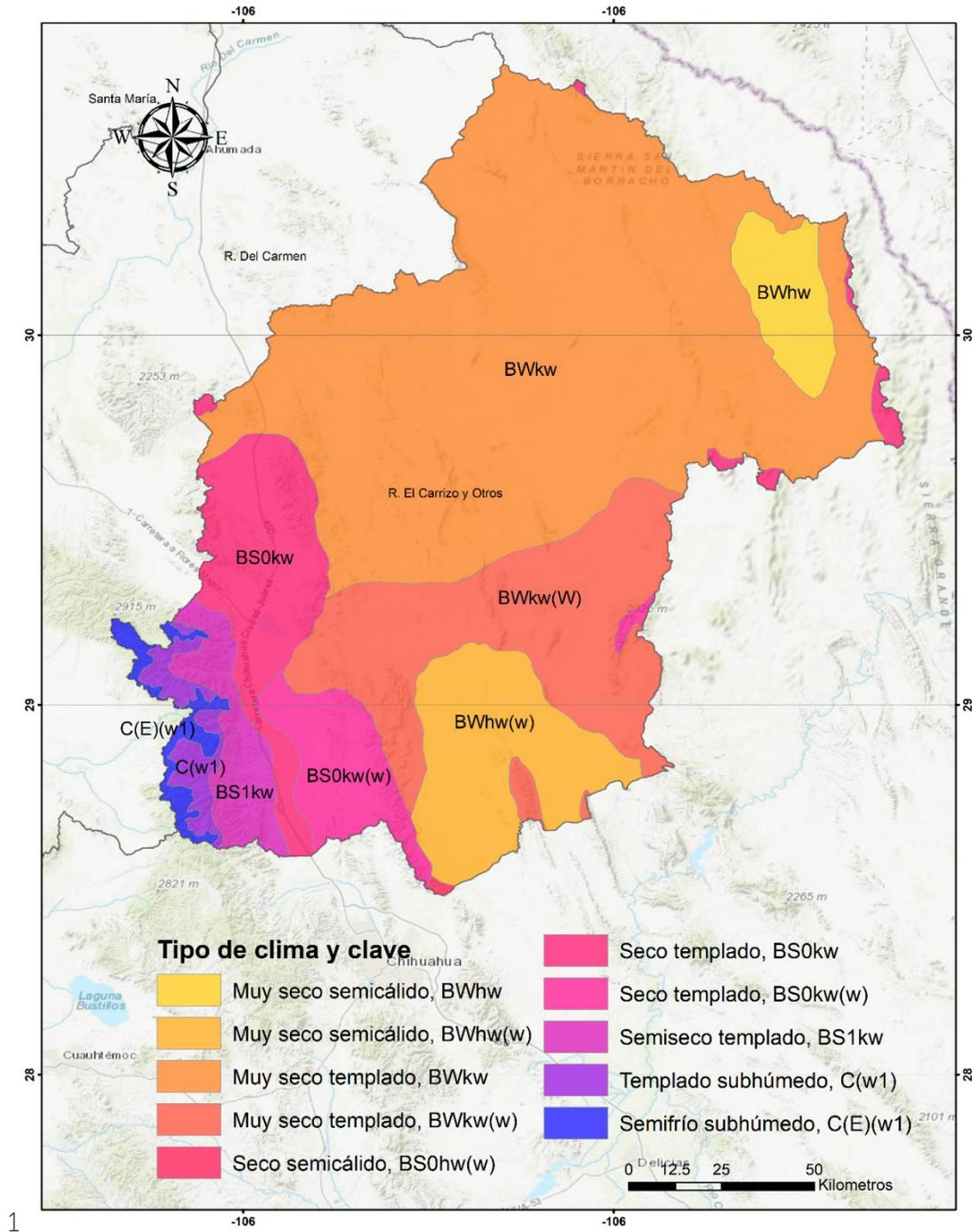


Figura 29. Tipos de climas en la Cuenca Río el Carrizo y Otros

IV Elementos de variabilidad climática

La descripción climática regional, si bien puede ser descrita de acuerdo a los registros meteorológicos de las estaciones y el soporte visual de diagramas ombrotérmicos, es imprescindible explicar las condiciones globales que representan elementos de variabilidad climática. El nivel de conocimiento sobre estos elementos puede llegar a ser profundo en regiones con amplio historial de estudios, de tal forma que la descripción y entendimiento de los mismos depende del nivel de análisis que se ha tenido en una región a lo largo de los años. Ejemplo de ello es el hecho que las primeras explicaciones sobre la fuente de origen de las lluvias en el noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos se asociaron al flujo horizontal del aire proveniente del Golfo de México, característico de los meses de verano (Reyes et al., 1994). Esta idea fue perdiendo fuerza conforme mejores y más bancos de datos de la región se han integrado.

De forma general, y tal como ha quedado manifestado en la descripción del clima regional, las precipitaciones del noroeste de México son las más variables del país, las lluvias de verano de esta región representan el 60 a 80% del total anual, aproximadamente. El inicio de la precipitación durante el mes de julio está en contraste dramático con la sequía de junio. De tal forma que durante el mes de junio el oeste mexicano está dominado por una circulación divergente (evaporación excede la precipitación); mientras que durante julio y agosto se tiene una clara convergencia (precipitación excede la evaporación). Esto coincide con lo señalado por Reyes et al., (1994). No obstante un elemento clave a considerar es que el noroeste de México y el sur de Arizona se caracterizan por la mayor variabilidad en la convección de verano (e.g., Douglas et al. 1993, Mullen et al. 1998) asociada con el sistema del monzón de Norte América. Además existe una variabilidad interanual de las regiones lluviosas, ya que el patrón climatológico de las lluvias muestra considerables diferencias año con año, lo cual sugiere que los aspectos más interesantes se relacionen con los fenómenos de mayor escala que controlan la circulación oceánica y atmosférica. En este sentido la variabilidad interanual de la precipitación depende fuertemente de la presencia de fenómenos diversos tales como la circulación monzónica, sistemas convectivos de mesoescala y ciclones tropicales (Reyes et al., 1994). Por otra parte García y Trejo (1994) concluyeron que los sistemas del tiempo de verano más importantes en la producción de nubosidad y de precipitación en el noroeste de México durante la mitad caliente del año (mayo-octubre) son: el monzón, los ciclones tropicales y los alisios del este y noreste, mientras que en la mitad fría del año (noviembre-abril) las mayores frecuencias corresponden a los sistemas: circulación del este, jet o corriente de chorro y el extremo sur de los frentes de ciclones extratropicales que barren de oeste a este el territorio de los Estados Unidos.

Otro fenómeno no menos importante y con una influencia tal que puede ser capaz de modificar los patrones normales del clima alrededor del mundo (Magaña et al., 2003) es el Niño Oscilación del Sur, el cual a grandes rasgos se caracteriza por generar condiciones anómalas de la temperatura del océano en el Pacífico tropical oriental.

En razón de lo anterior, la descripción de elementos que a continuación se presenta se basa en la revisión de publicaciones históricas y recientes de los fenómenos climáticos globales que poseen influencia en las cuencas de estudio.

IV.1 MONZÓN DE NORTE AMÉRICA

El vocablo monzón se deriva de la palabra árabe mausim, que significa estación; por lo tanto, este fenómeno se refiere al cambio estacional en la dirección de los vientos entre el continente y el océano (CONAGUA, 2021)

El viento, al seguir la pendiente barométrica, sopla de los océanos al continente en una especie de monzón, pero no tan bien desarrollado como el de Asia; que se desplaza del Pacífico hacia el interior e introduce humedad de dicho océano; aunque llega también del Atlántico, su entrada desde esa región se enmascara por la presencia de la circulación del este dominante sobre el Golfo de México. Así, se ha denominado “monzón” al fenómeno que se presenta en la mitad caliente del año, ocasionado por el gradiente barométrico entre las tierras, que se calientan sobremanera durante los meses de verano, y los océanos vecinos, especialmente el Océano Pacífico, cuyas temperaturas se conservan más frescas (García y Trejo, 1994).

Más del 60% de la precipitación anual en el noroeste de México (Sonora y Chihuahua) ocurre durante la estación monzónica de Julio a septiembre. Por lo tanto, agricultura, ganadería, manejo de agua y otras actividades humanas están organizadas para tomar en cuenta las lluvias monzónicas. Debido al crecimiento de la población urbana, el noroeste de México se ha vuelto muy vulnerable a la variabilidad climática y a los impactos de eventos extremos, especialmente las sequías.

A pesar de la naturaleza periódica de las lluvias monzónicas, hay grandes variaciones en la circulación y en la cantidad de lluvia durante la estación, a menudo conocidas como periodos activos e inactivos. (e.g., Carleton 1986, Higgins et al. 1999, Cavazos et al. 2001). Pequeñas variaciones en el inicio y en la cantidad de las lluvias monzónicas pueden tener un impacto significativo en la sociedad altamente urbanizada del noroeste de México. En vista de la gran demanda por desarrollar impactos de clima regional más realistas y por desarrollar pronósticos estacionales más exactos, este proyecto propone investigar la variabilidad intraestacional de las lluvias monzónicas del noroeste de México durante julio-agosto-septiembre de 1979 a 1997.

Higgins y Shi (2001) documentan que la variabilidad de baja frecuencia (30-60 días), la cual se asocia con la oscilación de Maden-Julian (MJO) en el Pacífico tropical, modula la lluvia monzónica en la región tropical del oeste de México. Por otra parte, Cavazos et al. (2001) reportan que las bandas espectrales en los periodos de 12-18 días y 40 días modulan significativamente la lluvia de verano en el sur de Arizona, sugiriendo que los periodos activos e inactivos del monzón están ligados a variabilidad de baja frecuencia de mecanismos que se desarrollan entre los mares que rodean a México y al sur de Estados Unidos y el continente. La lluvia de verano en el noroeste de México tiene una gran influencia de las interacciones entre el océano-atmósfera-continente del trópico y del subtropico. Por lo tanto, se establece la hipótesis de que así como en el oeste tropical mexicano y en el sur de Arizona la lluvia en el noroeste de México también es modulada por variaciones intraestacionales.

IV.2 CICLONES TROPICALES

Durante la temporada caliente del año, al correrse hacia el norte las celdas de alta presión y, por consiguiente, todo el sistema de vientos, la zona intertropical de convergencia se desplaza hasta unos 20° de latitud norte; en esta zona de gran inestabilidad atmosférica se originan los ciclones tropicales del Pacífico, ya que las aguas relativamente cálidas del Golfo de Tehuantepec y de los golfos centroamericanos contribuyen a incrementar dicha inestabilidad.

Los ciclones son tormentas giratorias que siguen trayectorias variables, pero conservan una dirección general hacia el oeste o noroeste, paralelamente a las costas. Muchos de los ciclones no llegan al litoral, pero su carácter giratorio introduce humedad en la troposfera media que regularmente es seca, humedad que posteriormente es transportada sobre el territorio nacional por los vientos monzónicos dominantes, de los cuales se habló anteriormente, que incrementan en forma considerable la precipitación en las costas del Pacífico y en las laderas de las sierras que ven hacia dicho océano, así como sobre las tierras altas del interior del país.

Si bien la influencia de los ciclones es escasa dentro de la región de estudio debido a que se encuentra "protegida" por importantes cordilleras que la aíslan de las corrientes húmedas generadas en uno y otro océano, además de que las trayectorias directas de los huracanes difícilmente penetran en la región (Figura 30), si existe alguna influencia en la variación climática, esta no se manifiesta de forma directa, tal como lo sugieren los eventos descritos por el CENAPRED (1992) y que se detallan a continuación:

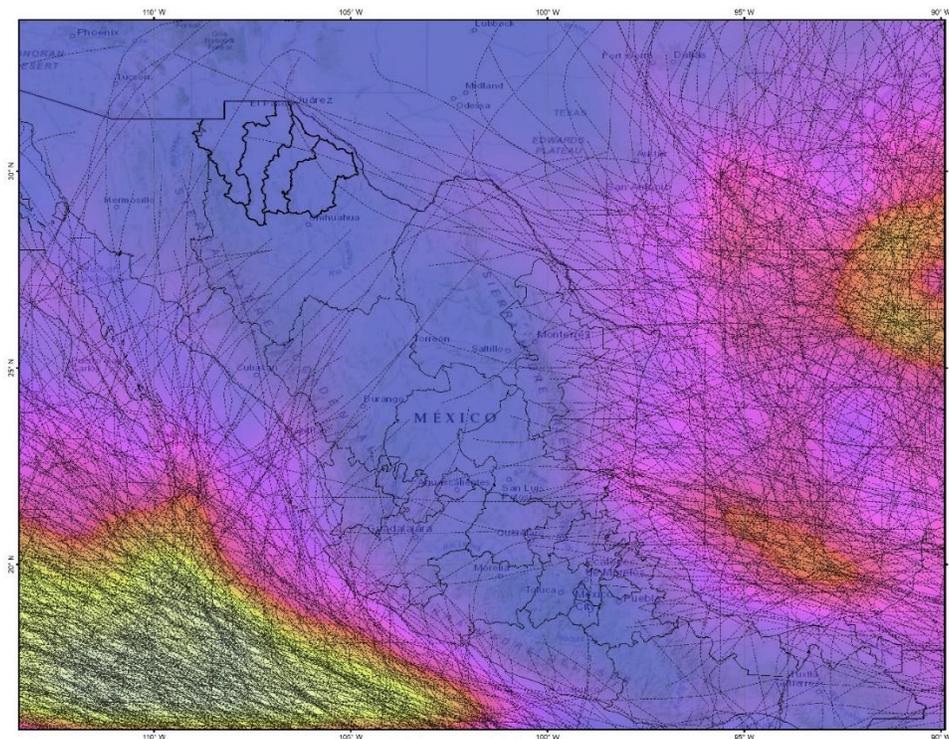


Figura 30. Trayectoria de huracanes 1851-2020 (Knapp, 2018)

Lluvias del 17 al 29 de septiembre de 1959

En forma general la región noreste del México se vio sujeta a lluvias de relativa consideración en agosto de 1959. Dentro de la región en estudio, la subcuenca que registró mayores precipitaciones la de la Laguna Santa María, específicamente en los orígenes de ésta. La magnitud de las precipitaciones fue de 255 mm en la estación Tejolocachic y 211 en Bachiniva durante 13 días. En este mes se registró únicamente un ciclón, el cual ocurrió al sur de la Península de Baja California, aproximadamente a 1,900 km de distancia de la Región Hidrológica 34 (a la cual pertenece la zona de estudio) y se desarrolló en los días del 1 al 3 de ese mes, por lo que no tuvo relación directa con las lluvias del 17 al 29.

Lluvias del 11 al 15 de septiembre de 1961

Estas lluvias fueron locales, como en el caso anterior. Los ciclones ocurridos en este mes se produjeron en fechas diferentes al periodo del 11 al 15 de septiembre y además, en lugares lejanos a la Región. La distribución de la lluvia fue uniforme, a diferencia de del caso anterior, siendo los valores máximos de la precipitación 109 mm en Ascensión y de 60 mm en Moctezuma durante 5 días. Por lo que se puede ver estos valores inferiores a los registrados en el mes de agosto de 1959.

Lluvias de septiembre de 1974

En estas fechas el norte del país se encontraba bajo los efectos de un frente frío estacionario asociado con la intensa nubosidad convectiva, provocando precipitaciones sobre los estados de Chihuahua y Coahuila principalmente. En ese mismo mes los remanentes del ciclón Fifí, después de atravesar el país y llegar al Océano Pacífico dieron origen al ciclón Oriene, que se inició el 21 de septiembre y penetró a tierra firme en el estado de Sinaloa el 24 del mismo mes, para luego disolverse sin llegar a afectar directamente la región. Los máximos valores de estas lluvias fueron de 231 mm durante todo septiembre en la estación Parrita y de 202.6 mm en la estación Anáhuac.

Lluvia de septiembre de 1976

El día 5 de septiembre se produjo en esta región una zona de convergencia que produjo nublados y lluvias, y el día 10 se presentó un frente frío, influyendo estos factores en la generación de crecientes. El único ciclón que se formó fue el Kathleen, el cual estuvo muy alejado de la Región. Los máximos valores de precipitación mensual correspondientes a septiembre fueron de 188.9 mm en la estación Anáhuac y 118.5 mm en el Tintero.

IV.3 EL NIÑO OSCILACIÓN SUR

El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno natural caracterizado por la fluctuación de las temperaturas del océano en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial, asociada a cambios en la atmósfera. El Niño y La Niña son los componentes oceánicos, mientras que la Oscilación del Sur es el componente atmosférico, y ambos dan origen al término El Niño/Oscilación del Sur. Este fenómeno comprende tres fases: El Niño, La

Niña y una fase neutra (OMM⁵, 2014). Los episodios de El Niño suelen empezar a mediados de año con un calentamiento a gran escala de las aguas de superficie en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial y cambios de la circulación atmosférica tropical, es decir, el viento, la presión y la precipitación (Figura 31). En general, El Niño alcanza su intensidad máxima durante el período de noviembre a enero y luego decae a lo largo de la primera mitad del año siguiente. Ocurre cada dos a siete años y puede durar hasta 18 meses. Los episodios intensos y moderados de El Niño producen un calentamiento de las temperaturas medias globales en superficie.

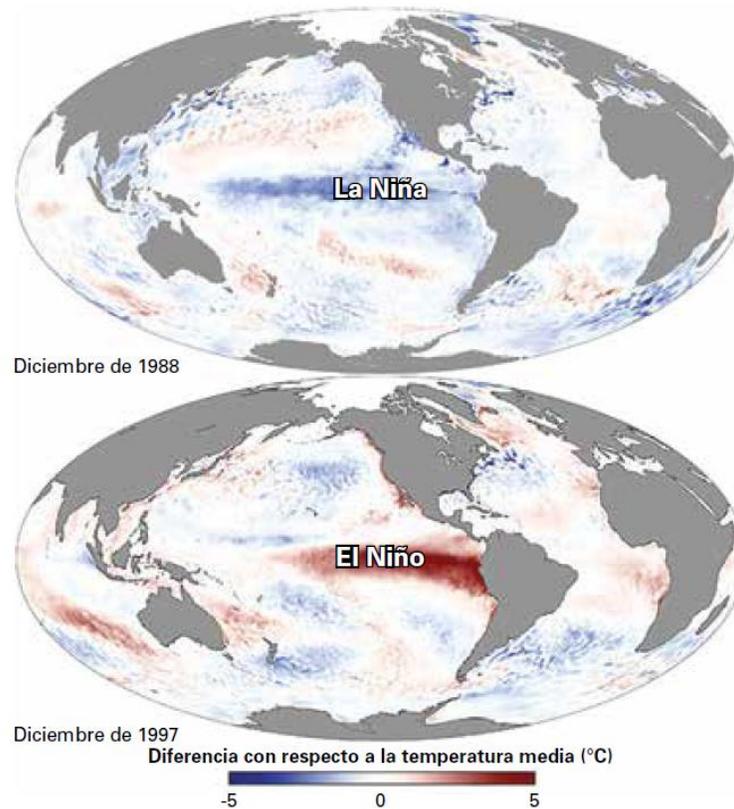


Figura 31. Anomalías de las temperaturas de superficie en el océano Pacífico durante fuertes episodios de La Niña y el Niño (Fuente: Climate.gov de la NOAA)

El fenómeno opuesto de El Niño en el ciclo del ENOS se conoce como La Niña y se trata del enfriamiento a gran escala de las temperaturas de la superficie del océano en la misma región del Pacífico ecuatorial, sumado a una inversión de las condiciones de la atmósfera suprayacente (Figura 32). En muchos lugares, especialmente en los trópicos, La Niña (o episodios de frío) produce las variaciones climáticas opuestas a las de El Niño. Durante las fases neutras del fenómeno del ENOS son más bien otros factores climáticos los que determinan las condiciones atmosféricas.

⁵ Organización Meteorológica Mundial

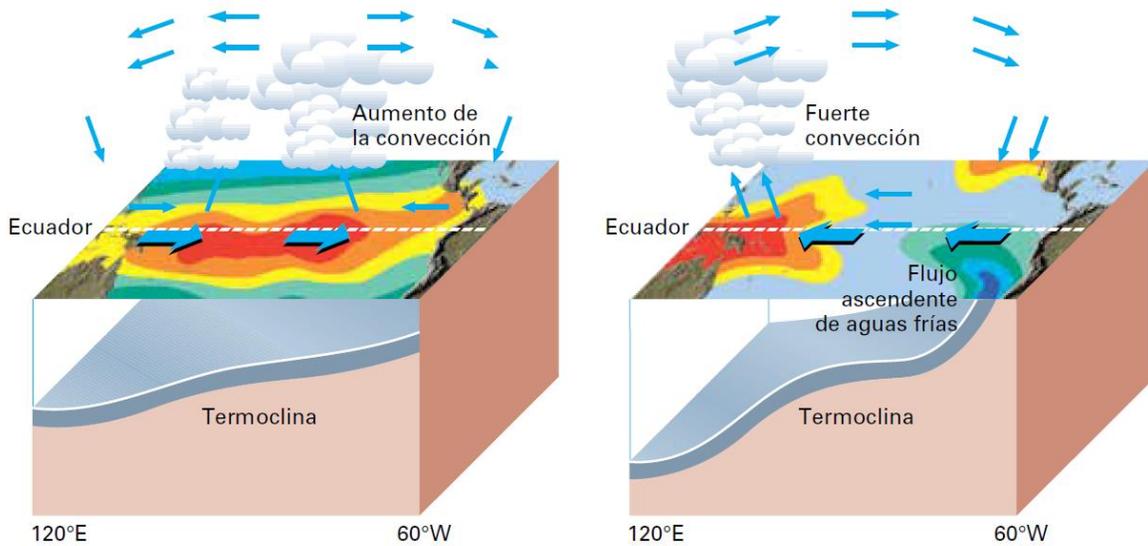


Figura 32. Configuración habitual de la circulación atmosférica durante El Niño (izquierda) y La Niña (derecha).

El Niño, y su contraparte La Niña, modifican también los patrones de precipitación en México. En general, en el noroeste de México durante los inviernos con manifestación de "El Niño", la precipitación aumenta, mientras que en presencia de su contraparte (La Niña) la precipitación disminuye. El desplazamiento hacia el sur de la corriente de chorro subtropical y el aumento en el número de Nortes sobre la parte sur del Golfo de México constituyen algunos de los mecanismos que modulan la variabilidad del clima invernal. Por otro lado, la señal El Niño en verano en México se refleja como déficit de precipitación. Existen varios mecanismos asociados con El Niño que resultan en anomalías negativas de precipitación sobre la mayor parte de México (Magaña et al., 2003).

En México, de manera general podemos decir que las lluvias de invierno en años de Niño se intensifican, como ocurrió durante los inviernos de 1982-1983, 1986-1987 y 1991-1992 y se debilitan durante los correspondientes veranos. Lo opuesto ocurre aproximadamente durante años de La Niña (Cuadro 13). En inviernos de El Niño, la corriente en chorro de latitudes medias se desplaza hacia el sur, provocando una mayor incidencia de frentes fríos y lluvias en las zonas norte y centro de México. El impacto de El Niño en las lluvias de invierno no es siempre el mismo, principalmente cuando se analizan los cambios a nivel regional. Eventos como el de 1986-1987 parecen haber resultado en sólo un ligero aumento de las lluvias del centro del país. Incluso El Niño de 1982-1983, aunque produjo lluvias invernales por encima de lo normal, tuvo un impacto aparentemente menor al del invierno de 1991-1992. Regiones como Baja California Norte o Sinaloa han experimentado algunas de las mayores inundaciones durante años de Niño. La intensidad del más reciente permitió que las lluvias torrenciales de invierno en Baja California fueran pronosticadas desde mediados de 1997 (Magaña et al., 1998).

Durante veranos de El Niño, las lluvias en la mayor parte de México disminuyen, por lo que la sequía aparece. En este periodo, la zona intertropical de convergencia del Pacífico del este, donde existe gran cantidad de nubes profundas y lluvia, tiende a permanecer más cercana del ecuador, por lo que la fuente de humedad

para las lluvias en la costa oeste de México permanece alejada y las lluvias de verano no ocurren como se espera. Por el contrario, en años de Niña las lluvias parecen estar por encima de lo normal en la mayor parte de México, pero especialmente en la costa del Pacífico.

Cuadro 16. Porcentaje de anomalía de precipitación bajo influencia del ENSO en el noreste de México

Estado	Invierno		Verano	
	Niño	Niña	Niño	Niña
Baja California Sur	50%	-25%	70%	-10%
Baja California Norte	0%	-25%	0%	- 5%
Chihuahua	70%	-30%	-10%	0%
Sonora	40%	0%	-20%	0%

Estudios como los de Villanueva et al., 2011, han determinado con técnicas dendrocronológicas, la variabilidad hidroclimática histórica en el norte de México para 500 años y analizado el impacto de patrones atmosféricos circulatorios como El Niño Oscilación del Sur (ENSO) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO). Llegando a la conclusión de que las cronologías regionales de Chihuahua y Durango mostraron una repuesta significativa al efecto de la fase cálida de ENSO para gran parte del periodo 1895-1995 y esta influencia fue mayor en frecuencias de 4 a 16 años. La PDO del periodo estacional junio-agosto también mostró impacto significativo en frecuencias de 4 a 8 años y las reconstrucciones regionales de precipitación para Chihuahua así como para el noroeste y el área limítrofe de Chihuahua, Durango y Sonora, estuvieron significativamente correlacionadas ($R^2= 0.61$, $p < 0.00001$) y mostraron sequías comunes en los periodos 1500-1517, 1566-1573, 1599-1606, 1702-1717, 1751-1768, 1785-1790, 1797-1805, 1859-1868, 1950- 1957 y 1993 a 2000.

Estatus actual del ENOS. En el mes de octubre de 2021, las condiciones oceánicas y atmosféricas en el Pacífico ecuatorial transicionaron a una fase de ENOS - La Niña (Figura 33). Se pronostica que continúe así durante la temporada de verano 2022 con una probabilidad de ~59%; y con un 50-55% de probabilidad de que continúe hasta otoño (SMN, 2022).

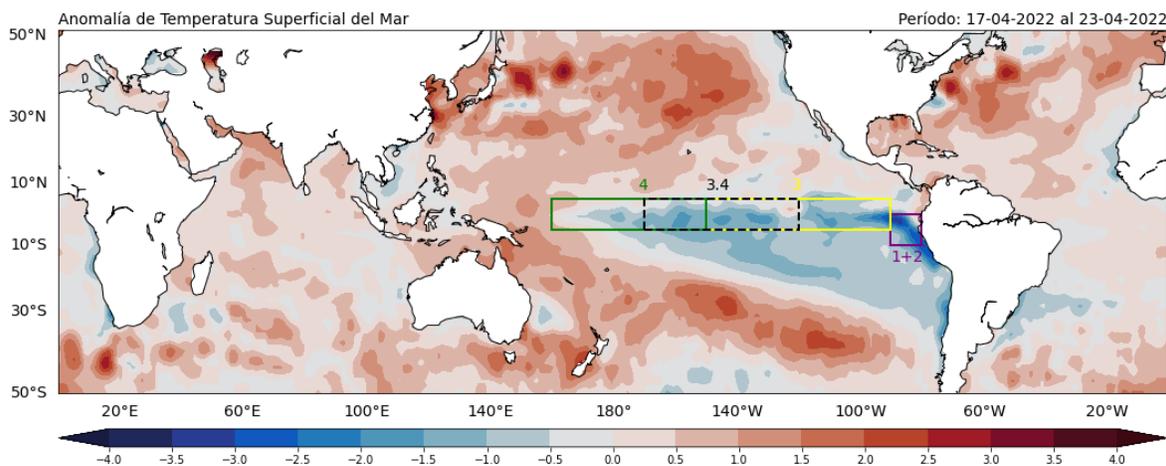


Figura 33. Promedio (superior) y anomalía (inferior) de temperatura superficial del mar (TSM) en °C del 17 al 23 de abril de 2022, respectivamente. Período base: 1981 - 2010. (Datos: ESRL/NOAA).

V Análisis de datos meteorológicos

V.1 BASES DE DATOS METEOROLÓGICAS

Para llevar a cabo la determinación el análisis de la precipitación y temperatura en la región de estudio fue necesaria la revisión de las tres bases de datos meteorológicos más completas disponibles: CLICOM (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada), ERIC III (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua), y Sistema Meteorológico Nacional (SMN). Fueron extraídos los datos de las estaciones con ubicación dentro del área de estudio, requiriendo para ello la corroboración de ubicación y altura, encontrando ligeras discrepancias de la base de ERICIII con respecto a la ubicación de las estaciones en las bases del CLICOM y SMN.

Con la consulta e integración de estaciones de las bases de datos señaladas se obtuvieron un total de 98 estaciones dentro del área de estudio y alrededores próximos. Sin embargo de estas, solo 68 poseen más de 6 años de registros y únicamente 10 tienen registros por 35 años o más (Cuadro 14). Lo cual deja muy delimitada la información viable para un análisis integral del clima regional por Cuenca, sobre todo si se considera que la Cuenca Río El Carrizo y Otros no presenta ninguna estación con más de 25 años de registros.

Cuadro 17. Estaciones con 35 años o más de registros dentro del área de estudio

Estación	Nombre	Latitud	Longitud	AÑOS	Periodo considerado	Cuenca
8001	ASCENCION, ASCENCION	31.093	-107.996	59	1948-1980	Casas Grandes
8004	BACHINIVA, BACHINIVA	28.772	-107.256	56	1942-2012	Santa María
8030*	JUAREZ (SMN)	31.7	-106.5	57	1967-1985	Santa María
8059	EL TINTERO, NAMIQUIPA	29.264	-107.457	35	1948-2013	Santa María
8066	GALEANA, GALEANA	30.113	-107.616	44	1946-1993	Santa María
8091	LA TRASQUILLA	29.736	-107.074	40	1961-2000	Río Del Carmen
8104	NAMIQUIPA, NAMIQUIPA	29.25	-107.409	50	1970-1993	Santa María
8121	SAMALAYUCA, JUAREZ	31.343	-106.476	52	1946-1999	Río Del Carmen
8155	VILLA AHUMADA, AHUMADA	30.619	-106.512	66	1959-1993	Río Del Carmen
8184	NVO. CASAS GRANDES (DGE)	30.413	-107.913	54	1943-1977	Casas Grandes

* La estación 8030 no se encuentra dentro del área de estudio sin embargo por su cercanía y el relieve relativamente plano se considera adecuada para ser incluida en el análisis regional.

En la Figura 34 se presenta la distribución de las estaciones 68 estaciones derivadas de la primera depuración, y tal como se mencionó anteriormente es posible apreciar que la Cuenca Río El Carrizo y Otros cuenta con estaciones que en su mayoría presentan registro de máximo 25 años.

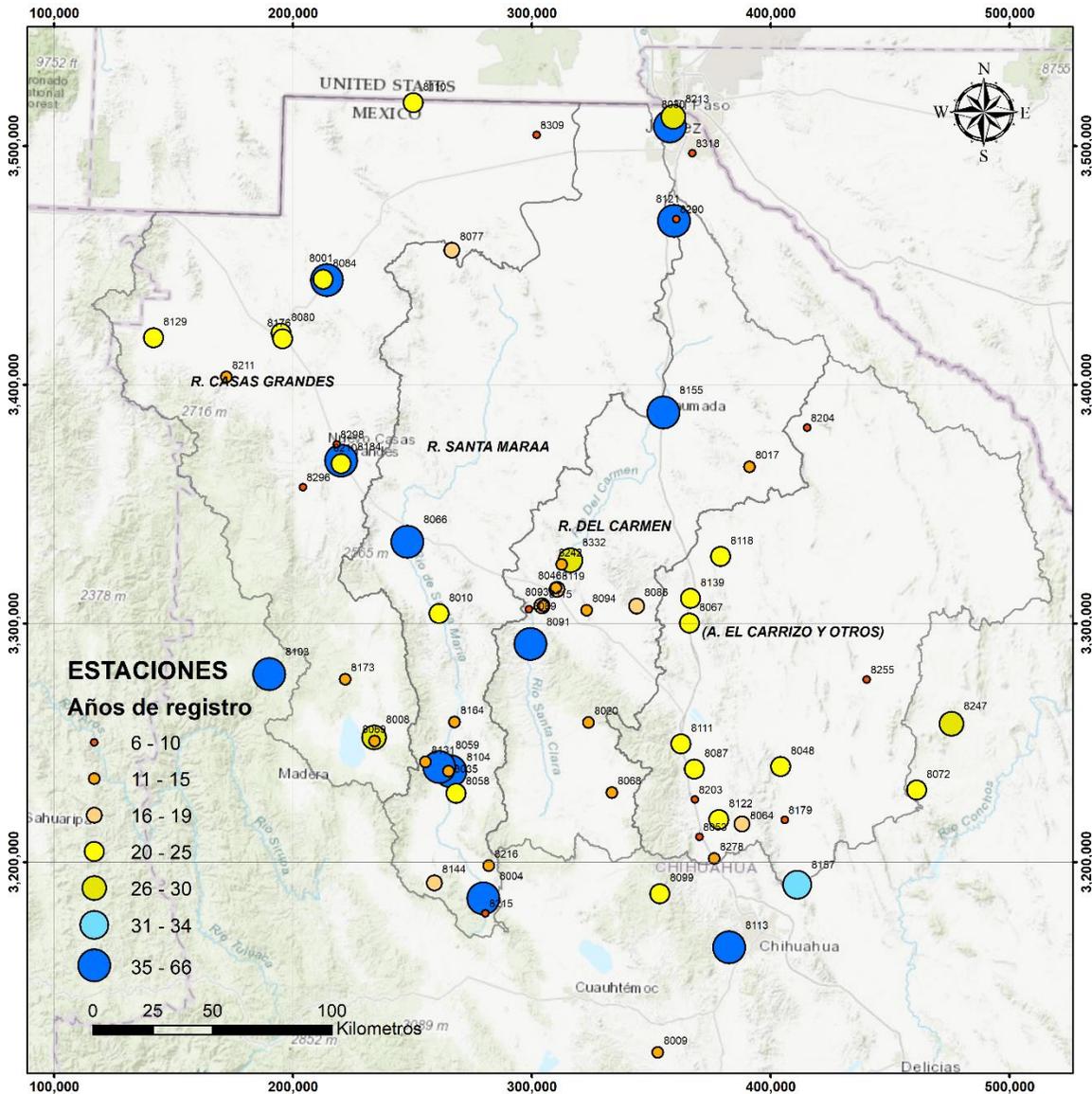


Figura 34. Distribución de estaciones dentro del área de estudio por año de registros

En razón del limitado número de estaciones con más de 35 años de registro en las cuencas de estudio se incluyeron las estaciones con registros de iguales o superiores a los 20 años. Con lo cual el número total de estaciones consideradas para llevar una análisis climático fue de 31, las cuales se presentan en el Cuadro 15.

Cabe señalar que en un principio se consideró incluir 8 estaciones fuera del área de estudio que tienen más 20 años de registros, sin embargo tomando en cuenta las condiciones de relieve en las que se encuentran, la distancia al parteaguas que delimita las cuencas, así como su posición con respecto a las zonas de barlovento y sotavento sólo fueron incluidas 4 (8030, 8072, 8213 y 8247).

Cuadro 18. Estaciones meteorológicas con 20 años o más de registros en el área de estudio

ESTACIÓN	NOMBRE	X	Y	AÑOS	PERIODO	CUENCA
8001	ASCENCION, ASCENCION	-107.996	31.093	59	1948-1980	Casas Grandes
8004	BACHINIVA, BACHINIVA	-107.256	28.772	56	1942-2012	Santa María
8008	BABICORA, GOMEZ FARIAS	-107.741	29.371	30	1957-1987	Casas Grandes
8010	BUENAVENTURA, BUENAVENTUR	-107.472	29.844	25	1967-1993	Santa María
8030	JUAREZ (SMN)	-106.5	31.7	57	1928-1985	Santa María
8048	EL CUERVO, ALDAMA	-105.986	29.285	20	1963-1984	El Carrizo y otros
8058	EL TERRERO, NAMIQUIPA	-107.383	29.167	23	1957-1987	Santa María
8059	EL TINTERO, NAMIQUIPA	-107.457	29.264	35	1948-2013	Santa María
8066	GALEANA, GALEANA	-107.616	30.113	44	1946-1993	Santa María
8067	GALLEGOS, VILLA AHUMADA	-106.387	29.824	25	1942-1987	El Carrizo y otros
8072	GUADALUPE	-105.4	29.2	22	1962-1984	El Carrizo y otros
8080	JANOS, JANOS (SMN)	-108.19	30.888	25	1962-1984	Casas Grandes
8084	ASCENCION (DGE)	-108.013	31.096	20	1967-2011	Casas Grandes
8087	LA CAMPANA, CHIHUAHUA	-106.358	29.272	22	1961-1987	El Carrizo y otros
8091	LA TRASQUILLA	-107.074	29.736	40	1961-2000	Del Carmen
8104	NAMIQUIPA, NAMIQUIPA	-107.409	29.25	50	1923-1993	Santa María
8110	PALOMAS, ASCENCION	-107.636	31.771	22	1961-1987	Casas Grandes
8111	PARRITA, CHIHUAHUA	-106.417	29.367	23	1961-1984	El Carrizo y otros
8118	RANCHO EL 40, AHUMADA	-106.255	30.077	25	1961-1987	El Carrizo y otros
8121	SAMALAYUCA, JUAREZ	-106.476	31.343	52	1946-1999	Del Carmen
8122	SAN ANTONIO, CHIHUAHUA	-106.25	29.083	22	1961-1984	El Carrizo y otros
8129	SANTA ANITA	-108.747	30.856	25	1961-1987	Casas Grandes
8139	SUECO, AHUMADA	-106.383	29.917	21	1962-1982	El Carrizo y otros
8155	VILLA AHUMADA, AHUMADA	-106.512	30.619	66	1903-1993	Del Carmen
8157	VILLA DE ALDAMA	-105.911	28.839	33	1960-1993	El Carrizo y otros
8176	JANOS, JANOS (DGE)	-108.183	30.867	22	1985-2000	Casas Grandes
8184	NVO. CASAS GRANDES (DGE)	-107.913	30.413	54	1943-1987	Casas Grandes
8210	NVO. CASAS GRANDES (DGE)	-107.913	30.401	20	1961-2001	Casas Grandes
8213	JUÁREZ (DGE)	-106.486	31.736	27	1986-2013	Santa María
8247	COYAME (DGE)	-105.25	29.45	30	1974-2011	El Carrizo y otros
8332	LAS LAJAS (SMN)	-106.907	30.055	26	1983-2013	Del Carmen

En la Figura 35 se muestran las estaciones seleccionadas para el análisis regional climático, las cuales cuentan con más de 20 años de registros en todas las variables a considerar (precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media), al mismo tiempo que abarcan la mayor extensión factible en cada una de las cuencas de estudio.

Las estaciones que se encuentran fuera del área de estudio y que han sido integradas al análisis climático regional son aquellas cuya distancia al límite de la cuenca es menor a 20 kilómetros y para las cuales las condiciones de relieve no representan un gradiente altitudinal que pudiera considerar diferencias significativas con respecto a las estaciones más cercanas dentro del área de estudio, estas estaciones son: Estación 8030 Juárez (SMN), Estación 8072 Guadalupe, Estación 8213 Juárez (DGE) y Estación 8247 Coyame (DGE).

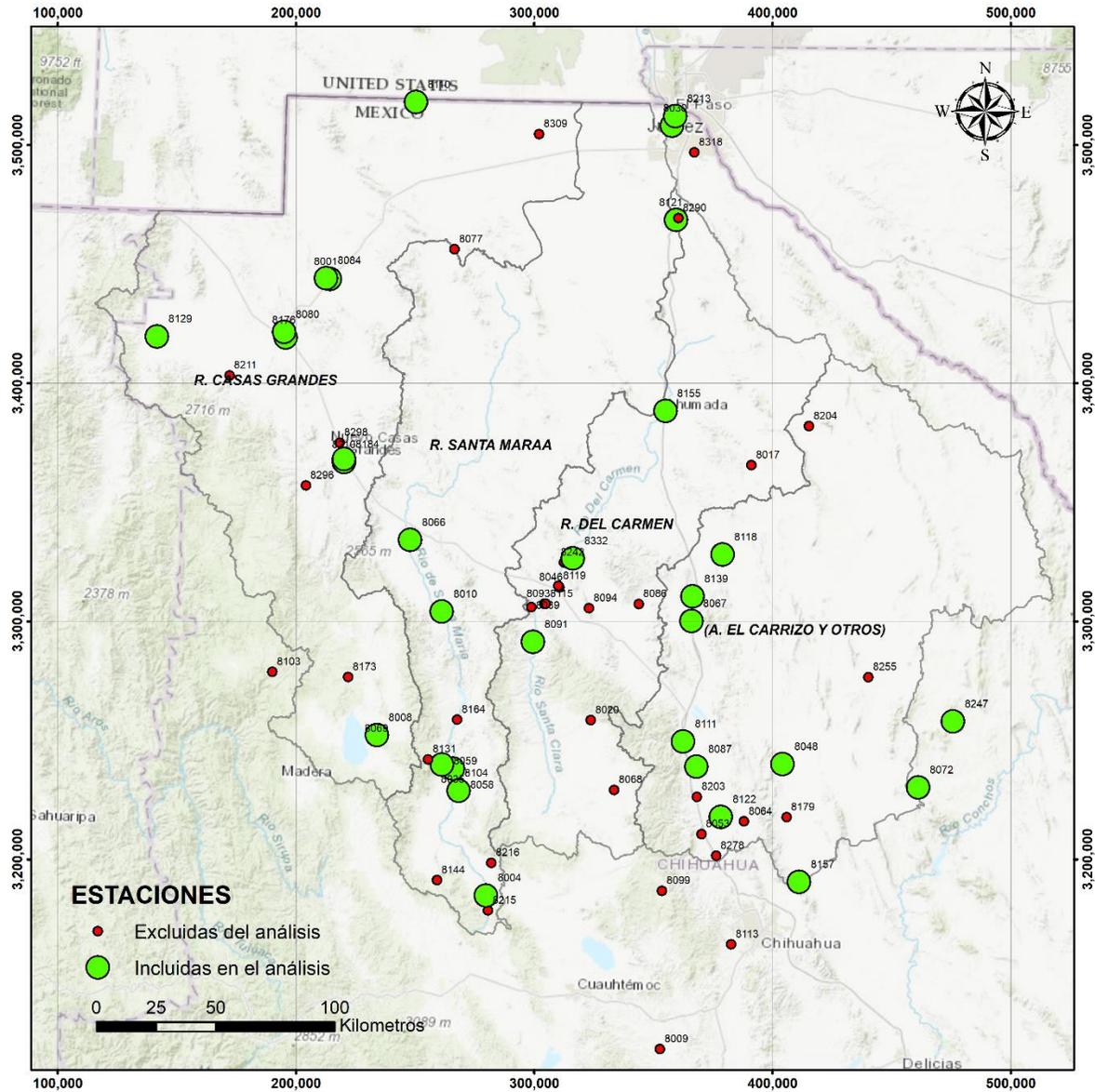


Figura 35. Estaciones seleccionadas para el análisis climático regional

Cabe mencionar que parte importante de la selección de estaciones y su posterior tratamiento fue la determinación de la factibilidad de las mismas con base en el número de registros faltantes, ya que es un elemento que condiciona la adecuada caracterización climática de la zona de estudio. En el Cuadro 16 se plasma el número de registros sin datos o con datos perdidos en las estaciones meteorológicas.

Cuadro 19. Número de registros faltantes por estación para precipitación y temperatura media.

ESTACIÓN	NOMBRE	REGISTROS FALTANTES DE PRECIPITACIÓN	REGISTROS FALTANTES DE TEMPERATURA	AÑOS
8001	ASCENCION, ASCENCION	3	7013	59

ESTACIÓN	NOMBRE	REGISTROS FALTANTES DE PRECIPITACIÓN	REGISTROS FALTANTES DE TEMPERATURA	AÑOS
8004	BACHINIVA, BACHINIVA	44	9308	56
8008	BABICORA, GOMEZ FARIAS	4	9	30
8010	BUENAVENTURA, BUENAVENTUR	77	39	25
8030	JUAREZ (SMN)	833	1278	57
8048	EL CUERVO, ALDAMA	1	6	20
8058	EL TERRERO, NAMIQUIPA	3	40	23
8059	EL TINTERO, NAMIQUIPA	2	2073	35
8066	GALEANA, GALEANA	47	52	44
8067	GALLEGOS, VILLA AHUMADA	2	0	25
8072	GUADALUPE	1	0	22
8080	JANOS, JANOS (SMN)	2	0	25
8084	ASCENCION (DGE)	1091	0	20
8087	LA CAMPANA, CHIHUAHUA	60	0	22
8091	LA TRASQUILLA	1407	0	40
8104	NAMIQUIPA, NAMIQUIPA	35	0	50
8110	PALOMAS, ASCENCION	0	0	22
8111	PARRITA, CHIHUAHUA	4	0	23
8118	RANCHO EL 40, AHUMADA	0	0	25
8121	SAMALAYUCA, JUAREZ	297	0	52
8122	SAN ANTONIO, CHIHUAHUA	4	0	22
8129	SANTA ANITA	1	0	25
8139	SUECO, AHUMADA	0	0	21
8155	VILLA AHUMADA, AHUMADA	85	0	66
8157	VILLA DE ALDAMA	35	0	33
8176	JANOS, JANOS (DGE)	16	0	22
8184	NVO. CASAS GRANDES (DGE)	2	0	54
8210	NVO. CASAS GRANDES (DGE)	28	0	20
8213	JUÁREZ (DGE)	12	0	27
8247	COYAME (DGE)	41	0	30
8332	LAS LAJAS (SMN)	19	0	26

V.2 ANÁLISIS CLIMÁTICO

En términos generales, para el desarrollo del análisis climático regional se llevaron a cabo los pasos determinados en esquema metodológico presentado en la Figura 36. Fue necesario el empleo de técnicas estadísticas para determinar la tendencia de las variables meteorológicas así como el nivel de asociación de estas variables entre estaciones cercanas.

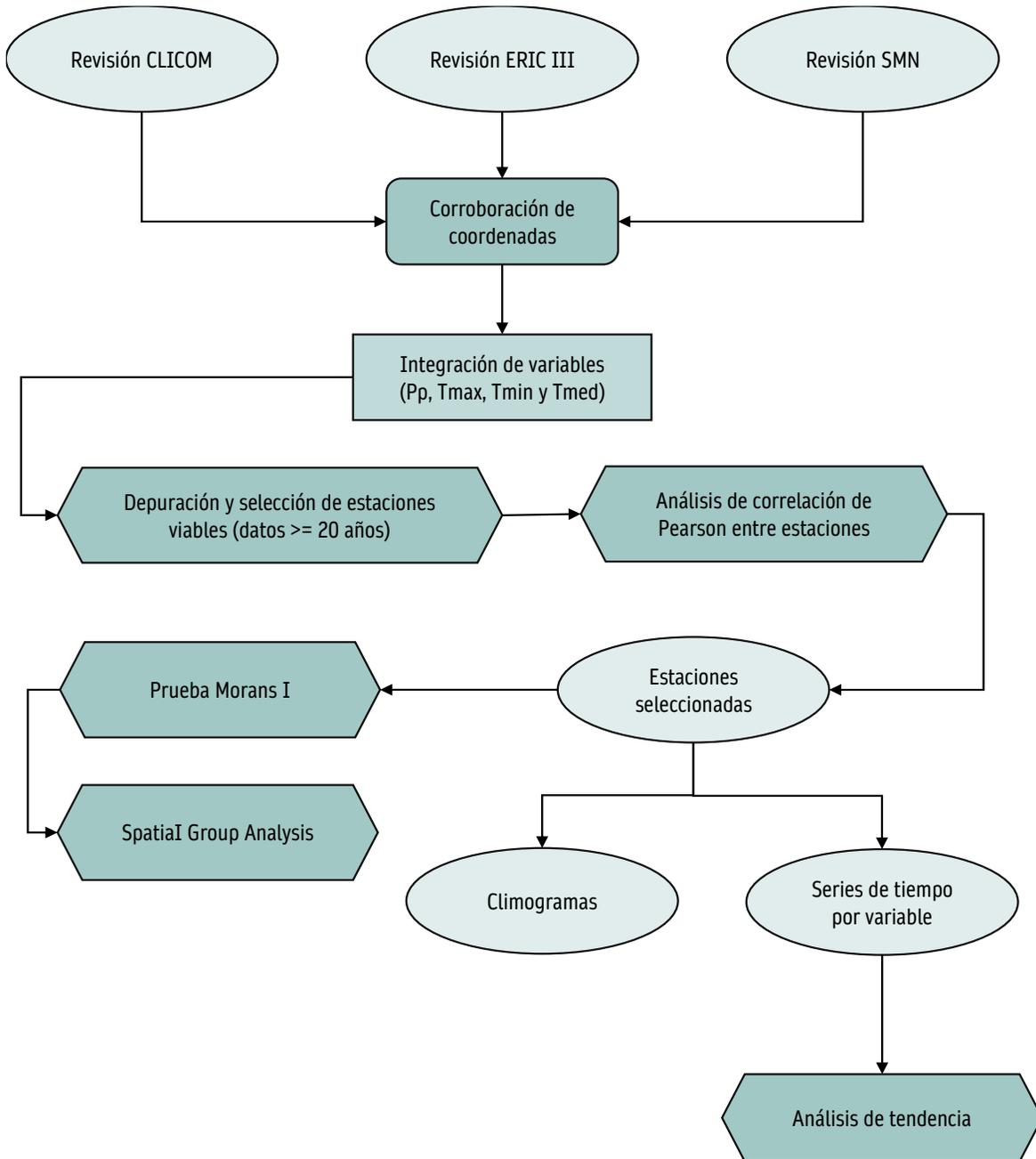


Figura 36. Esquema metodológico empleado para el análisis del clima regional

V.2.1 AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL DE ESTACIONES

Para lograr determinar si en la zona de estudio existe un patrón de distribución espacial para las variables climáticas precipitación y temperatura, se llevó a cabo un análisis de autocorrelación Morans I, en el cual solo se tienen en cuenta los valores de las unidades de análisis determinadas a partir del criterio de vecindad (Willington y Guzmán, 2019) con lo cual es posible describir si existe una dispersión de los valores de las variables o por el contrario se manifiestan de manera concertada en ciertas regiones del territorio de estudio.

Los resultados del índice de Morans I para las variables precipitación y temperatura media señalan un valor de P cercano a cero, por lo cual la probabilidad de que los valores de precipitación y temperatura se distribuyan de forma aleatoria es muy pequeña, esto tiene relación con el valor de z obtenido, el cual es muy pequeño e indica que no se cuenta con suficiente evidencia estadística como para señalar que las variables tienen distribución aleatoria, con lo cual se concluye que los valores tienden a agruparse (Cuadro 17 y Figura 37).

Cuadro 20. Resultados análisis Morans I

PARAMETRO	PRECIPITACIÓN	TEMPERATURA MEDIA
Índice de Morans I	0.649645	0.711127
Índice esperado	-0.014925	-0.014925
Varianza	0.030924	0.032025
Z-score	3.779145	4.057194
p-value	0.000157	0.00005

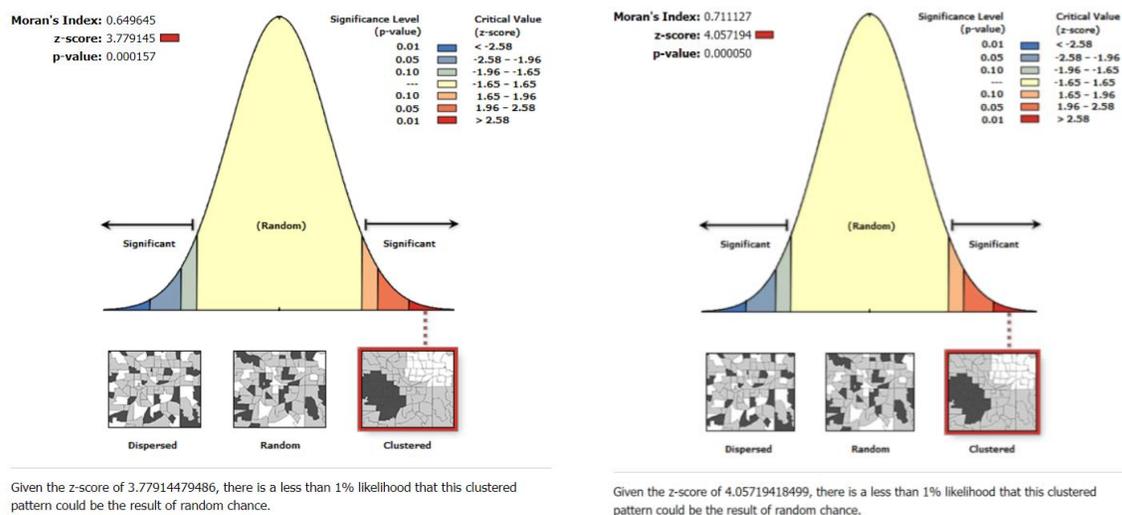


Figura 37. Esquema explicativo de resultados de la prueba de Morans I.

V.2.2 CORRELACIÓN ENTRE ESTACIONES

Para tener una mejor idea de cómo se relacionan las variables de cada una de las estaciones del área de estudio se realizó un análisis de correlación por el método de Pearson, el cual mostró comportamientos

diferenciados en ambas variables, ya que como se muestra en la Figura 38, realmente son muy pocas las estaciones cuyos datos de precipitación muestran una correlación alta.

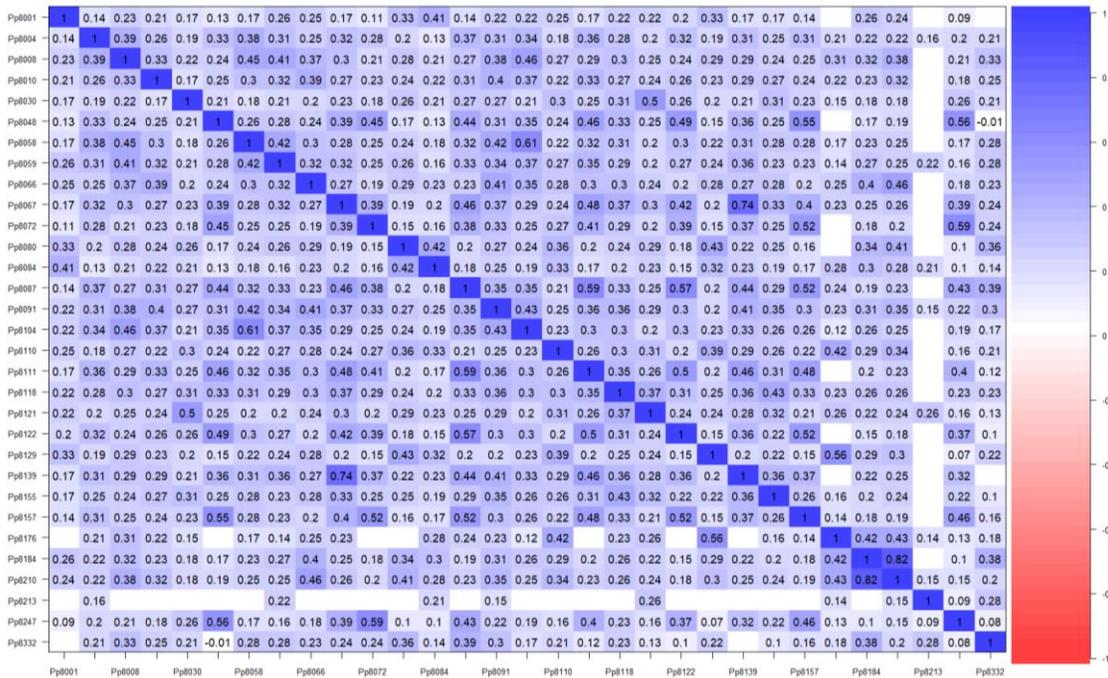


Figura 38. Matriz de correlación entre estaciones para la precipitación

Al contrario de la precipitación, las estaciones meteorológicas de la zona de estudio presentan una alta correlación para la variable temperatura (Figura 39)

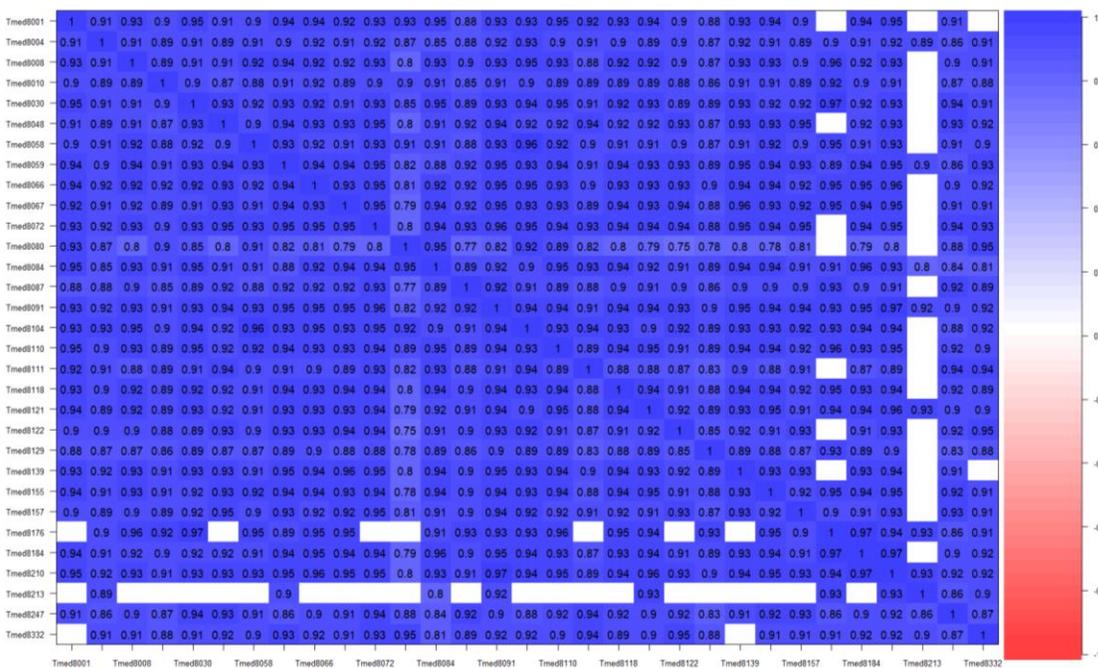


Figura 39. Matriz de correlación para la temperatura media

V.3 ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

Para el análisis de tendencia de las variables climáticas se llevó a cabo la descomposición de las series temporales, en particular de la precipitación y temperatura media. Esto a través de un modelo aditivo en el que se desglosa para la serie observada en tres efectos, la tendencia, la estacionalidad y el componente residual.

La tendencia representa el patrón consistente en todos los datos y por lo tanto representa el comportamiento a largo plazo de la serie. El efecto estacional expresa todos los efectos cíclicos debido a la estacionalidad, es decir sus fluctuaciones periódicas. Finalmente, los residuos son el error de predicción, o la diferencia entre los datos reales y el modelo que ajustamos (Pérez et al., 2021). En la Figura 40 es representada la serie de tiempo de la variable precipitación para la estación meteorológica 8121, manifestando una periodicidad marcada (gráfico estacional), una tendencia prácticamente aleatoria (trend) que se ve confirmada por los residuales (remainder).

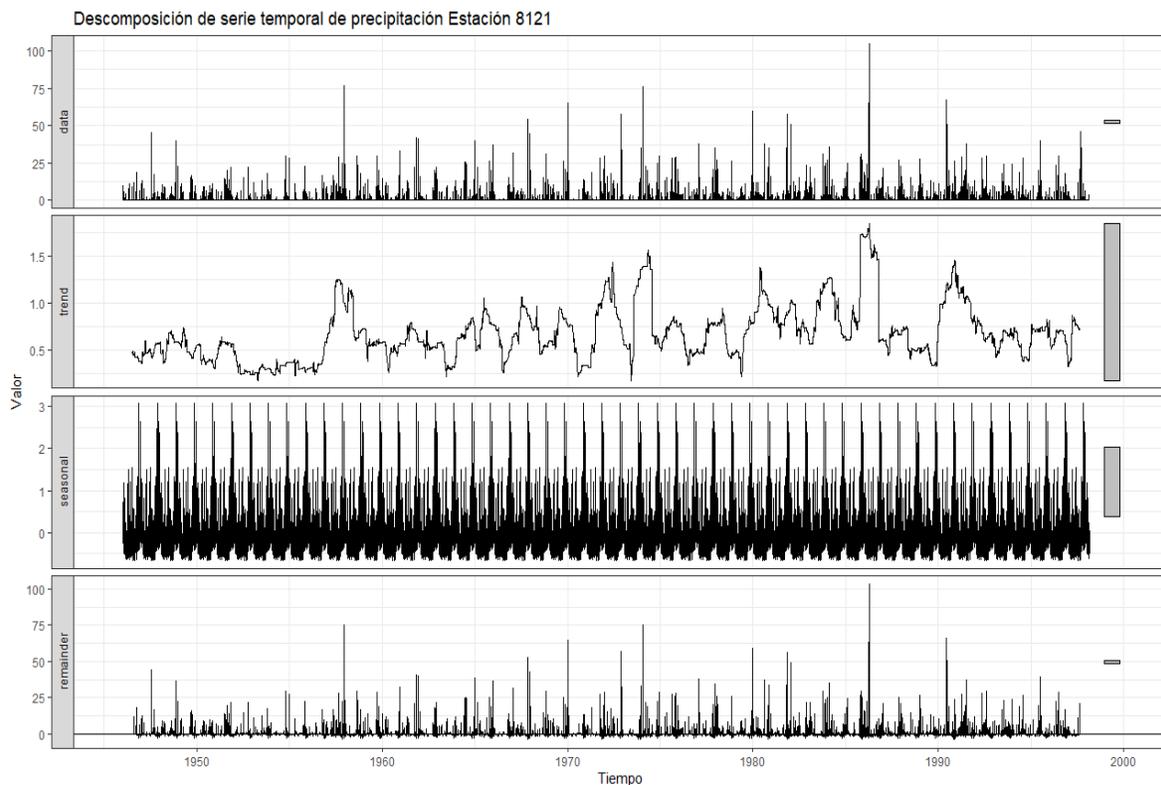


Figura 40. Descomposición de serie temporal para precipitación (Estación 8121)

No obstante que bajo un análisis simple gráfico de la serie temporal de la variable temperatura es posible observar una mayor periodicidad en comparación de la precipitación, la descomposición de dicha serie tampoco manifiesta una tendencia clara en el comportamiento de la variable, patrón que se repite en el resto de las estaciones (ver anexos).

En la Figura 41 se muestra el resultado de la descomposición de la serie temporal, donde se manifiesta su tendencia relativamente aleatoria, su marcada periodicidad que se ve reforzada por residuales más definidos.

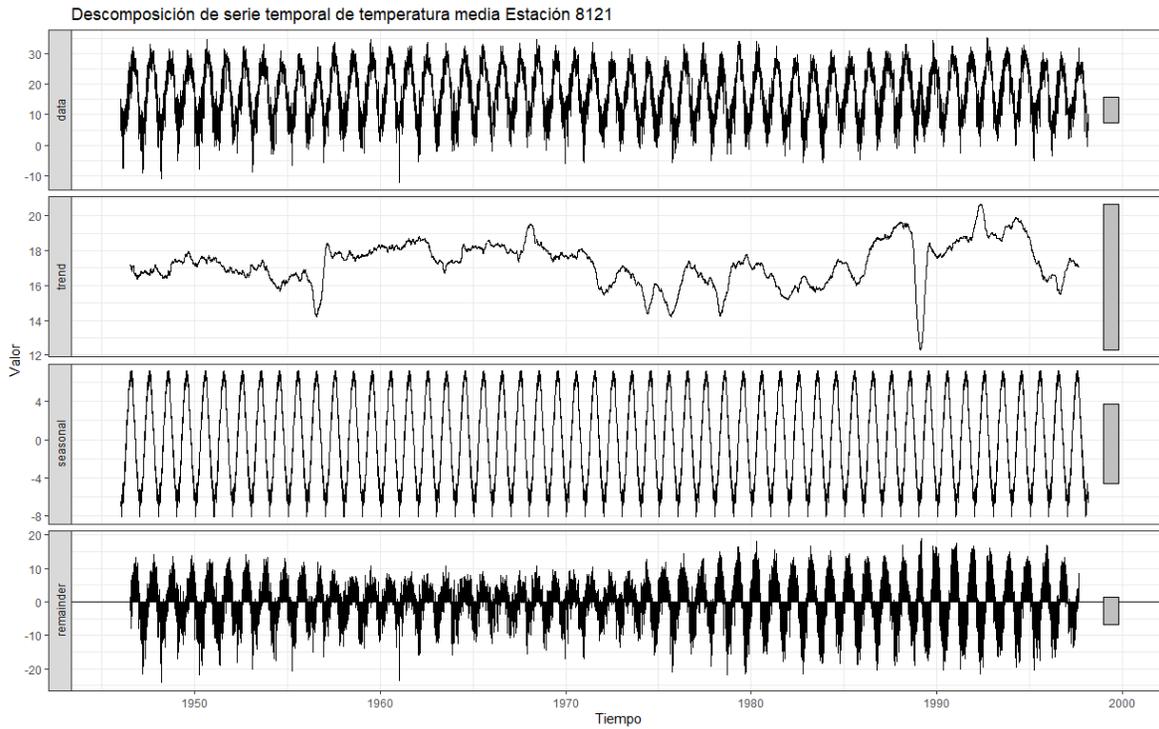


Figura 41. Descomposición de serie temporal para temperatura (Estación 8121)

V.3.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

En la región de estudio la distribución de la precipitación de acuerdo con cartografía de línea base (1961-2000) generada por la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS) de la UNAM, se tiene un rango de precipitación entre 147 mm y 858 mm, siendo el rango de 300 a 400 mm anuales el que se manifiesta en más de la mitad del área de estudio tal como se muestra en el Cuadro 18 y Figura 42.

Cuadro 21. Rangos de precipitación en el área de estudio

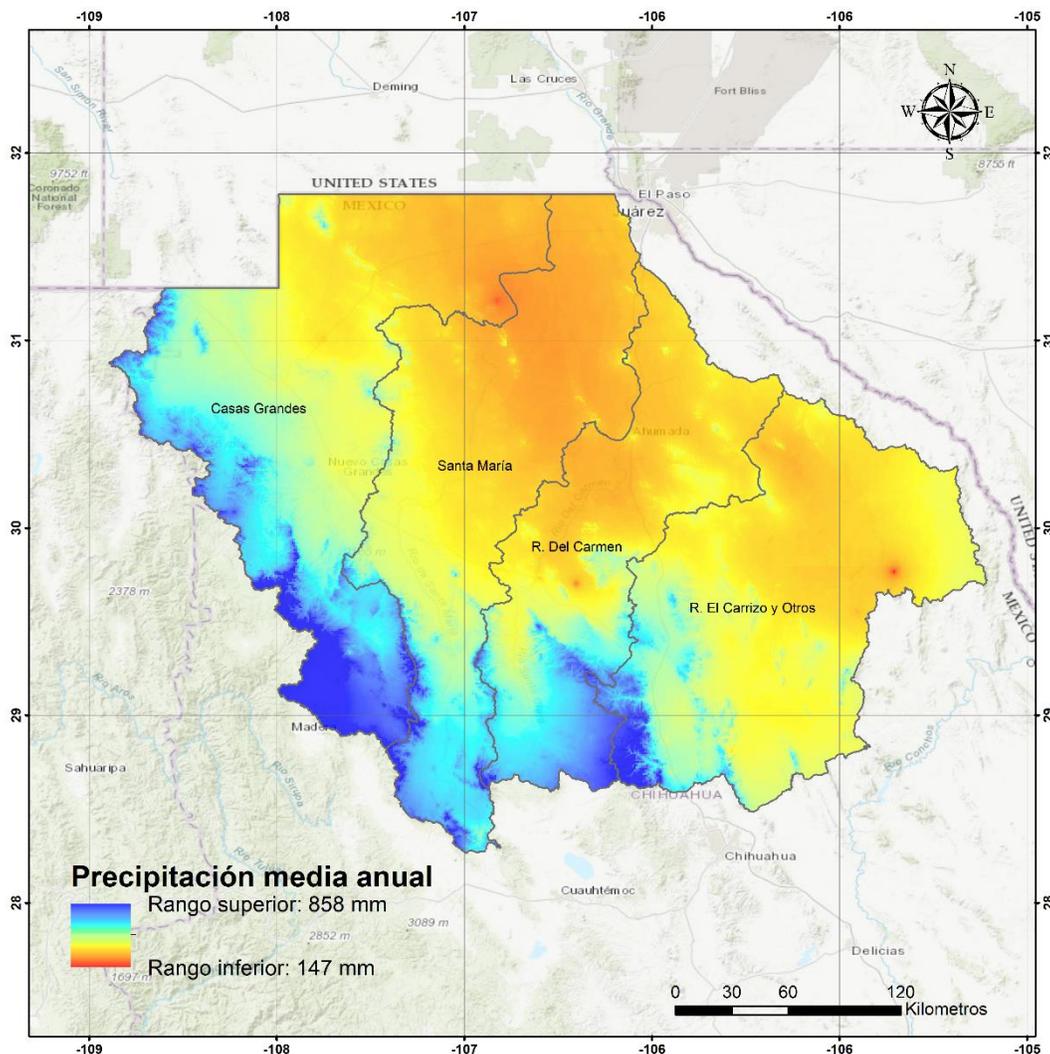
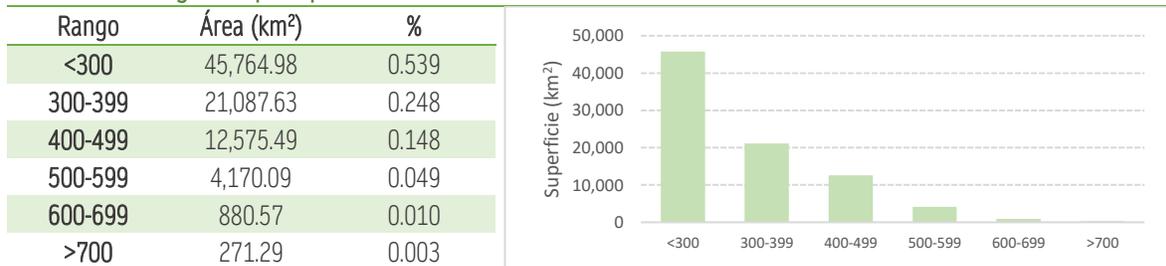


Figura 42. Distribución de precipitación media anual en el área de estudio

El patrón de los rangos de precipitación manifestados en el cuadro anterior es representativo para cada una de las Cuencas que integran el área de estudio, no obstante, la Cuenca El Carrizo y Otros es la que presenta una menor relación precipitación-superficie en comparación con el resto, tal como se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 22. Estadísticas descriptivas de la precipitación en cada una de las Cuencas

Variable	Casas Grandes	Río del Carmen	R. El Carrizo y Otros	R. Santa María
Superficie (km ²)	25,307.50	16,007.81	22,193.45	21,379.15
Mínimo	165	200	147	199
Máximo	858	629	606	702
Rango	693	429	459	503
Promedio	365.79	320.99	309.02	296.93
Desviación Estándar	114.21	90.63	67.07	86.24
Suma (mm)	12,512,536	6,922,272	9,227,639	8,579,039
Variedad	656	384	406	449
Mayoría	238	252	291	225
Minoría	165	204	147	569
Mediana	346	278	291	265
Precipitación (mm/km ²)	494.4	432.4	415.8	401.3

V.3.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

La región de estudio se caracteriza por un rango de temperaturas medias anuales entre 8.9 °C y 18.7 °C con media entre 15 y 16 °C. La distribución de temperaturas en la región, a diferencia de la precipitación, se presenta con un sesgo hacia el rango superior, de tal forma que la mayor parte del territorio (poco más del 60 %) manifiesta una temperatura media anual superior a los 16 °C, tal como se puede apreciar en el Cuadro 20.

Cuadro 23. Distribución de los rangos de temperatura en la región de estudio



La Cuenca Río El Carrizo y Otros es la que presenta el rango de temperatura media más alto, con el máximo rango temperatura media en la región de estudio con 18.7 °C, tal como se puede observar en el Cuadro 21 y el mapa de la Figura 43.

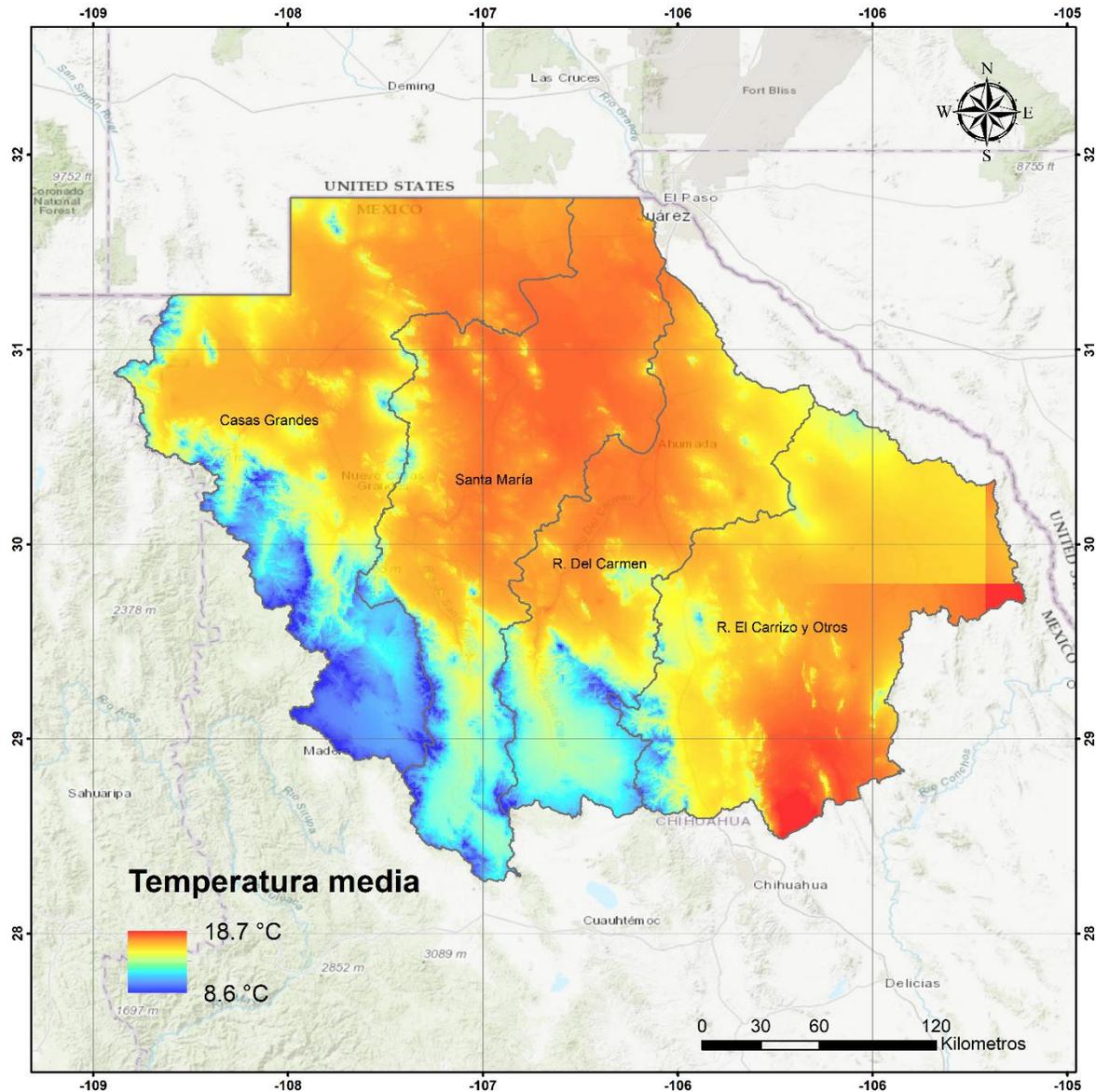


Figura 43. Mapa de temperatura media anual en el área de estudio

Cuadro 24. Estadísticas descriptivas de la temperatura en cada una de las Cuencas

Variable	Casas Grandes	Río del Carmen	R. El Carrizo y Otros	R. Santa María
Mínimo	9.0	9.4	9.8	8.6
Máximo	17.7	17.6	18.7	17.8
Rango	8.7	8.2	8.8	9.3
Promedio	15.2	15.6	16.2	16.2
Desviación Estándar	2.1	1.6	1.1	1.8

V.4 EVENTOS EXTREMOS

V.4.1 PRECIPITACIÓN EXTREMA MENSUAL

En lo que respecta a precipitaciones extremas, en la región de estudio estas suelen presentarse en la temporada de lluvia, principalmente en los meses de julio, agosto y septiembre tal como se muestra en la Figura 44, donde también es posible apreciar que el mayor evento de precipitación ocurrió en el mes de julio, particular en la estación 8066 en el año de 1986.

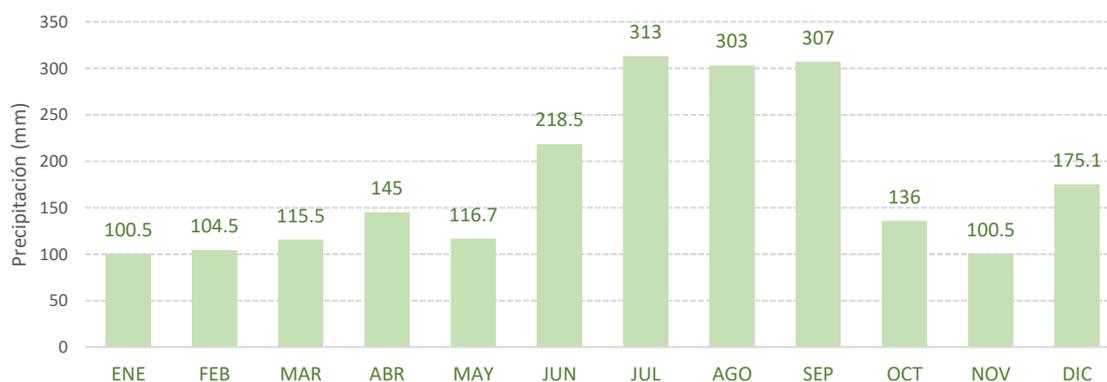


Figura 44. Valores de precipitación extrema histórica para toda el área de estudio

Si bien la gráfica anterior sugiere que existen tres meses con valores semejantes de precipitaciones máximas históricas mensuales, no obstante este es un comportamiento que varía en según la Cuenca. Por ejemplo, la Cuenca Casas Grandes presenta el máximo valor histórico mensual de precipitación en agosto, el cual se registró en la estación 8008, que además es la estación que presenta de igual forma los valores máximos históricos de precipitación en la Cuenca para la mayoría de los meses (Cuadro 22)

Cuadro 25. Precipitaciones extremas en la Cuenca Casas Grandes

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8001	72	36	64.6	28	39.9	37	160.8	185.4	190	126.5	75	96.1
8008	90	80	92	59	45	136	262	303	252	114	80.5	117
8080	11.3	34.3	11.5	34	12.2	68	114.4	122.5	68.3	62	38	112.3
8084	100.5	38	22.2	18.6	82.4	33.8	208.9	132.6	112.6	126.5	31	96.1
8110	34	27.5	27	51	24	47	151.5	128.5	117.5	84.5	100.5	106.5
8129	80	68	84	33	41	76	175	150	103	105	76	97
8176	48	45	36	34	38	74	125	117	113	119	65	62
8184	58.3	45.9	43	47.6	37.2	104.8	196.4	212.6	116.8	93.6	55.9	79.3
8210	61.1	45	28.9	58.3	38	98.5	186	161	98	75.2	55.9	35

A diferencia de la Cuenca Casas Grandes, la Cuenca Santa María presenta la precipitación máxima histórica mensual en el mes de julio (Cuadro 25) y el resto de los valores máximos se dispersa en las demás estaciones.

Cuadro 26. Precipitaciones extremas en la Cuenca Santa María

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8004	62.5	36	40	47.5	41	193.5	237.5	280.5	204.5	113.5	35	42.5
8010	76	77.5	21	31	57.5	69.5	226.2	204	163.5	69	32	57.5
8030	27.9	37	20.4	18.1	19.6	91.3	72	50.4	36.6	59.8	24	45.7
8058	57.5	56	30	34	31	86	292	249.5	288	90	35	59
8059	57	37.5	27.7	98.5	72.5	94.5	155.5	222	190	106	30.5	63.9
8066	56	54.3	44	81	38.5	109	313	183.8	131.3	97.5	52	65.5
8104	84.5	62.7	42	29.5	59	156	201.1	259.5	213.5	126.5	45	156
8213	50	104.5	75.5	54.9	47.9	93.6	191.1	159.2	193.7	110.5	44.9	175.1

En contraste para la Cuenca Río del Carmen el mes con el mayor registro de precipitación máximo mensual es septiembre con 254 mm, siendo el segundo julio con 207.2 mm y en tercer lugar agosto (Cuadro 23), situación que difiere considerablemente de la Cuenca Casas Grandes y Santa María.

Cuadro 27. Precipitaciones extremas en la Cuenca Río del Carmen

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8091	48.5	68.2	28.5	58.5	79.4	108.5	165.1	183.9	214.5	78	22.2	50
8121	50	45	115.5	45	75.5	135	149	156.5	254	98	33	57.5
8155	44	52	105	99.9	116.7	103	207.2	158	157	136	52	81
8332	30	14	20	36	7.5	95.5	151	153	94.5	92.5	27.5	50

La Cuenca Río El Carrizo y Otros presenta el valor máximo histórico mensual en el mes de septiembre, seguida de julio y agosto. Dichos valores máximos se distribuyen de manera dispersa en el resto de las estaciones de la Cuenca (Cuadro 24).

Cuadro 28. Precipitaciones extremas en la Cuenca Río El Carrizo y Otros

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8048	24	51	14	59.5	45	81	180.5	207.5	279.5	102	30	96.6
8067	61	41	21	37	54.5	99	226.5	209	299.6	125.5	28	72
8072	29.5	31	14	35	38	115	153	161.5	273	94	35	41.5
8087	33	56.5	22	68.5	49	218.5	190.5	155.5	307	124	40	64
8111	38.7	43	18.8	57.5	72.6	171.8	175.8	156.3	240.6	82	26.5	46.8
8118	52.5	55	28.5	25	41.5	97.5	137	155	204	93.5	51	42.5
8122	34	41	29	145	61	218	170.5	197.5	300.5	127	33	55
8139	27	39	21	91	46	84	151	145.5	285	82	56	29
8157	60.6	48.5	74.5	82	63	155.5	197	220.6	253.5	87	37	37.5
8247	9	7.5	0	20	22	104.5	132	212.5	271	65.5	36.5	13

V.4.1.1 LLUVÍA MÁXIMA EN 24 HORAS

La determinación de la lluvia máxima en 24 horas es un elemento de análisis importante ya que permite determinar los riesgos de inundaciones por avenidas máximas, que si bien en general el área en el área de estudio las precipitaciones no son muy altas, si pueden llegar a presentar intensidades que ocasionan crecidas de consideración. En este sentido, fueron identificadas las precipitaciones máximas en 24 horas para las estaciones con mayor número de registros en las cuencas de estudio.

En la Cuenca Casas Grandes las precipitaciones máximas en 24 hr a lo largo del año reflejan concordancia con el periodo de lluvias, siendo la maxima lluvia registrada en el mes de septiembre con 90 mm. No obstante, analizando las precipitaciones máximas en las estaciones con mayor cantidad de registros y ajustándolas a una distribución Gumbel fue posible determinar que la precipitación máxima de en 24 hr para un periodo de retorno⁶ de 100 años oscila entre 67 y 83 mm (Figura 45).

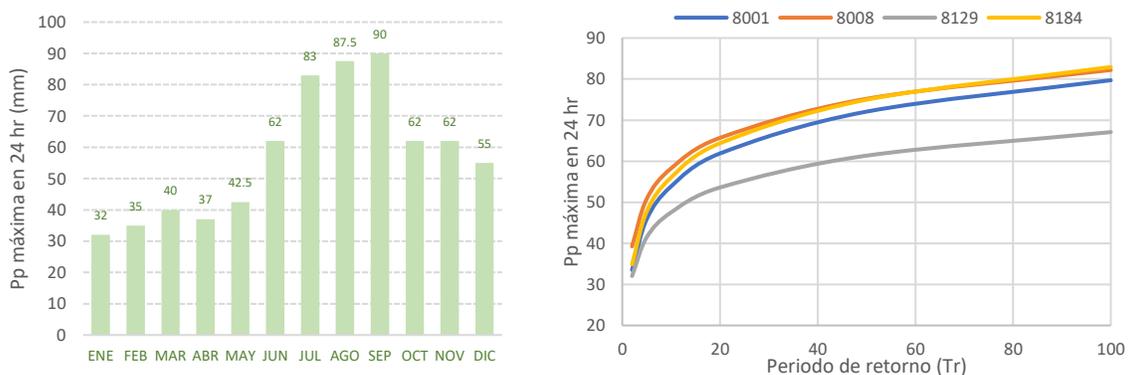
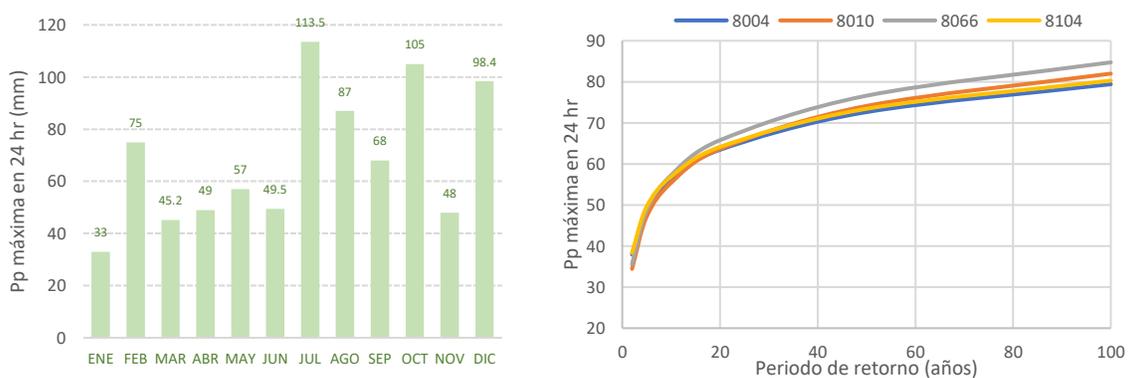


Figura 45. Precipitación máxima en 24 hr (izq) y Periodo de retorno (der) para la Cuenca Casas Grandes

La Cuenca Santa María presenta un comportamiento mucho más variado en cuanto a los meses de ocurrencia de las precipitaciones máximas en 24 hr. El mayor evento se ha registrado en el mes de julio, también ha habido grandes precipitaciones en los meses de octubre y diciembre, es decir, fuera del periodo normal de lluvias. Así mismo el análisis de periodo de retorno para cuatro estacione en la cuenca ajustadas a una distribución Gumbel señala que el evento máximo para un periodo de retorno de 100 años es de 84.7 mm.



⁶ Es el lapso o número de años que en promedio, se cree que será igualado o excedido, es decir, es la frecuencia con la que se presenta un evento.

Figura 46. Precipitación máxima en 24 hr (izq) y Periodo de retorno (der) para la Cuenca Santa María

En la Cuenca Río del Carmen, al igual que la cuenca anterior presente precipitaciones máximas en 24 hr fuera del periodo normal de lluvias, inclusive el máximo registro de 105 mm se presentó en el mes de diciembre. Sin embargo el análisis de periodo de retorno de las tres estaciones con mayor número de registros viables en la Cuenca señala que la precipitación máxima para un periodo de retorno de 100 años es de 84.7 mm (Figura 47),

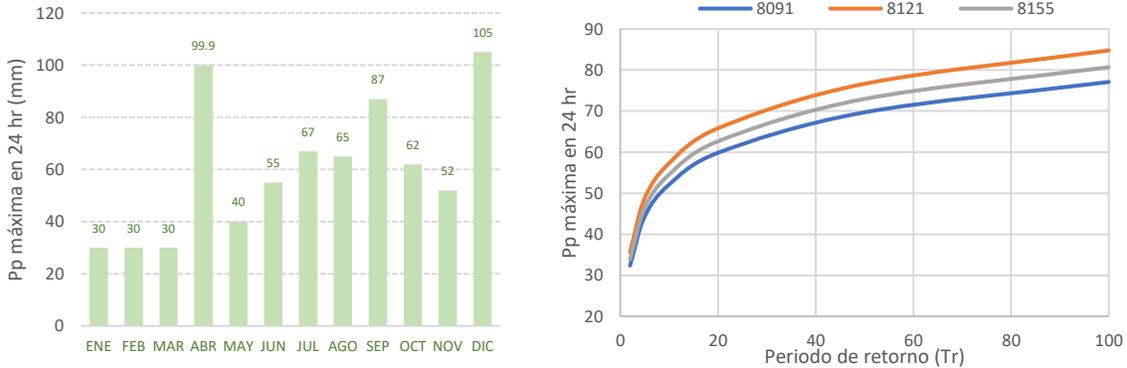


Figura 47. Precipitación máxima en 24 hr (izq) y Periodo de retorno (der) para la Cuenca Río del Carmen

Por último en la Cuenca Río El Carrizo y Otros, las precipitaciones máximas en 24 hr tienen un patrón heterogéneo que sin embargo obedece más a la ocurrencia dentro del periodo de lluvias en comparación de la Cuenca Santa Marí y Río el Carrizo y Otros. La lluvia máxima en 24 hr para un periodo de retorno de 100 años señala una precipitación de 103.1 mm de acuerdo con el ajuste a una distribución Gumbel.

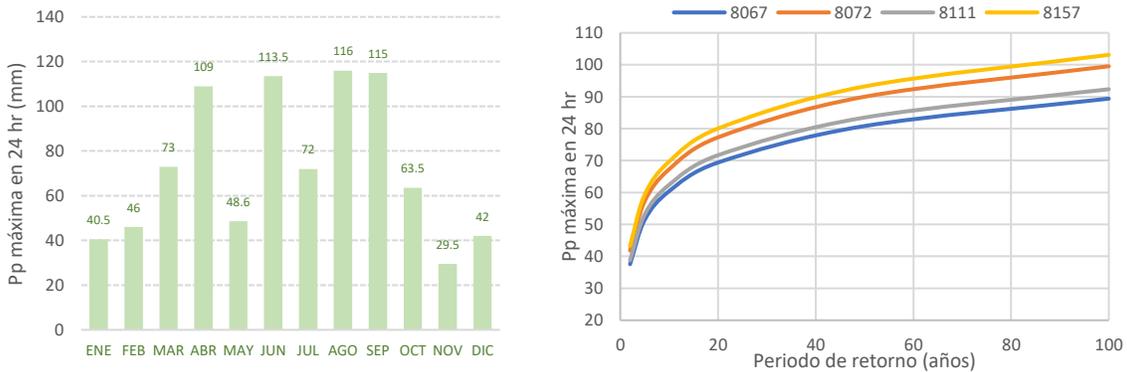


Figura 48. Precipitación máxima en 24 hr (izq) y Periodo de retorno (der) para la Cuenca Río el Carrizo y Otros.

V.4.2 TEMPERATURA MÁXIMA

A diferencia de la precipitación, los eventos de temperatura extrema que se presentan en el área de estudio suelen presentarse con mayor frecuencia durante casi todo el año, además de la diferencia entre la temperatura máxima extrema baja y el límite superior es de 11 °C. La temperatura máxima extrema registrada fue de 55 °C en la estación 8001 Ascensión el 25 de junio de 1994. El segundo registro extremo de temperatura alcanzó los 52 °C y fue registrado en la estación 8155 el 2 de abril de 1908.

En la Figura 45 se presenta el gráfico con los valores de temperatura máxima extrema para cada mes en la región de estudio, siendo el máximo 55 °C y el mínimo 40.4 °C.

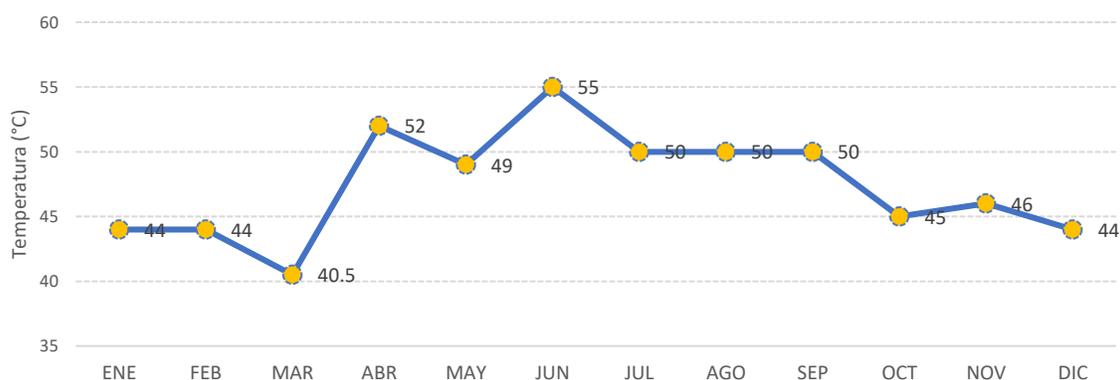


Figura 49. Valores de temperatura maxima extrema para cada mes en la región de estudio

En los cuadros siguientes se presentan las temperaturas máximas extremas para cada mes en cada una de las estaciones dentro de las Cuencas del área de estudio que presentaron registros viables de más de 20 años.

Cuadro 29. Temperatura máxima extrema en la Cuenca Casas Grandes

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8001	36	39	38	44	49	55	50	50	50	45	46	40
8008	26	27	32	33	37	38	39	36	33	29	26	30
8080	26	27	NA	35	37	40	40	NA	NA	NA	29	27
8084	27	31	31	38	39	44	43	40	38	36	31	NA
8110	26	33	31	37	44	45	42	44	39	38	30	27
8129	30	30	38	39	43	47	42	40	40	39	33	32
8176	NA	29	31	36	40	42	NA	NA	NA	NA	NA	NA
8184	31.5	33	33.5	36.5	40	42.8	41.5	39.9	41	39.5	33.5	27.5
8210	28	30	33	36	39	41	39.6	39	37	34	34	28
Máximo	36	39	38	44	49	55	50	50	50	45	46	40

Cuadro 30. Temperatura máxima extrema en la Cuenca Río del Carmen

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8091	35	29	32	37	41	41	41	38	39	36	32	34

8121	29	32	40.5	39.5	45	46	45.5	44	43	38.5	38	31
8155	32.2	34	39.7	52	42	46	45.2	42.2	43	41	36	39
8332	27	31	34	37	39	44	46	43	42	37	33	30
Máximo	35	34	40.5	52	45	46	46	44	43	41	38	39

Cuadro 31. Temperatura máxima extrema en la Cuenca Río El Carrizo y Otros

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8048	30	32	35	39	47	43	44	40.5	39	38	33	30
8067	27	30	31	39	42	49	42	39	37	34	30	27
8072	28	30	35	37	40	43	40	40	39	37	32	32
8087	31.5	39	39	39	39	43	48	39.5	40	39	33.5	31.5
8111	27	29	35	34	38	43	39	38	37	36	33	28
8118	26.5	31	33	35	39	43	42	40	37	34	31	29
8122	29	30	32	35	37	38	38	37	36	32	31	27
8139	27	28	29	33	39	40	40	37	36	32	29	27
8157	29	32	38.5	39.5	43	44	43	42.5	39.5	36.5	33	30
8247	28	NA	33	34	39	42	40	41	38	33	28	27
Máximo	31.5	39	39	39.5	47	49	48	42.5	40	39	33.5	32

Cuadro 32. Temperatura máxima extrema en la Cuenca Santa María

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8004	25	30	31.5	32	36	38	37	37.5	33	32	30	26
8010	29	30	32.5	35	40	40	41	39	38	36	30	29.5
8030	28	29	34	NA	NA	43	45	40.5	39	38	32	28
8058	28	28	32	34	38	42	39	40	39	37	28	28
8059	33	31	32	38	40	41	41	39	38	37	32	31
8066	32	31	34	38	41	44	42	40	40	39	36	29
8104	30.2	28.5	30.8	35.5	39	40	39.2	40	41	37.8	33	30
8213	44	44	34.4	39	42	49	47.3	41.5	41	38	30.1	44
Máximo	44	44	34.4	39	42	49	47.3	41.5	41	39	36	44

V.4.3 TEMPERATURA MÍNIMA

El comportamiento general de las temperaturas mínimas extremas muestra una tendencia mínimos extremos hacia los meses de octubre a marzo, tal como es de esperar una un clima con temporadas de invierno y verano bien definidas en cuanto a temperatura se refiere. En la siguiente figura se muestran los valores mínimos extremos para cada mes observados en el área de estudio. En dicha gráfica es posible observar que para el mes de junio se presenta un valor atípico, el cual probablemente sea un error de medición en la estación de origen.

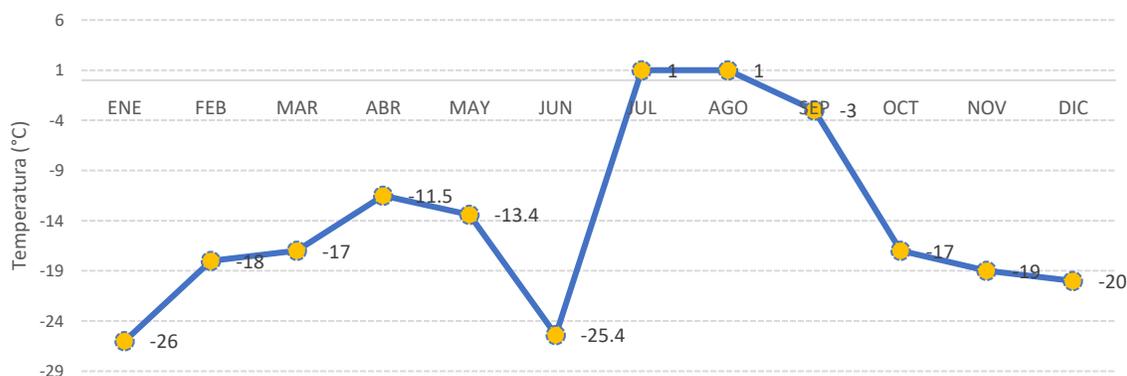


Figura 50. Valores de temperatura mínima extrema para cada mes en la región de estudio

En los siguientes cuadros se desglosan los eventos de temperaturas mínimas extremas registrados en las estaciones del área de estudio para cada una de las cuencas, donde es posible observar la tendencia centralizada de temperaturas menos frías en los meses de junio a agosto.

Cuadro 33. Temperatura mínima extrema en la Cuenca Casas Grandes

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8001	-20	-17	-9	-8.5	-2.5	-9	2	3	0	-17	-15	-20
8008	-26	-17	-15	-9	-7	-4	6	4	-3	-8	-16	-19
8080	-9	-7	-7	-3	3	9	15	9	8	NA	NA	NA
8084	-16	-11	-13	-6	-2	8	8	9	4	-5.5	-9	-12
8110	-17	-14	-11	-5	0	5	10	10	2	-5	-19	-13
8129	-19	-12	-14	-5	1	2	5	6	4	-8	-9	-17
8176	-10	-7.5	-7	-11.5	-7	2	2	2	1	-4	-12	-13
8184	-21.5	-11.5	-8	-5	-0.5	5	9	7	3.3	-6	-11	-14.8
8210	-21	-9.2	-9	-3.2	0	2	10	12	5	-4	-7	-10
	-26	-17	-15	-11.5	-7	-9	2	2	-3	-17	-19	-20

Cuadro 34. Temperatura mínima extrema en la Cuenca Río del Carmen

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8091	-20	-10	-10	-5	0	8	10	3	5	-4	-11	-13
8121	-20.5	-15	-10.5	-6	-1	4.5	2	10.5	1	-5	-14.5	-18.5
8155	-21	-18	-17	-11.4	-13.4	-25.4	10	8	2	-5	-18	-16.5
8332	-14	-8	-6.5	-3	1	7	11	9	4	-2	-7.5	-10
	-21	-18	-17	-11.4	-13.4	-25.4	2	3	1	-5	-18	-18.5

Cuadro 35. Temperatura mínima extrema en la Cuenca Río El Carrizo y Otros

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8048	-12.5	-12.5	-9	-8	1	9	9	10	5	-5	-9	-13.5
8067	-22	-16	-13	-9	-6	3	8	8	-1	-10	-17	-19
8072	-17	-13	-9	-5	1	2	10	10	5	-5	-9	-14

8087	-19.5	-15	-11.5	-5	-1.5	1.5	9.5	10	3	-6	-9.5	-14.5
8111	-15	-12	-9	-5	1	3	4	2	2	-6	-11	-13
8118	-26	-14	-15	-10	-5.5	5	10	8	0	-7	-13	-17
8122	-18.5	-13	-14	-8	-5	2	8	1	1.5	-8	-12	-16.5
8139	-26	-17	-14	NA	-5	4	8	5.5	0	-10	-14	-18
8157	-14	-8	-6	-8	2	7.5	9	7	6	-3	-7	-11.5
8247	-8	-9	-5	-3	3	11	14	9	6	-3	-8	-8
	-26	-17	-15	-10	-6	1.5	4	1	-1	-10	-17	-19

Cuadro 36. Temperatura mínima extrema en la Cuenca Santa María

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8004	-14	-12	-12	-6.5	-2	1	2	8	2	-7	-11	-16
8010	-14	-10	-10	-5	0	6	1	9	4	-8	-10	-12
8030	-9	-2	-2	2.5	8	12	17	NA	10	0	-3	-9
8058	-16	-14	-11	-9	-5	2	5	5	-1	-9	-12	-14
8059	-16.6	-13	-12	-6	-1	1	9	9	2.5	-6	-11	-13
8066	-26	-17	-11	-9	-1	1	6	1	2	-9	-13	-14
8104	-17	-15	-14	-9.5	-11	1	7	4	-2	-10	-14.2	-18
8213	-16	-12	-13	-4.9	1	2	2	1	1.1	-3	-13.4	-16
	-26	-17	-14	-9.5	-11	1	1	1	-2	-10	-14.2	-18

V.4.4 HELADAS

Las heladas son uno de los fenómenos ambientales que más dañan la agricultura en muchas regiones de la República Mexicana. Pueden originar la destrucción parcial o total de cultivos, así como retardo o terminación de la formación del cultivo. Mucho del daño que ocasionan podría minimizarse si se conocieran las características de su distribución, formación y evolución, y a partir de tal conocimiento planear mejores estrategias y técnicas de defensa contra la adversidad (Romo y Arteaga, 1983).

Desde el punto de vista meteorológico, se produce una helada cuando la temperatura del ambiente desciende 0 °C o menos. En cambio un enfoque agrometeorológico define a la helada como un descenso de la temperatura ambiente que mata los tejidos vegetales. Esta definición implica dos condiciones, las meteorológicas y las biológicas, como: tolerancia propia del cultivo o variedad de éste, etapa de desarrollo y condiciones fisiológicas y sanitarias (Bagdonas et al., 1978). El valor práctico de esta última definición se reduce a la zona de observación y no permite generalizaciones, por ello se recurre a la definición meteorológica con el fin de identificar la helada a nivel regional (Campos, 2005).

Con el fin de identificar los periodos con heladas y libres de heladas en el área de estudio fueron analizadas las temperaturas mínimas de las estaciones con el mayor número de registros por Cuenca. Se llevó a cabo la estimación de probabilidad de heladas con un modelo probabilístico, en el cual se consideraron para cada

estación representativa y año la fecha de última ocurrencia de helada temprana y fecha de primera ocurrencia de helada tardía. Para el cálculo de la probabilidad de heladas se determinó el valor de Z estandarizada:

$$Z = \frac{(X_i - \mu)}{\sigma}$$

Donde Z = valor estandarizado, μ = media y σ = desviación estándar.

En este proceso se revisaron las temperaturas mínimas diarias durante febrero, marzo y abril, se registró el último día de ocurrencia de temperaturas menores o iguales a 0 °C. Se ordenaron de la fecha más temprana a la más tardía. Se asignaron rangos, se obtuvo el promedio, desviación estándar de los rangos y estimó el valor estandarizado (z). Una vez obtenido el valor estandarizado, se utilizó la tabla de valores de probabilidad acumulada (f) para la Distribución Normal Estándar y con ello transformar el valor estandarizado a la probabilidad de Z. Por último, este valor se restó de uno, el resultado es la probabilidad de heladas para cada día calculado.

Para la Cuenca Casas Grandes se analizó la estación 8084, ya que por su ubicación y número de registros se consideró adecuadamente representativa para la cuenca. Se obtuvo un Periodo Libre de Heladas de 113 días, presentándose evento más extremo para la primera mitad del año el 2 de junio, mientras que la primera helada tardía extrema se presenta el 23 de septiembre. La media de ocurrencia de heladas para el periodo de tiempo analizado. En la Figura 51 se presenta la probabilidad de heladas a lo largo del año en para la Cuenca Casas Grandes

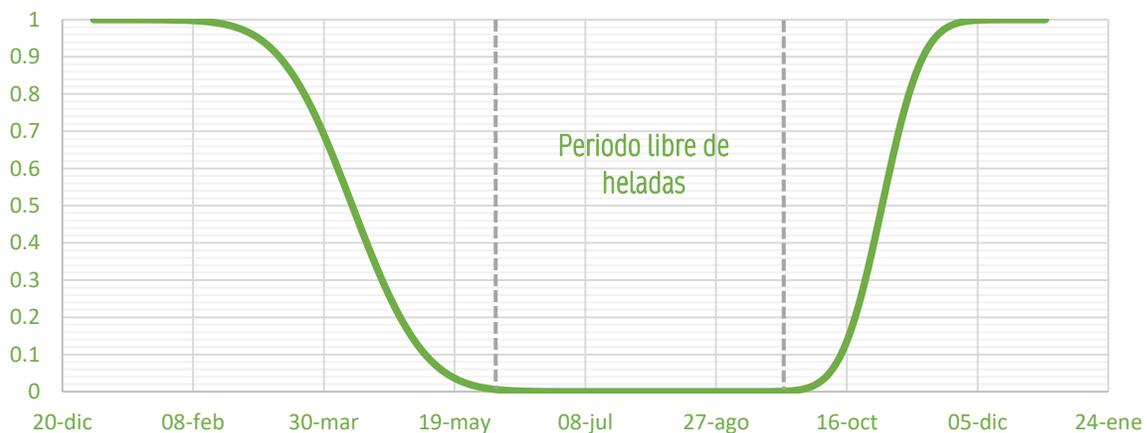


Figura 51. Curva de probabilidad de heladas para la estación 8084 en Cuenca Casas Grandes

En lo que respecta a la Cuenca Santa María la estación de análisis seleccionada fue la número 8066, en esta las heladas del periodo invernal terminan en promedio el día juliano 102, fecha que corresponde al 12 de abril, llegando a tener una probabilidad de heladas cercano a cero hasta mediados del mes de mayo. El segundo periodo de heladas del año comienza el día juliano 307 equivalente al 2 de noviembre, teniendo de este modo un periodo libre de heladas promedio de 204 días y mínimo de 153 días, por lo que el periodo de heladas máximo que se puede presentar es de 212 días (Figura 52).



Figura 52. Curva de probabilidad de heladas para la estación 8066 Cuenca Santa María

La Cuenca Río del Carmen presenta una de las estaciones (8121) con el periodo libre de heladas más extenso de la zona de estudio, el cual en promedio abarca 213 días. Las heladas de la primera mitad del año finalizan en promedio el día juliano 93 (3 de abril), teniendo una desviación estándar de 16.42 que hace que dicho periodo pueda extenderse hasta el día juliano 134 (14 de mayo). El inicio del periodo de heladas en la segunda mitad del año comienza en promedio el día juliano 307 (2 de noviembre) con una desviación estándar de 12.45, la cual implica que pueda adelantarse al día 282 (9 de octubre) o atrasarse hasta el día 333 (29 de noviembre). De tal forma que el periodo libre de heladas puede tener una extensión mínima de 148 días o una duración máxima de 271 días (Figura 53).



Figura 53. Curva de probabilidad de heladas para la estación 8121 en Cuenca Río del Carmen

En la Cuenca Río El Carrizo y Otros la estación representativa para el análisis presenta el final de la temporada de heladas para la primera mitad del año el día juliano 115 (25 de abril) con una desviación estándar 15.07, lo cual implica que dicho final se puede adelantar al día juliano 91 (1 de abril) o por el contrario extender hasta el día 148 (28 de mayo). Teniendo un periodo libre de heladas con duración promedio de 182, el cual puede reducirse a 118 días o extenderse hasta los 240 días (Figura 54)

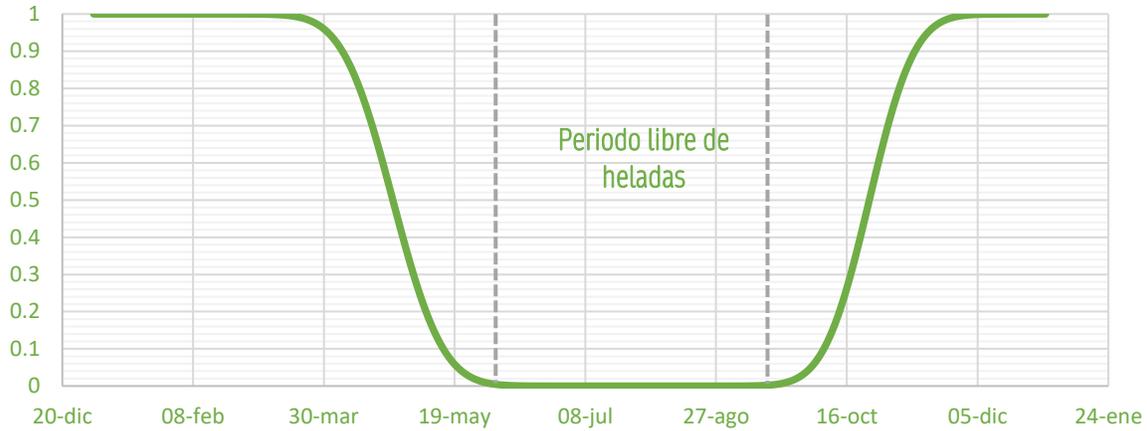


Figura 54. Curva de probabilidad de heladas para la estación 8067 en Cuenca Río El Carrizo y Otros

V.4.5 SEQUÍAS

El Monitor de Sequía en México derivado del Sistema Meteorológico Nacional ha monitoreado la sequía en México desde el año 2002, generado e integrando bases de datos de los municipios que han sido afectados por alguna condición desde anormalmente seco (D0) hasta sequía excepcional (D4).

Consultando dicha base y seleccionando los 23 municipios dentro de la región de estudio, es posible observar para el periodo 2004-2020, la manifestación de sequías anormalmente secas (D0) en periodos cíclicos con frecuencia de 1 a 2 años y que comúnmente impactan en más de la mitad del área de estudio. Mientras que la menor frecuencia corresponde a la presencia de sequía extrema (D3) y excepcional (D4) y que suelen manifestarse en una porción menor del territorio, en comparación de las sequias menos severas. Sin embargo, tal como se puede observar en la Figura 55 entre el 31 de enero de 2011 y 31 de enero de 2012 se manifestó una sequía excepcional que afectó a prácticamente todos los municipios que integran el área de estudio

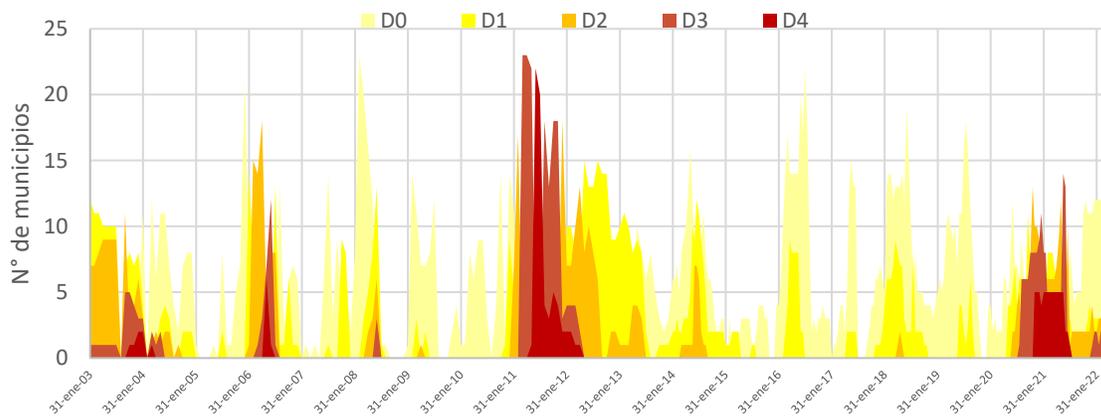


Figura 55. Valores de temperatura maxima extrema para cada mes en la región de estudio

El periodo de sequía más reciente se ha manifestado en el invierno de 2020 y 2021, el cual está altamente influenciado por la presencia del fenómeno de la Niña, haciendo que en los pronósticos indique que aún no se haya terminado del todo. La extensión de la sequía extrema más reciente en el área de estudio se presenta

en la Figura 56, donde la parte norte de las Cuencas Casas Grandes y Santa María se presentó una intensidad de sequía excepcional (D4), mientras que la mayor parte de la superficie del resto de cuencas una sequía extrema (D3)

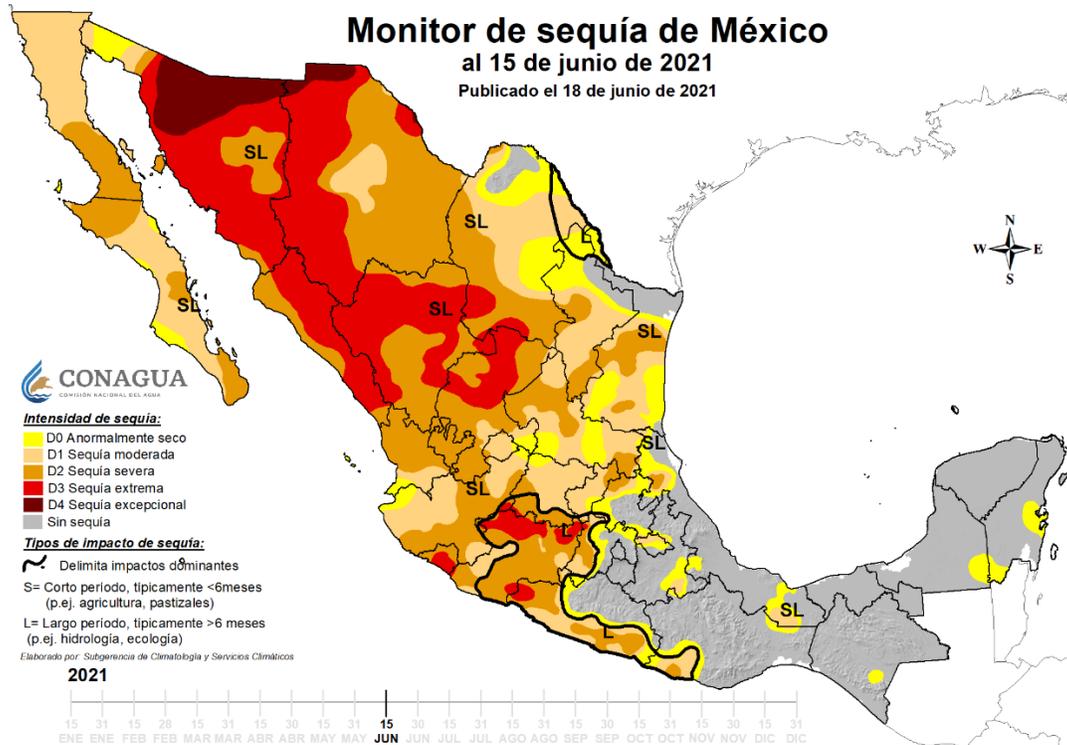


Figura 56. Mapa de intensidad de sequía en la República Mexicana para el 15 de junio de 2021.

VI Tendencias climáticas en las cuencas

La Comisión de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial (CCI/OMM) y el Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI) han propuesto 27 índices para la detección y monitoreo de cambios en los extremos del clima. Los índices proporcionan información para monitorear cambios en los eventos climáticos extremos (Cuadro 1).

Cuadro 37. Índices de detección de cambio climático (ETCCDI)

Índice	Definición
--------	------------

Temperatura	
FD0	Días de helada
SU25	Días de verano
ID0	Días de hielo
TR20	Noches tropicales
GSL	Duración de la estación de crecimiento
TXx	Máximo de temperatura máxima
TNx	Máximo de temperatura mínima
TXn	Mínimo de temperatura máxima
TNn	Mínimo de temperatura mínima
TN10p	Noches frías
TX10p	Días fríos
TN90p	Noches cálidas
TX90P	Días cálidos
WSDI	Duración de periodos cálidos
CSDI	Duración de periodos fríos
DTR	Rango diurno de temperatura
Precipitación	
RX1	Máximo de precipitación en 1 día
RX5	Máximo de precipitación en 5 días
SDII	Índice simple de intensidad diaria
R10	Núm. de días con precipitación intensa
R20	Núm. de días con precipitación muy intensa
R25	Núm. de días con precipitación mayor a 25 mm
CDD	Días secos consecutivos
CWD	Días húmedos consecutivos
R95p	Días muy húmedos
R99p	Días extremadamente húmedos
PRCPTOT	Precipitación total anual en los días húmedos

Para detectar cambios en los eventos extremos se calculan las tendencias a los resultados de los índices obtenidos. Normalmente se utiliza el software R con la utilidad RclimDex para realizar regresión lineal simple. Los cambios en las series climáticas al igual que los índices son obtenidos bajo la misma técnica.

Para el presente estudio se seleccionaron dos estaciones representativas, la estación meteorológica El Tintero con clave 8059 y la estación meteorológica La Trasquila con clave 8091. La primera se ubica a 2450 msnm en la Cuenca Santa María mientras que la segunda se ubica a 1600 msnm en la Cuenca del Carmen. Se consideró que la estación 8059 es representativa de las condiciones climáticas cuenca arriba o de relieve más complejo mientras que la estación 8091 asemeja las condiciones de cuenca media o más de planicie.

Tendencias en temperatura. En el Cuadro 2 se muestran los resultados para las dos estaciones 8059 y 8091. La tendencia que se observa en toda la región de estudio es de aumento en temperatura. En lo que se refiere a los índices de temperaturas mínimas se observa significancia estadística de disminución en días de heladas y noches y días fríos, que se traducen en sensaciones mas cálidas. En lo que se refiere a los índices de temperatura máxima se observa significancia estadística de aumento en días de verano, noches tropicales, noches cálidas, días cálidos, duración de periodos cálidos así como máximos de temperatura máxima y mínima.

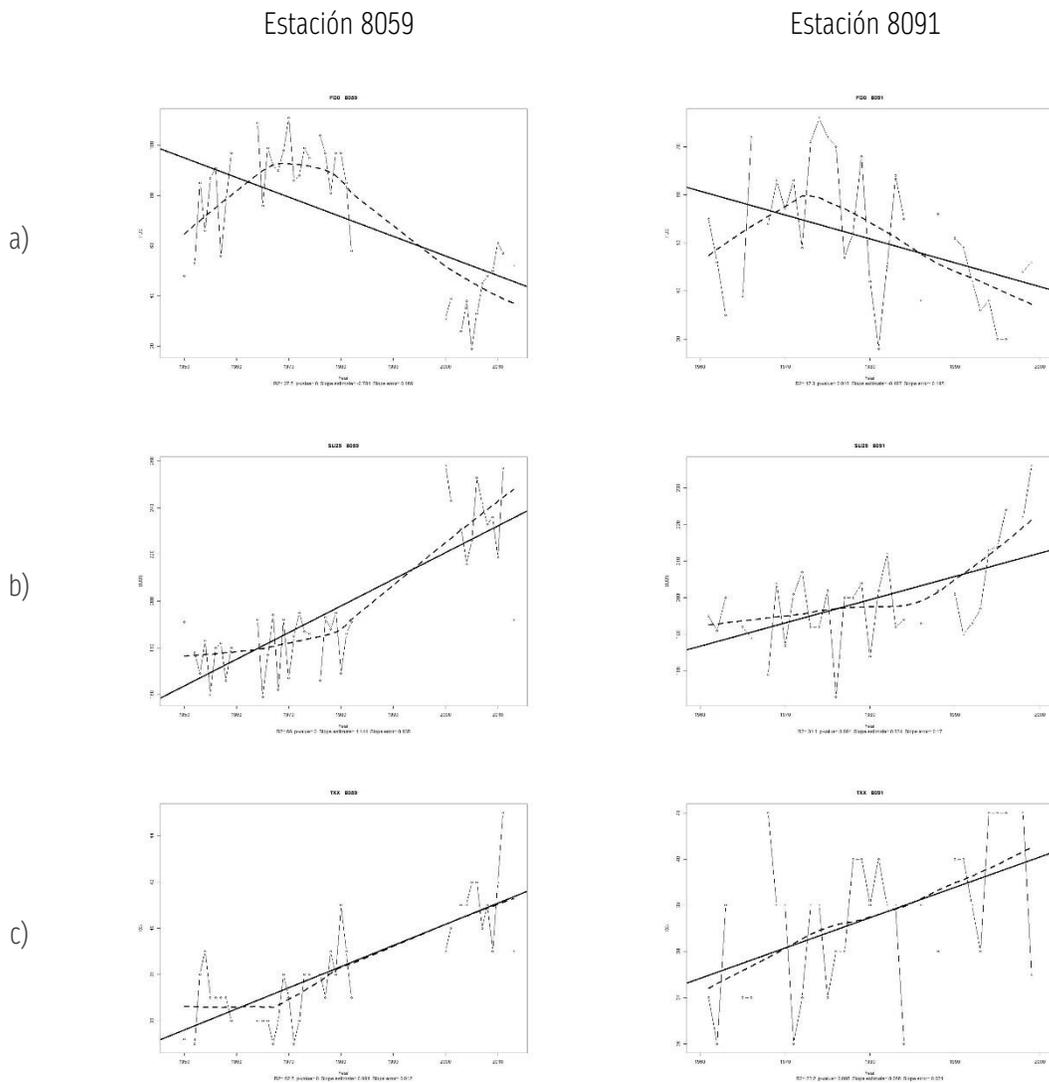
Cuadro 38. Índices y tendencias para dos estaciones meteorológicas representativas.

Índices		Estación 8059			Estación 8091		
		Slope	STD Slope	P_Value	Slope	STD Slope	P_Value
Temperatura							
FDO	Días de helada	-0.781	0.166	0.0000	-0.497	0.195	0.016
SU25	Días de verano	1.144	0.135	0.0000	0.634	0.17	0.001
ID0	Días de hielo	0.001	0.004	0.8480	-0.004	0.003	0.134
TR20	Noches tropicales	0.043	0.012	0.0020	0.068	0.039	0.094
GSL	Duración de la estación de crecimiento	0.121	0.1	0.2320	0.325	0.206	0.125
TXx	Máximo de temperatura máxima	0.091	0.012	0.0000	0.066	0.021	0.005
TNx	Máximo de temperatura mínima	0.028	0.007	0.0000	-0.004	0.015	0.814
TXn	Mínimo de temperatura máxima	0.001	0.033	0.9690	0.107	0.04	0.012
TNn	Mínimo de temperatura mínima	0.038	0.021	0.0790	0.126	0.044	0.008
TN10p	Noches frías	-0.091	0.026	0.0010	-0.072	0.052	0.181
TX10p	Días fríos	-0.112	0.021	0.0000	-0.123	0.039	0.004
TN90p	Noches cálidas	0.514	0.057	0.0000	0.126	0.056	0.031
TX90P	Días cálidos	0.61	0.065	0.0000	0.279	0.091	0.004
WSDI	Duración de periodos cálidos	1.069	0.177	0.0000	0.367	0.106	0.002
CSDI	Duración de periodos fríos	-0.029	0.02	0.1500	-0.051	0.042	0.232
DTR	Rango diurno de temperatura	0.008	0.006	0.2320	0.024	0.011	0.038
Precipitación							
RX1	Máximo de precipitación en 1 día	0.106	0.122	0.3890	-0.001	0.276	0.996
RX5	Máximo de precipitación en 5 días	0.127	0.178	0.4770	-0.093	0.472	0.845
SDII	Índice simple de intensidad diaria	0.015	0.011	0.1710	0.017	0.032	0.587
R10	Núm. de días con precipitación intensa	-0.002	0.037	0.9580	0.054	0.081	0.507
R20	Núm. de días con precipitación muy intensa	0.025	0.020	0.2130	0.012	0.041	0.771
R25	Núm. de días con precipitación mayor a 25 mm	0.018	0.014	0.1900	0.011	0.027	0.687
CDD	Días secos consecutivos	0.102	0.497	0.8390	-1.913	0.754	0.016
CWD	Días húmedos consecutivos	-0.028	0.018	0.1210	-0.031	0.023	0.190
R95p	Días muy húmedos	0.576	0.484	0.2410	0.133	1.091	0.904
R99p	Días extremadamente húmedos	0.135	0.286	0.6390	-0.425	0.575	0.466

PRCPTOT	Precipitación total anual en los días húmedos	-0.015	0.891	0.9870	2.009	1.865	0.290
---------	---	--------	-------	--------	-------	-------	-------

Nota: Se resalta en rojo P<0.05

Tendencias en precipitación. En el caso de lluvia se observa significancia estadística solo en estación 8091 para días secos consecutivos, y se refiere a disminución. Aunque no es significativo, se observa un comportamiento de aumento en máximos de precipitación en 1 y 5 días en la parte alta de las cuencas, mientras que de disminución en parte media de cuencas. Comportamiento de disminución en precipitación total anual en días húmedos cuenca arriba pero aumento en cuencas medias.



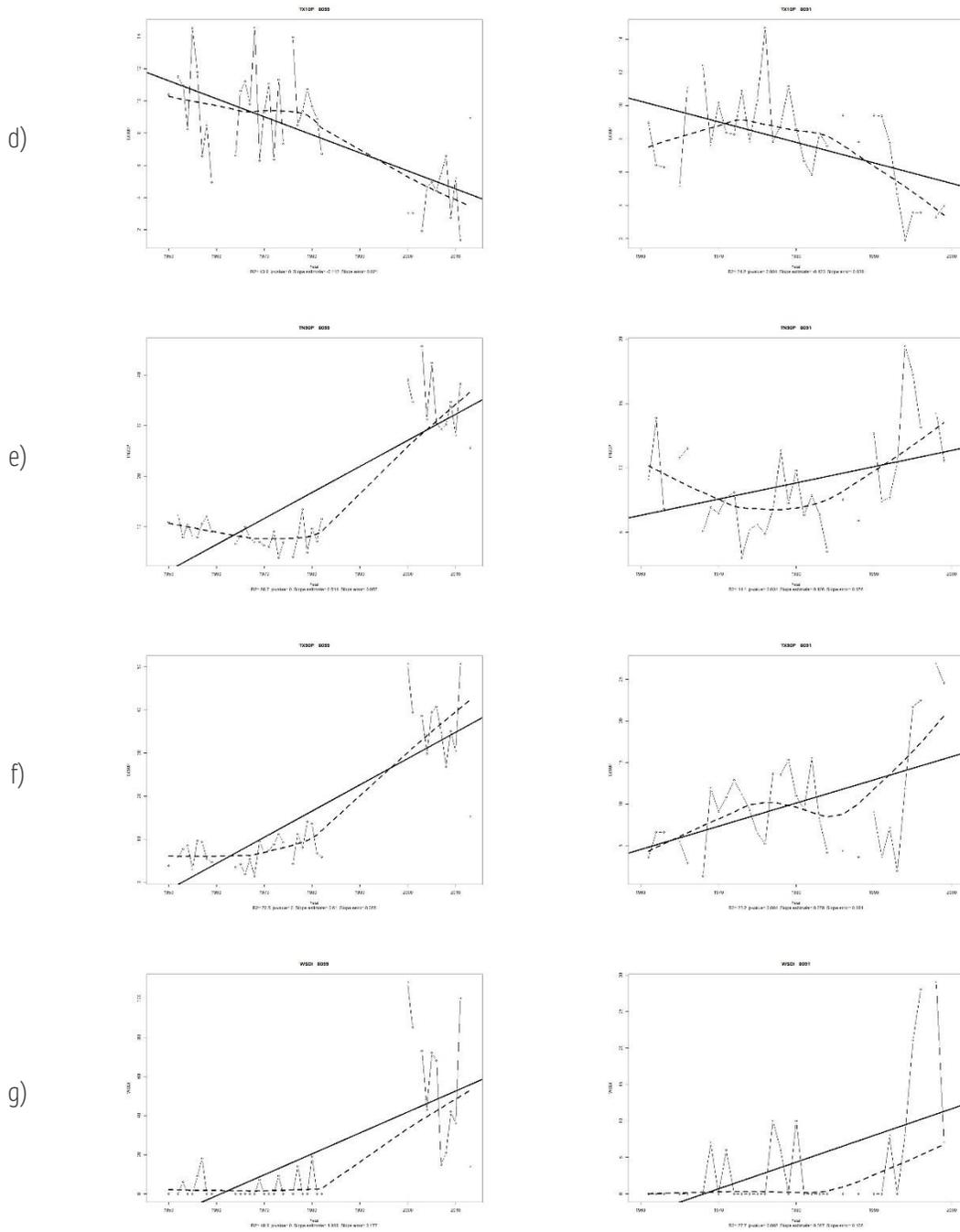


Figura 57. Gráficos de tendencia en a) Días de helada, b) Días de verano, c) Máximo de temperatura máxima, d) Días fríos, e) Noches cálidas, f) Días cálidos y g) Duración de periodos cálidos.

VII Reflexión final

Chihuahua es el estado con mayor superficie de México. Por su tamaño y ubicación es privilegiado en riqueza de recursos naturales. El relieve es diverso, desde planicies hasta laderas y sierras con pendientes abruptas y caprichosas. Reflejo de la continentalidad y fisiografía es la variedad de grupos climáticos, van desde templados a cálidos y de secos a húmedos. En las planicies y llanuras es frecuente encontrar climas secos y cálidos, mientras que en las sierras climas templados y húmedos. Resultado del clima y las condiciones geográficas regionales se encuentra de manera más abundante los pastizales, matorrales, agriculturas, vegetación de desiertos arenosos y bosques. Por la abundancia de los primeros es que históricamente se ha desarrollado la actividad ganadera en el estado.

La producción primaria neta y de biomasa son determinantes para la ganadería, dada la necesidad de tener pastura como alimento para los animales. Así, la conexión entre clima, vegetación y ganadería es la precipitación. Las precipitaciones del noroeste de México son las más variables del país, las lluvias de verano de esta región representan el 60 a 80% del total anual, aproximadamente. El inicio de la precipitación durante el mes de julio está en contraste dramático con la sequía de junio. El patrón climatológico de las lluvias muestra considerables diferencias año con año. Los sistemas del tiempo de verano más importantes en la producción de nubosidad y de precipitación durante la mitad caliente del año (mayo-octubre) son: el monzón, los ciclones tropicales y los alisios del este y noreste. En la mitad fría del año (noviembre-abril) las mayores frecuencias corresponden a los sistemas: circulación del este, jet o corriente de chorro y el extremo sur de los frentes de ciclones extratropicales.

El análisis de la tendencia observada en precipitación mostró que, aunque sigue lloviendo la misma cantidad en promedio, esta se empieza a concentrar en menores eventos de lluvia (parte alta de las cuencas) y mayores eventos (parte media y baja de cuencas). Sobre la tendencia en temperatura se observa en toda la región de estudio es de aumento. Sobre temperatura máxima se observa significancia estadística de aumentar los días de verano, noches tropicales, noches cálidas, días cálidos, duración de periodos cálidos así como máximos de temperatura máxima y mínima. Las temperaturas mínimas muestran disminución en días de heladas y noches y días fríos, que se traducen en sensaciones mas cálidas. Sin lugar a dudas lo anterior ha significado ajuste en actividades que realizan los ganaderos de la región.

VIII Referencias

- Bagdonas A., J. C. Georg y J. F. Gerber, 1978. Techniques of frost prediction and methods of frost and cold protection, nota técnica N° 157. OMM-núm. 487, Secretaría de la OMM, Ginebra, Suiza, 160 p.
- Campos D. F., 2005. Agroclimatología cuantitativa de cultivos. Editorial Trillas. 320 p.
- CONAGUA, 2020. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Casas Grandes (0806), Estado de Chihuahua.
- CONAGUA, 2020. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Laguna de Santa María (0818), Estado de Chihuahua.
- CONAGUA, 2020. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Flores Magón-Villa Ahumada (0821), Estado de Chihuahua
- CONAGUA, 2020. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Laguna de Hormigas (0824), Estado de Chihuahua
- CONAGUA, 2021. Comunicado de prensa 0555-21. Fecha: 16 de julio de 2021. <https://www.gob.mx/conagua/prensa/se-presenta-en-mexico-el-fenomeno-conocido-como-monzon-de-norteamerica-277442>
- García E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García P. y I. R. Medina, 2009. Variabilidad de la precipitación en la Región Pacífico Norte de México. Revista Agrociencia. 43: 1-9. 2009.
- García E. y Trejo I., 1994. La presencia del monzón en el noroeste de México. Investigaciones Geográficas. Boletín 28, 1994.
- INEGI, 1985. Conjunto de datos vectoriales Geológicos serie I. Chihuahua.
- INEGI, 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Sistema topofomas. Escala 1:1,000,000.
- INEGI, 2004. Guía para la interpretación de cartografía edafológica.
- INEGI, 2005. Conjunto de datos edafológicos. Escala 1:1 000 000 serie I.
- INEGI, 2005. Guía para la interpretación de cartografía climatológica.
- INEGI, 2005. Guía para la interpretación de cartografía geológica.
- INEGI, 2006. Red hidrográfica digital de México escala 1:250 000 edición 1.0.
- INEGI, 2017. Guía para la interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación.
- INEGI, 2020. El Catálogo de Localidad Geoestadística que contiene los registros de la publicación del Censo de Población y Vivienda 2020, Principales resultados por localidad (ITER), corte de diciembre 2020.
- INEGI. 2021. Marco Geoestadístico Nacional Edición 2021. Conjunto de datos vectoriales de los límites municipales y AGEB.
- INEGI, 2022a. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto Trimestral. Año Base 2013. Serie del primer trimestre de 1993 al cuarto trimestre de 2021.
- INEGI, 2022b. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional, Edición 2018.

- Knapp, Kenneth R.; Diamond, Howard J.; Kossin, James P.; Kruk, Michael C.; Schreck, Carl J. III, 2018. International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4. NOAA National Centers for Environmental Information. <https://doi.org/10.25921/82ty-9e16> [fecha de acceso 14 de abril de 2022].
- Magaña V., J. L. Pérez y C. Conde, 1998. El fenómeno del El Niño y la oscilación del sur. Sus impactos en México
- Magaña, V., J. Vázquez, J. Pérez y J. Pérez, 2003. Impact of El Niño on precipitation in Mexico. *Geofísica Internacional*, vol. 42, núm. 3, july-september, 2003, pp. 313-330. UNAM. México.
- Méndez G., J. J., Navár y V. González. 2007. Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. ISSN 0188-4611, Núm. 65, 2008, pp. 38-55
- Organización Meteorológica Mundial, 2014. El niño/Oscilación Sur. OMM-Nº 1145.
- Pérez M., M. Cortés, F. Navarro. 2021. Analysis of Rainfall Time Series with Application to Calculation of Return Periods. *Sustainability* 2021, 13, 8051. <https://doi.org/10.3390/su13148051>.
- Romo, G., y R. Arteaga, 1983. *Meteorología agrícola*. Departamento de irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. Edo. de México. Pág. 297-372.
- Reyes, S., M.W. Douglas, R.A. Maddox. 1994. El monzón del suroeste de Norteamérica (TRAVSON/SWAMP). *Atmósfera*. 1994; 7(2): pp. 117-137
- Servicio Meteorológico Nacional. Base climatológica diaria del periodo 1902-2011. Consultada en febrero de 2022.
- Servicio Meteorológico Nacional, 2022. El Niño Oscilación del Sur (ENOS). No. Aviso: 310. 26 de Abril del 2022. Servicio Meteorológico Nacional, fuente oficial del Gobierno de México. (<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/estatus-del-nino>)
- UNAM, 2014. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales. Fernández Eguiarte, Agustín (Coordinador técnico). *Climatología de referencia a partir de la base diaria del servicio meteorológico nacional para el período 1961-2000*. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, Coyoacán, 04510, México.
- Villanueva D. J., J.C. Paredes, V. Constante, D.W. Stahle, J. Estrada, y M. M. Tostado, 2011. Variabilidad hidroclimática histórica del norte de México inferida con anillos de crecimiento de Douglas-fir. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.* Núm. 2 1 de septiembre - 31 de octubre, 2011 p. 221-334.
- Willington S. y J. Guzmán. 2019. "La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa." *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 28 (1): 1-22. doi: 10.15446/rcdg.v28n1.76919.
- Zambrano M., 2020. Tutorial for Introductory Analysis of Daily Precipitation Data with hydroTSM. cran.r-project.org

IX Anexos

Uso de suelo y vegetación Cuenca Casas Grandes

CLAVE	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (km ²)
AH	Asentamientos humanos	106.28
BG	Bosque de galería	0.61
BJ	Bosque de táscate	3.38
BP	Bosque de pino	148.46
BPQ	Bosque de pino-encino	2,149.86
BQ	Bosque de encino	2,175.05
BQP	Bosque de encino-pino	995.16
DV	Sin vegetación aparente	62.45
H2O	Cuerpo de agua	174.95
HA	Agricultura de humedad anual	1.15
MDM	Matorral desértico micrófilo	4,679.77
MDR	Matorral desértico rosetófilo	182.80
MK	Bosque de mezquite	2.46
MKX	Mezquital xerófilo	82.95
ML	Chaparral	0.06
PH	Pastizal halófilo	1,901.83
PI	Pastizal inducido	387.31
PN	Pastizal natural	4,879.69
RA	Agricultura de riego anual	646.94
RAP	Agricultura de riego anual y permanente	78.19
RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	1,097.76
RP	Agricultura de riego permanente	6.46
RS	Agricultura de riego semipermanente	0.77
TA	Agricultura de temporal anual	1,062.83
VD	Vegetación de desiertos arenosos	1,129.59
VG	Vegetación de galería	8.89
VH	Vegetación halófila xerófila	1,342.09
VSa/BP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	19.63
VSa/BPQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	335.04
VSA/BPQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	76.86
VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	160.15
VSa/BQP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	31.10
VSa/MDM	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	302.16
VSa/MDR	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo	105.33
VSa/MK	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de mezquite	14.61
VSa/MKX	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	214.63
VSa/PH	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal halófilo	1.57
VSa/PN	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	732.22
VSa/VH	Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila xerófila	4.98

Uso de suelo y vegetación Cuenca Santa María

CLAVE	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (km2)
ADV	Desprovisto de vegetación	1.12
AH	Asentamientos humanos	68.05
BG	Bosque de galería	2.99
BPQ	Bosque de pino-encino	536.93
BQ	Bosque de encino	901.96
BQP	Bosque de encino-pino	655.19
DV	Sin vegetación aparente	611.31
H2O	Cuerpo de agua	18.80
MDM	Matorral desértico micrófilo	3,889.70
MDR	Matorral desértico rosetófilo	29.78
MK	Bosque de mezquite	34.73
MKX	Mezquital xerófilo	154.63
PH	Pastizal halófilo	1,828.39
PI	Pastizal inducido	398.99
PN	Pastizal natural	2,621.55
RA	Agricultura de riego anual	1,028.87
RAP	Agricultura de riego anual y permanente	59.95
RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	557.78
RP	Agricultura de riego permanente	71.05
TA	Agricultura de temporal anual	714.55
TAP	Agricultura de temporal anual y permanente	8.45
VD	Vegetación de desiertos arenosos	2,578.09
VG	Vegetación de galería	42.07
VH	Vegetación halófila xerófila	1,453.64
VSa/BPQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	277.48
VSA/BPQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	9.80
VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	27.57
VSa/BQP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	131.39
VSa/MDM	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	827.37
VSa/MDR	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo	22.25
VSa/MK	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de mezquite	45.10
VSa/MKX	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	111.22
VSa/PH	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal halófilo	10.90
VSa/PN	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	1,474.91
VSa/VH	Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila xerófila	170.91
VT	Tular	1.70

Uso de suelo y vegetación Cuenca Río Del Carmen

CLAVE	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (km ²)
AH	Asentamientos humanos	75.89
BG	Bosque de galería	14.53
BJ	Bosque de táscate	1.62
BP	Bosque de pino	3.71
BPQ	Bosque de pino-encino	403.94
BQ	Bosque de encino	488.41
BQP	Bosque de encino-pino	837.80
DV	Sin vegetación aparente	120.25
H2O	Cuerpo de agua	3.32
MDM	Matorral desértico micrófilo	3,684.94
MDR	Matorral desértico rosetófilo	94.33
MK	Bosque de mezquite	16.95
MKX	Mezquital xerófilo	42.66
PH	Pastizal halófilo	696.38
PI	Pastizal inducido	326.78
PN	Pastizal natural	2,916.52
RA	Agricultura de riego anual	828.76
RAP	Agricultura de riego anual y permanente	5.87
RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	440.16
RP	Agricultura de riego permanente	1.84
RS	Agricultura de riego semipermanente	0.72
TA	Agricultura de temporal anual	638.77
VD	Vegetación de desiertos arenosos	854.77
VG	Vegetación de galería	20.14
VH	Vegetación halófila xerófila	518.10
VSa/BPQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	141.08
VSA/BPQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	16.23
VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	12.08
VSA/BQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	39.25
VSa/BQP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	211.74
VSa/MDM	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	887.43
VSa/MDR	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo	5.06
VSa/MK	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de mezquite	42.74
VSa/PH	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal halófilo	9.17
VSa/PN	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	1,580.53
VSa/VH	Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila xerófila	25.37

Uso de suelo y vegetación Cuenca Río El Carrizo y Otros

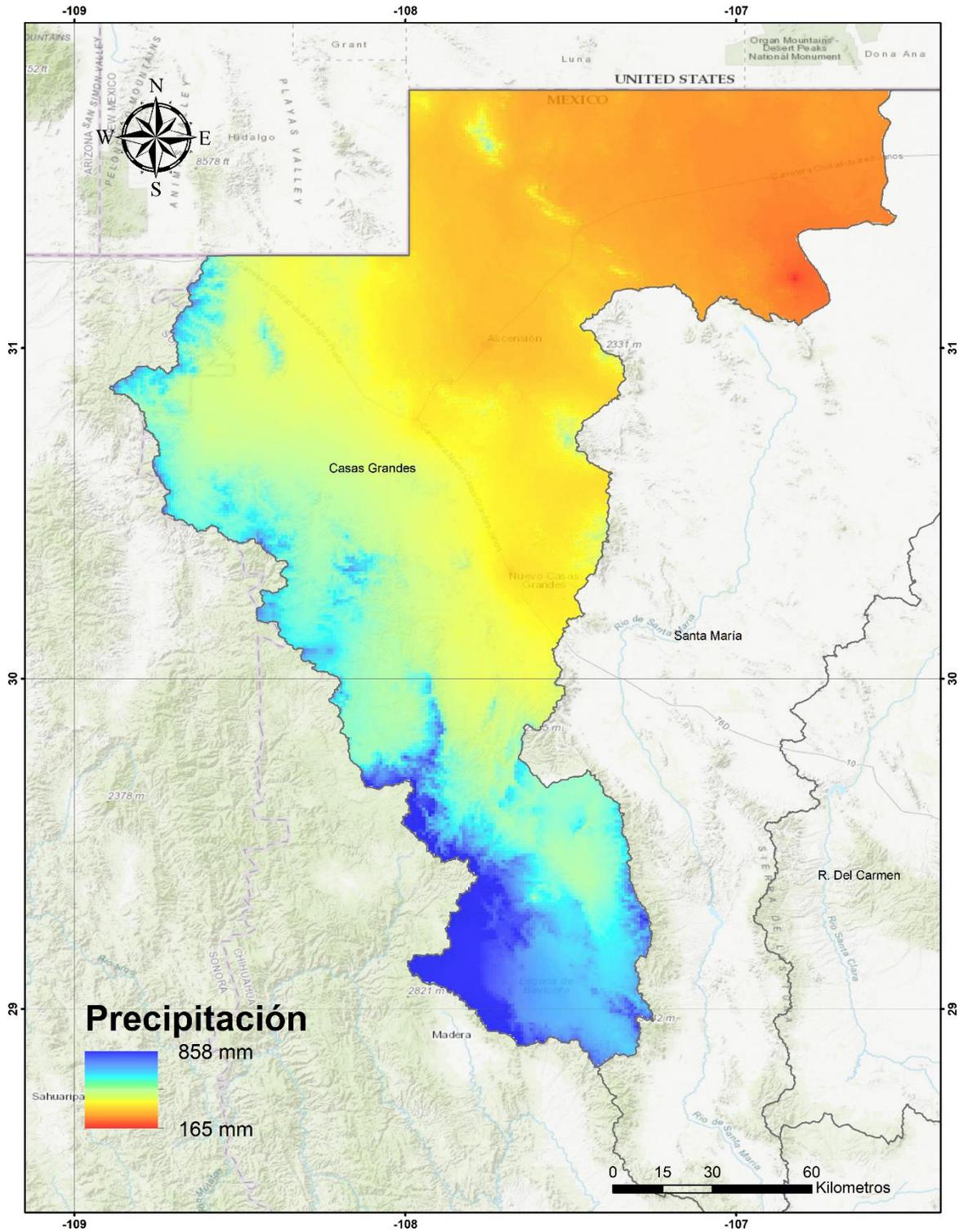
CLAVE	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (km ²)
ADV	Desprovisto de vegetación	0.81
AH	Asentamientos humanos	12.37
BP	Bosque de pino	13.88
BPQ	Bosque de pino-encino	215.29
BQ	Bosque de encino	203.41
BQP	Bosque de encino-pino	253.30
DV	Sin vegetación aparente	4.96
H2O	Cuerpo de agua	19.29
MDM	Matorral desértico micrófilo	10,501.23
MDR	Matorral desértico rosetófilo	1,694.25
MK	Bosque de mezquite	43.45
MKX	Mezquital xerófilo	18.35
PH	Pastizal halófilo	2,544.15
PI	Pastizal inducido	363.34
PN	Pastizal natural	3,459.63
RA	Agricultura de riego anual	546.72
RAP	Agricultura de riego anual y permanente	6.61
RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	409.85
RP	Agricultura de riego permanente	82.60
RS	Agricultura de riego semipermanente	0.61
RSP	Agricultura de riego semipermanente y permanente	0.98
TA	Agricultura de temporal anual	60.64
VD	Vegetación de desiertos arenosos	3.28
VG	Vegetación de galería	46.96
VH	Vegetación halófila xerófila	47.51
VSa/BPQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	186.98
VSA/BPQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	85.30
VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	24.52
VSA/BQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	147.86
VSa/BQP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	69.29
VSA/BQP	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	61.50
VSa/MDM	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	616.55
VSa/PH	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal halófilo	110.50
VSa/PN	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	337.47
VSa/VG	Vegetación secundaria arbustiva de vegetación de galería	0.008

Variables climáticas principales asociadas a los climas presentes en cada una de las cuencas de estudio

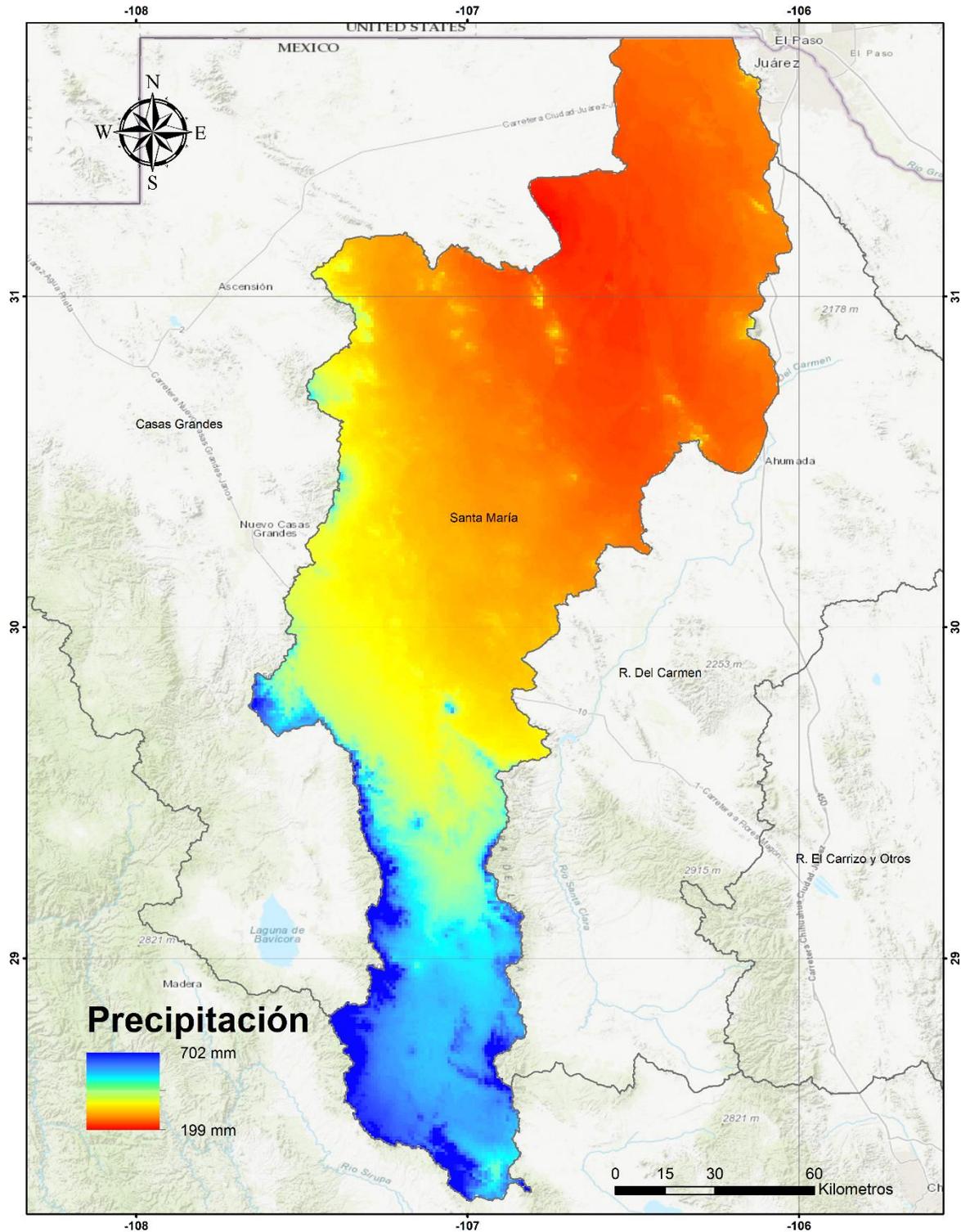
CUENCA	TIPO DE CLIMA	CLAVE	SUPERFICIE (Km ²)	% CUENCA	ALTURA MÍNIMA	ALTURA MÁXIMA	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	TEMPERATURA MEDIA ANUAL
Casas Grandes	Muy seco templado	BWkw	149.59	0.6	1448	1941	315.2	16.3
		BWkw(x')	1,1149.56	44.1	1162	2299	268.4	16.7
	Seco templado	BS0kw	851.89	3.4	1450	2144	349.4	15.5
		BS0kw(x')	3,771.55	14.9	1576	2282	354.8	14.5
	Semifrío subhúmedo	C(E)(w1)(x')	2,532.16	10	1885	2645	522.7	11.7
		C(E)(w2)(x')	1,609.26	6.4	1977	2763	621.0	11.0
	Semiseco semifrío	BS1K"w(x')	912.39	3.6	1958	2641	453.8	12.3
	Semiseco templado	BS1kw(x')	4,168.95	16.5	1406	2356	417.1	14.5
Templado subhúmedo	C(w0)(x')	162.43	0.6	1813	2317	487.8	12.7	
R. Del Carmen	Muy seco templado	BWkw	5,241.15	32.7	1272	2182	270.2	16.4
		BWkw(x')	4,547.01	28.4	1185	2183	246.8	17.0
	Seco templado	BS0kw	1,530.53	9.6	1504	2304	341.5	15.4
	Semifrío subhúmedo	C(E)(w1)	640.15	4	2140	2861	509.7	11.7
	Semiseco semifrío	BS1K"w	163.74	1	2152	2535	514.9	12.3
	Semiseco templado	BS1kw	3,853.93	24.1	1671	2587	431.5	13.7
	Templado subhúmedo	C(w1)	31.30	0.2	1979	2540	484.1	12.9
R. El Carrizo y Otros	Muy seco semicálido	BWhw	766.55	3.5	1114	1242	290.2	16.1
		BWhw(w)	1,974.56	8.9	1163	1625	301.4	17.9
		BWkw	11,553.64	52.1	1143	2181	272.5	16.3

CUENCA	TIPO DE CLIMA	CLAVE	SUPERFICIE (Km ²)	% CUENCA	ALTURA MÍNIMA	ALTURA MÁXIMA	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	TEMPERATURA MEDIA ANUAL
	Muy seco templado	BWkw(w)	3,459.14	15.6	1268	2098	329.4	17.0
	Seco semicálido	BS0hw(w)	18.29	0.1	1260	1728	356.3	18.1
	Seco templado	BS0kw	1,963.20	8.8	1535	2159	323.2	15.8
		BS0kw(w)	1,037.94	4.7	1483	2256	366.4	15.4
	Semifrío subhúmedo	C(E)(w1)	312.86	1.4	2001	2783	530.9	12.1
	Semiseco templado	BS1kw	735.05	3.3	1539	2623	465.6	14.5
	Templado subhúmedo	C(w1)	372.22	1.7	1788	2515	528.9	13.1
Santa María	Muy seco templado	BWkw	3,237.46	15.1	1277	1950	283.4	16.9
		BWkw(x')	11,745.12	54.9	1146	2199	239.9	17.3
	Seco templado	BS0kw	1,302.95	6.1	1432	2546	324.1	16.0
		BS0kw(x')	143.92	0.7	1623	2402	344.8	14.0
	Semifrío subhúmedo	C(E)(w1)	159.11	0.7	2116	2935	489.1	11.7
		C(E)(w1)(x')	851.97	4	1945	3045	514.5	11.5
	Semiseco semifrío	BS1k"w	71.64	0.3	2084	2526	467.1	12.4
		BS1k"w(x')	107.61	0.5	1957	2628	457.4	12.0
	Semiseco templado	BS1kw	3,448.78	16.1	1558	2722	416.4	13.7
BS1kw(x')		310.61	1.5	1494	2406	378.2	14.0	

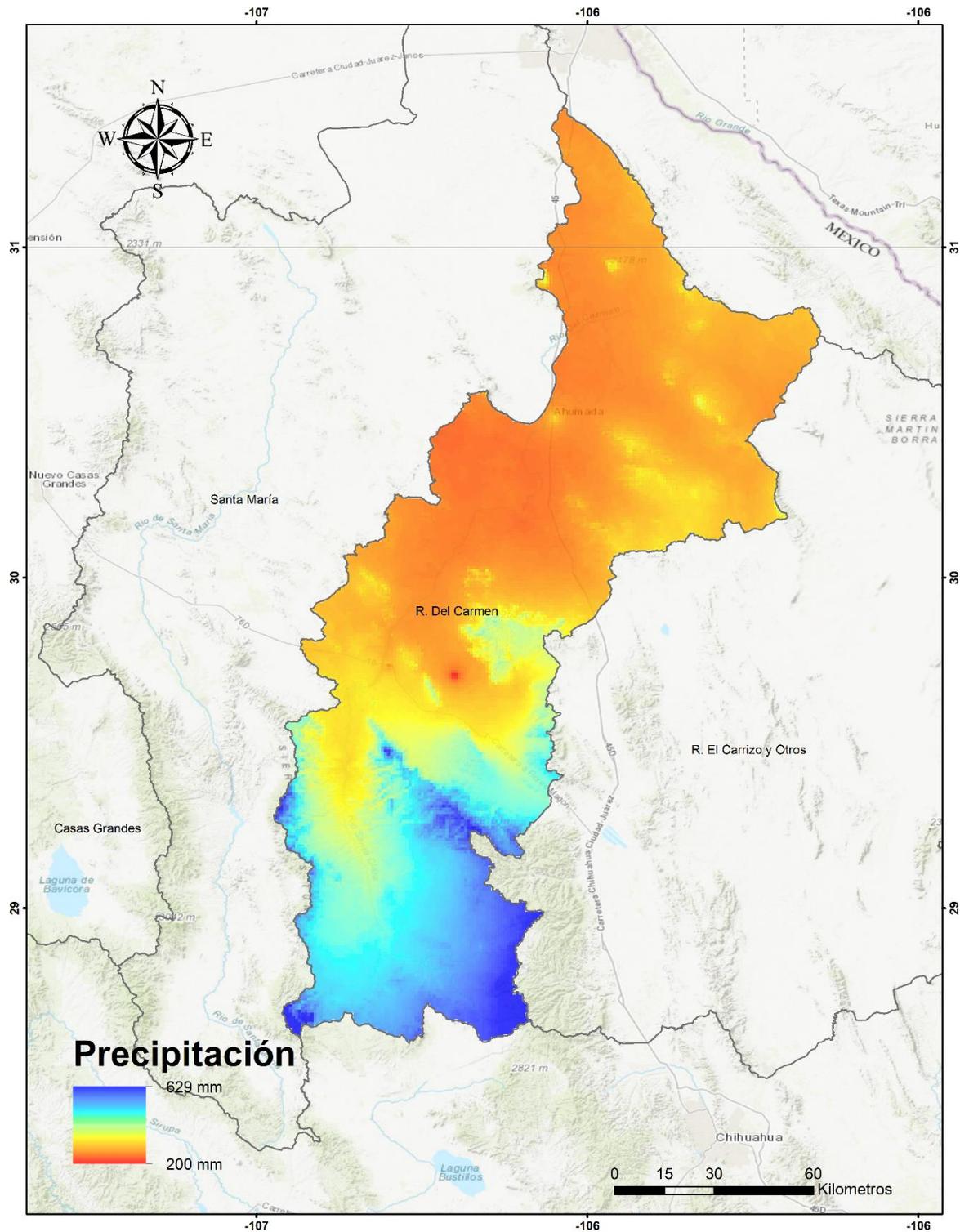
Mapa de precipitación media anual Cuenca Casas Grandes



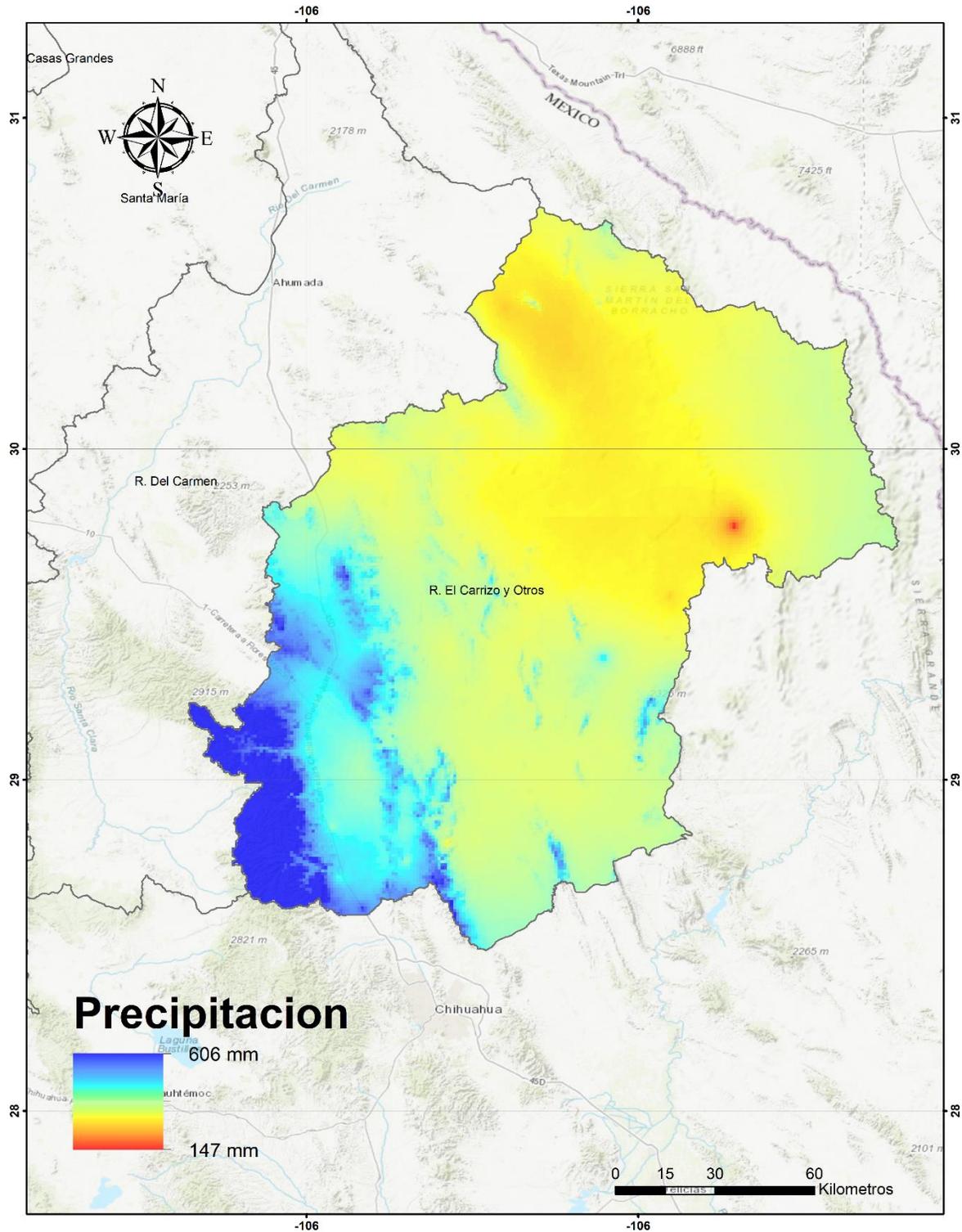
Mapa de precipitación media anual Cuenca Santa María



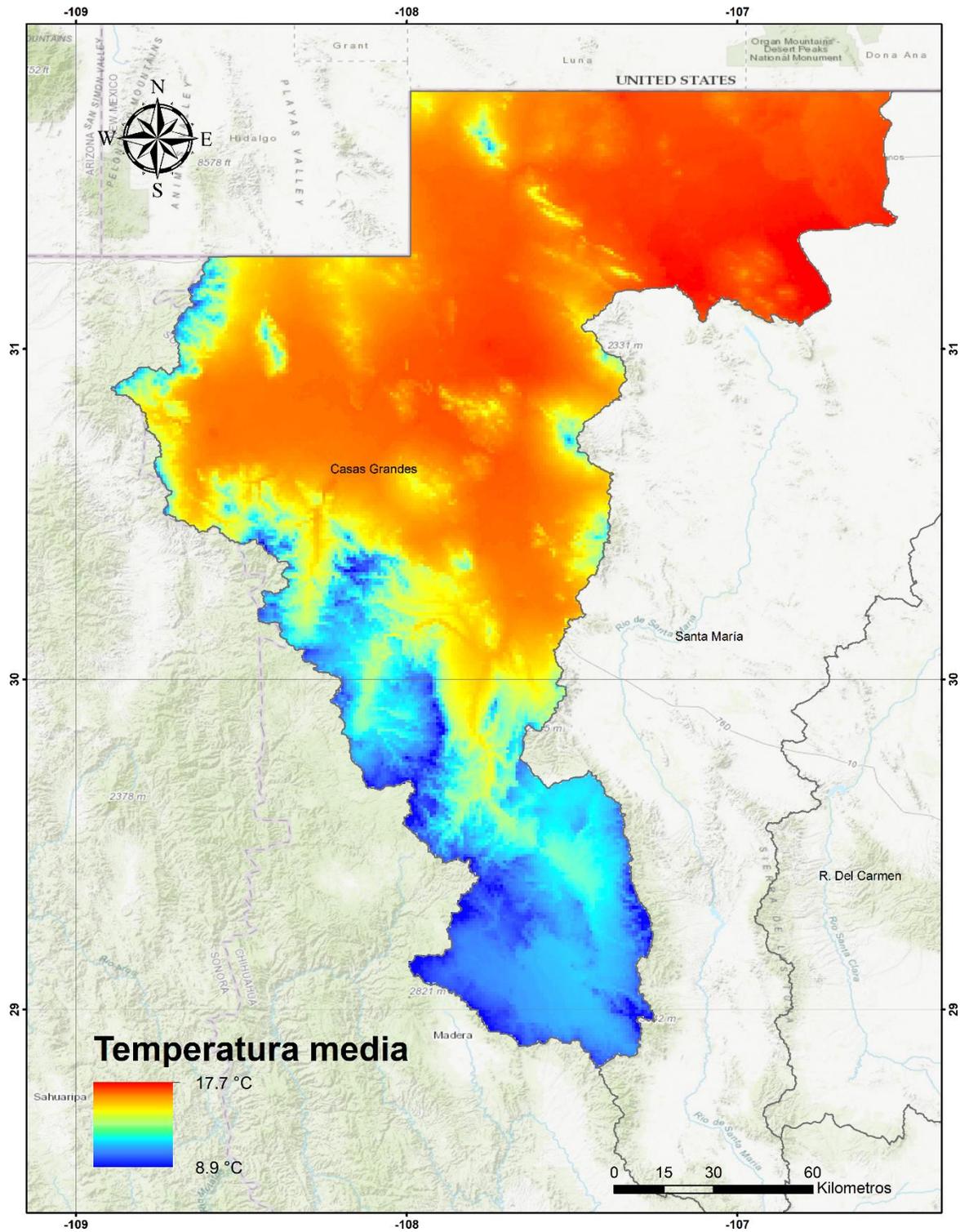
Mapa de precipitación media anual Cuenca Río del Carmen



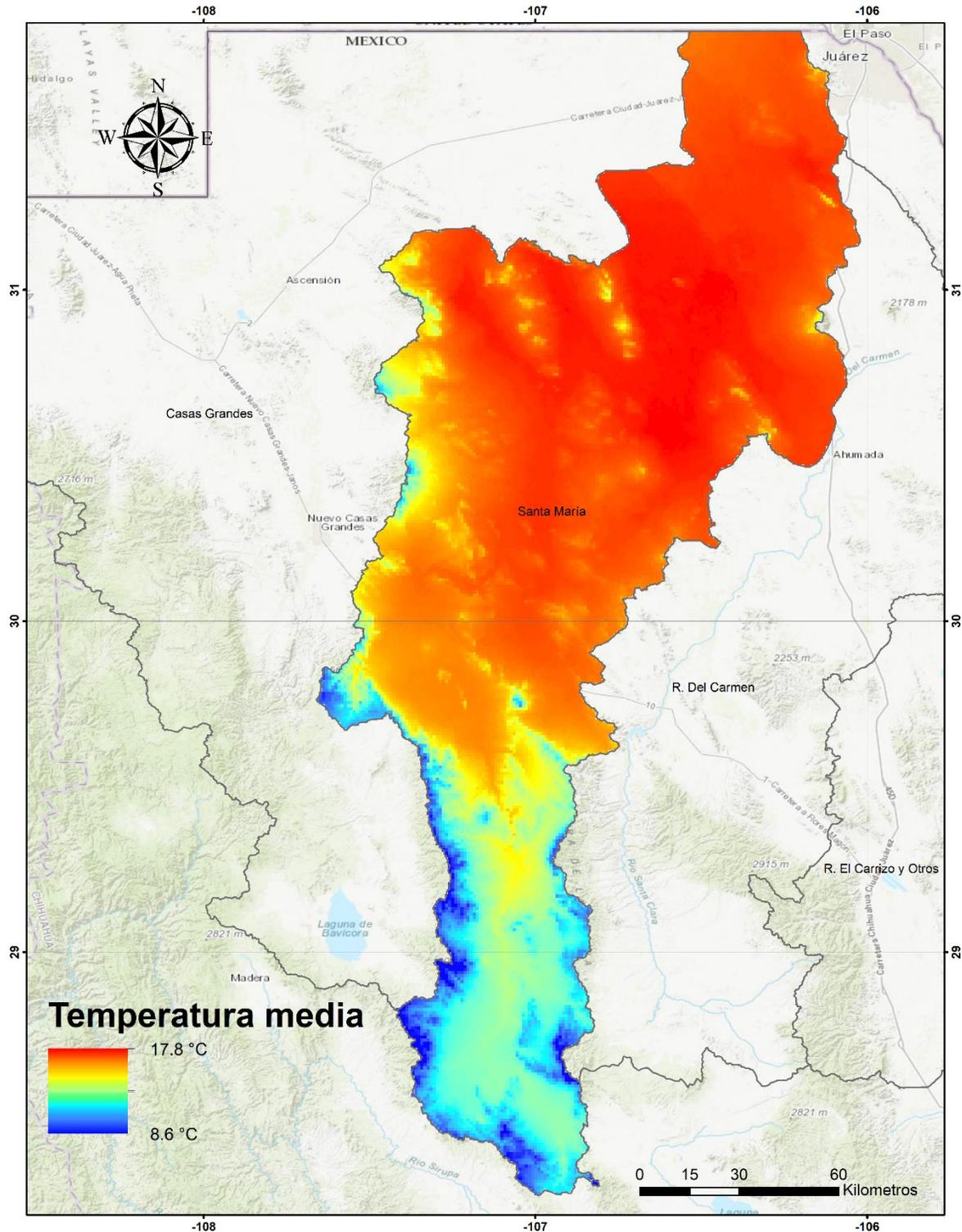
Mapa de precipitación media anual Cuenca Río El Carrizo y Otros



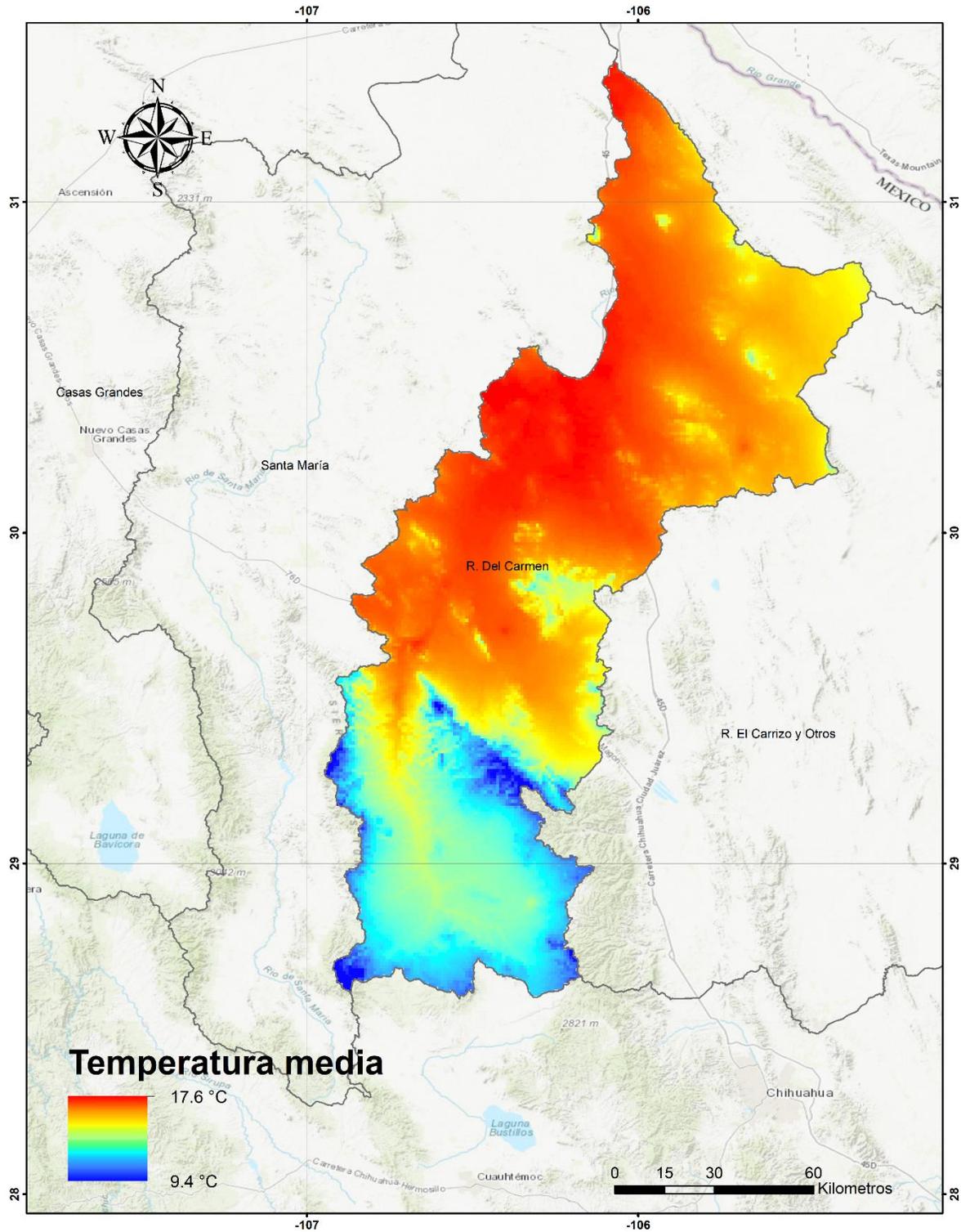
Mapa de temperatura media anual Cuenca Casas Grandes



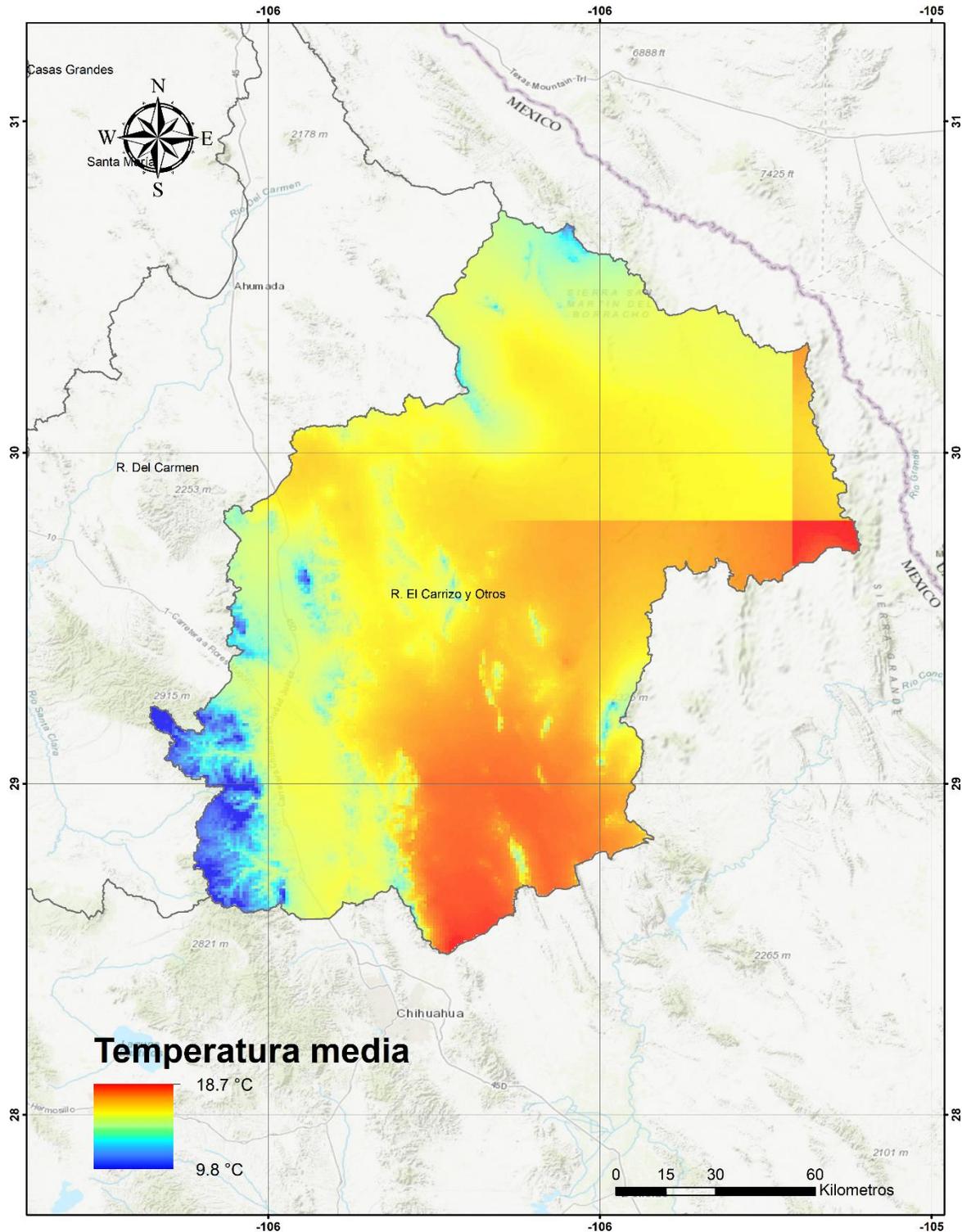
Mapa de temperatura media anual Cuenca Santa María



Mapa de temperatura media anual Cuenca Río del Carmen



Mapa de temperatura media anual Cuenca Río El Carrizo y Otros



PRODUCTO FINAL 5. ESCENARIOS LOCALES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LAS CUENCAS DEL PROYECTO.

CONTENIDO

I	ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	1
	I.1 METODOLOGÍA	1
	I.2 RESULTADOS	8
	I.3 PERCEPCIÓN DEL CAMBIO	14
	I.4 REFLEXIÓN FINAL	14
II	REFERENCIAS	15
III	ANEXOS	16
	III.1 ANOMALÍAS DE TEMPERATURA (PERIODO 2061-2081)	17
	III.2 ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN (PERIODO 2061-2081)	25
	III.3 ANOMALÍAS DE TEMPERATURA (PERIODO 2081-2100)	33
	III.4 ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN (PERIODO 2081-2100)	41
	III.5 SERIES DE TIEMPO ESCENARIOS	49

I Escenarios de cambio climático

En este apartado se presentan los escenarios de cambio climático para las cuatro cuencas del área de estudio, así como el método de selección de los Modelos Generales de Circulación de la Atmósfera (MCG).

I.1 METODOLOGÍA

I.1.1 EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

Se analizó el trabajo que realizó Cavazos et al. (2013) para seleccionar los modelos a utilizar. En dicho trabajo se evaluó el desempeño de 15 MCG del CMIP5 para el período histórico de 1961 a 2000 mediante métricas climáticas (error absoluto medio [MAE], desviación estándar [Std], correlación [r] y diagramas de Taylor) (Cuadro 1) a escalas anuales y estacionales, para las variables precipitación, temperatura promedio, temperatura máxima y temperatura mínima en cuatro regiones del país que se muestran en la figura 1. Cabe mencionar, que la Cuenca Casas Grandes, Santa María y R. del Carmen se localizan en la Zona Noroeste, mientras que en la Zona Noreste se localiza la Cuenca el Carrizo y Otros, por lo que sólo se analizó el desempeño de los modelos en esas dos regiones (Figura 14).

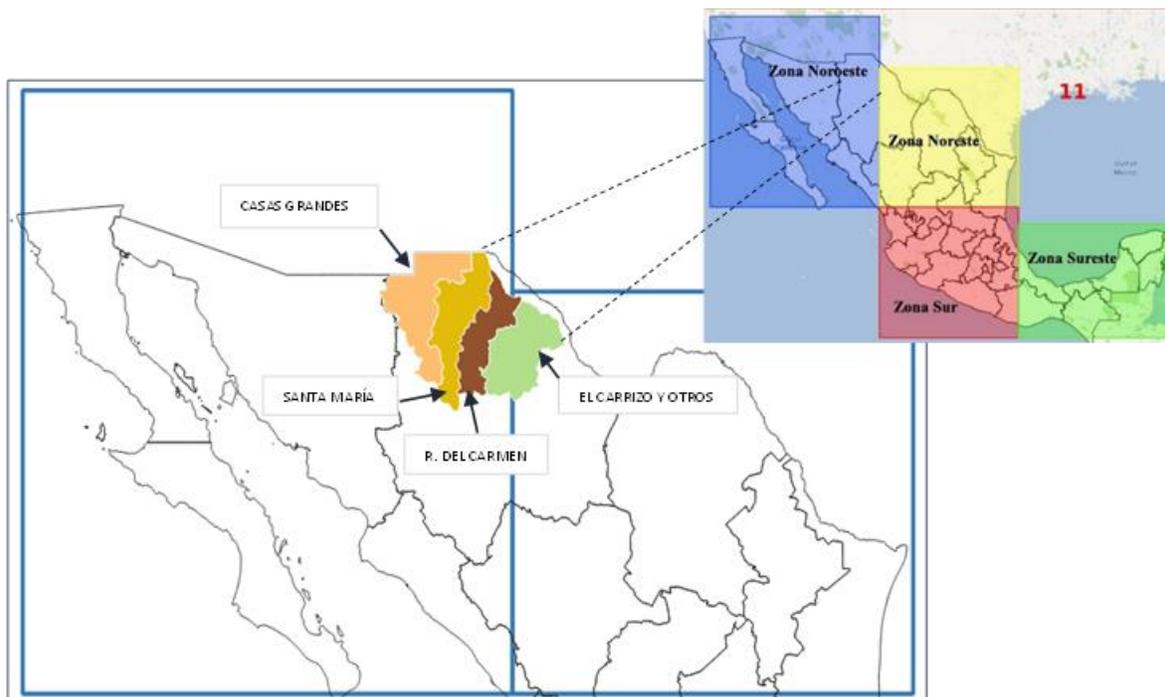


Figura 58. Regiones del país propuestas por Cavazos et al. (2013) para analizar los 15 modelos de circulación general CMIP5. Localización de la zona de estudio.

Los modelos analizados por Cavazos et al. (2013) se muestran en el Cuadro 1. En el Cuadro 1 se resaltan con verde los modelos CMIP6 que coinciden con los modelos CMIP5.

Cuadro 39. Modelos de circulación general (MCG) del CMIP5.

MODELO	INTITUTO
MPI-ESM-LR	Max-Planck Institute
INM	Institute for Numerical Mathematics
NorESM1	Norwegian Climate Center
CanESM2	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis
CNRM-CM5	Centre National de Recherches Meteorologiques
BCC-CSM1-1	Beijing Climate Center
IPSL-cm5a-1r	Institut Pierre-Simon Laplace
GISS-E2-R	NASA Goddard Institute for Space Studies
MIROC-esm-chem	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
MIROC-esm	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
MIROC5	Atmosphere and Ocean Research Institute
MOHC	Met Office Hadley
MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute
GFDL-CM3	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
CSIRO-MK3-6	Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization

Cuadro 40. Métricas climáticas y fórmulas propuestas por Cavazos et al. (2013) para analizar el desempeño de los modelos de circulación general.

Métricas climáticas	Fórmula
Error absoluto medio [MAE]	$MAE = 1/n \sum_{i=1}^n D_{sim} - D_{obs} $ <p>Donde D_{sim} y D_{obs}, representan los datos simulados y observados, respectivamente, y n es el número de observaciones en cada punto de malla.</p>
Error cuadrático medio [RMSE]	$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(D_{sim} - D_{obs})^2}{n}}$ <p>Donde D_{sim} y D_{obs} representan los datos simulados y observados, respectivamente, y n es el número de observaciones en cada punto de malla.</p>
Desviación estándar [Std]	$Std = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$ <p>Donde X_i y X representan el valor de una variable en un tiempo dado y X es el valor promedio climatológico.</p>
Correlación [r]	$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$ <p>Donde X e Y representan dos variables</p>

A continuación, se presentan los modelos que se seleccionaron de acuerdo con las métricas climáticas propuestas por Cavazos et al. (2013) en las variables de precipitación, temperatura media, mínima y máxima en la zona Noreste para la Cuenca El Carrizo y Otros, así como para la zona Noroeste (Cuencas Casas Grandes, Sata María y R. del Carmen).

I.1.1.1 ZONA NORESTE (CUENCA EL CARRIZO Y OTROS)

I.1.1.1.1 Precipitación

En el cuadro 3 se muestran las métricas climáticas (error absoluto medio [MAE], desviación estándar [Std] y correlación [r]) para la variable de precipitación de los modelos CMIP5 que coinciden con los nuevos modelos CMIP6. De acuerdo con las métricas climáticas, los modelos con mejor desempeño en la zona Noreste fueron CNRM-CM5, CanESM2, IPSL-cm5a-lr y MRI-CGCM3 ya que tienen una mayor correlación con respecto al clima histórico, además de que tienen menor STD y MAES. Tomando en cuenta los resultados anteriores, en el caso de CMIP6, los modelos con mayor desempeño fueron CNRM-CM6-1, CanESM5, IPSL-CM6A-LR y MRI-ESM2-0.

Cuadro 41. Métricas climáticas de los modelos CMIP5 para precipitación para evaluar su desempeño en la zona Noreste de México.

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
BCC-CSM1-1	0.15	1.7	2.5	2.8
CNRM-CM5	0.48	0.9	1.3	1.4
CanESM2	0.40	0.7	0.9	1.3
IPSL-cm5a-lr	0.25	1.1	1.5	1.7
MIROC-esm	0.13	1.6	1.6	2.0
MIROC5	0.15	1.65	1.7	2.1
MRI-CGCM3	0.27	1.3	1.8	1.9

I.1.1.1.2 Temperatura

En los cuadros 4, 5 y 6 se muestran las métricas climáticas (error absoluto medio [MAE], desviación estándar [Std] y correlación [r]) para las variables de temperatura media, mínima y máxima de los modelos CMIP5 que coinciden con los nuevos modelos CMIP6. Nuevamente los modelos con mejor desempeño en la zona Noreste para temperatura media, mínima y máxima fueron CNRM-CM5, CanESM2, IPSL-cm5a-lr y MRI-CGCM3 ya que tienen una mayor correlación con respecto al clima histórico, además de que tienen menor STD y MAES. En el caso de CMIP6 los modelos serían CNRM-CM6-1, CanESM5, IPSL-CM6A-LR y MRI-ESM2-0.

Cuadro 42. Métricas climáticas de los modelos CMIP5 para temperatura media para evaluar su desempeño en la región Noreste de México.

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
BCC-CSM1-1	0.9	2.0	4.7	4.8

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
CNRM-CM5	0.9	2.5	3.0	3.1
CanESM2	0.9	3.3	3.2	3.3
IPSL-cm5a-lr	0.9	3.0	3.0	3.2
MIROC-esm	0.9	2.4	6.0	6.2
MIROC5	0.8	1.7	3.9	4.0
MRI-CGCM3	0.8	2.3	2.3	2.5

Cuadro 43. Métricas climáticas de los modelos CMIP5 para temperatura máxima para evaluar su desempeño en la región Noreste de México.

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
BCC-CSM1-1	0.8	2.6	5	5.5
CNRM-CM5	0.8	2.65	2.8	3.1
CanESM2	0.8	2.3	2.7	3
IPSL-cm5a-lr	0.9	1.9	3	3.2
MIROC-esm	0.7	3.4	5.2	5.7
MIROC5	0.8	2.0	3.5	4.0
MRI-CGCM3	0.8	2.0	3.1	3.7

Cuadro 44. Métricas climáticas de los modelos CMIP5 para temperatura mínima para evaluar su desempeño en la región Noreste de México.

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
BCC-CSM1-1	0.9	2.0	4.7	4.8
CNRM-CM5	0.9	2.5	3.0	3.1
CanESM2	0.9	3.3	3.2	3.3
IPSL-cm5a-lr	0.9	3.0	3.0	3.2
MIROC-esm	0.9	2.4	6.0	6.2
MIROC5	0.8	1.7	3.9	4.0
MRI-CGCM3	0.8	2.3	2.3	2.5

I.1.1.2 REGIÓN NOROESTE (CUENCAS CASAS GRANDES, SANTA MARÍA Y R. DEL CARMEN)

I.1.1.2.1 Precipitación

En el cuadro 6 se muestran las métricas climáticas (error absoluto medio [MAE], desviación estándar [Std] y correlación [r]) para la variable de precipitación de los modelos CMIP5 que coinciden con los nuevos modelos CMIP6. De acuerdo con las métricas climáticas, los modelos con mejor desempeño en la zona Noroeste fueron

CNRM-CM5, CanESM2, IPSL-cm5a-lr y MIROC5 ya que tienen una mayor correlación con respecto al clima histórico, además de que tienen menor STD y MAES. Tomando en cuenta los resultados anteriores, en el caso de CMIP6, los modelos con mayor desempeño fueron CNRM-CM6-1, CanESM5, IPSL-CM6A-LR y MIROC6.

Cuadro 45. Métricas climáticas de los modelos CMIP5 para precipitación para evaluar su desempeño en la zona Noroeste de México.

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
BCC-CSM1-1	0.20	1.40	1.39	1.6
CNRM-CM5	0.38	0.78	0.8	0.9
CanESM2	0.40	0.37	0.63	0.8
IPSL-cm5a-lr	0.30	1.1	1.15	1.3
MIROC-esm	0.21	1.38	1.22	1.58
MIROC5	0.40	1.59	1.1	1.41
MRI-CGCM3	0.25	1.15	1.4	1.6

I.1.1.2.2 Temperatura

En los cuadros 7, 8 y 9 se muestran las métricas climáticas (error absoluto medio [MAE], desviación estándar [Std] y correlación [r]) para las variables de temperatura media, mínima y máxima de los modelos CMIP5 que coinciden con los nuevos modelos CMIP6. Nuevamente los modelos con mejor desempeño en la zona Noroeste para temperatura media, mínima y máxima fueron CNRM-CM5, CanESM2, IPSL-cm5a-lr y MIROC5 ya que tienen una mayor correlación con respecto al clima histórico, además de que tienen menor STD y MAES. En el caso de CMIP6 los modelos serían CNRM-CM6-1, CanESM5, IPSL-CM6A-LR y MIROC6.

Cuadro 46. Métricas climáticas de los modelos CMIP5 para temperatura media para evaluar su desempeño en la región Noroeste de México.

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
BCC-CSM1-1	0.9	6.0	3.9	4.2
CNRM-CM5	1.0	5.2	3.2	3.3
CanESM2	0.98	5.3	3.5	3.7
IPSL-cm5a-lr	0.98	6.3	4.5	5.0
MIROC-esm	0.90	4.6	5.0	5.0
MIROC5	0.97	5.0	3.3	4.5
MRI-CGCM3	0.95	4.2	4.6	3.3

Cuadro 47. Métricas climáticas de los modelos CMIP5 para temperatura máxima para evaluar su desempeño en la región Noroeste de México.

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
BCC-CSM1-1	0.9	6.6	4.7	4.9
CNRM-CM5	0.92	6.3	3.0	3.2

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
CanESM2	0.93	6.2	2.8	3.3
IPSL-cm5a-lr	0.95	5.0	2.7	3.0
MIROC-esm	0.9	5.8	4.5	4.9
MIROC5	0.95	5.8	3.1	3.3
MRI-CGCM3	0.95	5.5	5.2	5.4

Cuadro 48. Métricas climáticas de los modelos CMIP5 para temperatura mínima para evaluar su desempeño en la región Noroeste de México.

Modelo	Correlación	STD (Desviación estándar)	MAES (Error medio absoluto)	RMSE (Error cuadrático medio)
BCC-CSM1-1	0.9	6.0	3.9	4.2
CNRM-CM5	1.0	5.2	3.2	3.3
CanESM2	0.98	5.3	3.5	3.7
IPSL-cm5a-lr	0.98	6.3	4.5	5.0
MIROC-esm	0.90	4.6	5.0	5.0
MIROC5	0.97	5.0	3.3	4.5
MRI-CGCM3	0.95	4.2	4.6	3.3

I.1.2 DETERMINACIÓN DE LAS ESTADÍSTICAS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

Después de seleccionar los modelos que se utilizaron, se descargaron de la página de WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/index.html>) que es una base de datos meteorológicos y climáticos globales de alta resolución espacial. Posteriormente, se determinaron las estadísticas de las variables de precipitación, temperatura media, máxima y mínima para cada modelo mediante el sistema de información geográfica QGIS v3.2 para los datos climáticos históricos (línea base 1970-2000) y para los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 bajo el horizonte de tiempo 2061-2081 y 2081-2100 (Fig. 2) para el total del área de estudio y para las cuatro subcuentas (Cuencas Casas Grandes, Sata María, R. del Carmen y El Carrizo y Otros).

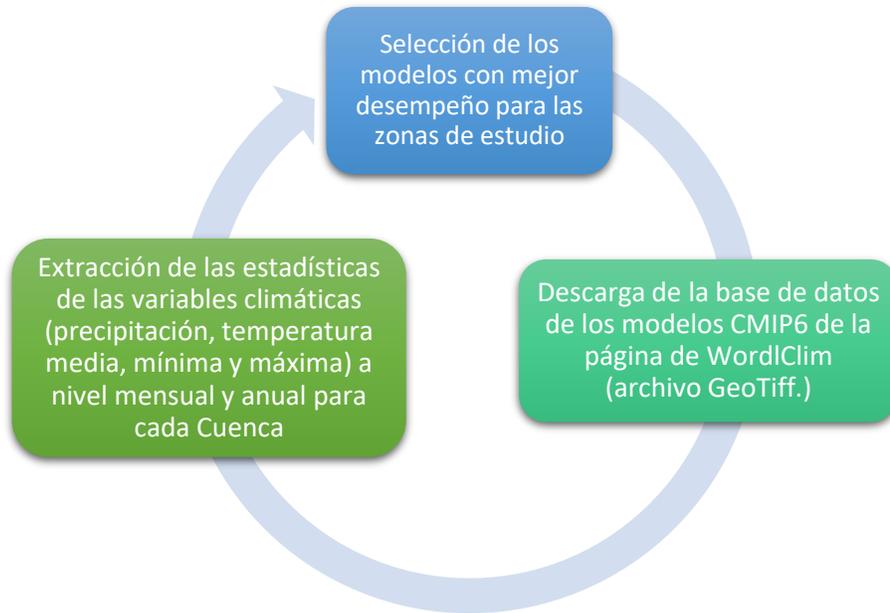


Figura 59. Esquema metodológico utilizado para la extracción de las estadísticas de las variables climáticas en cada cuenca de estudio.

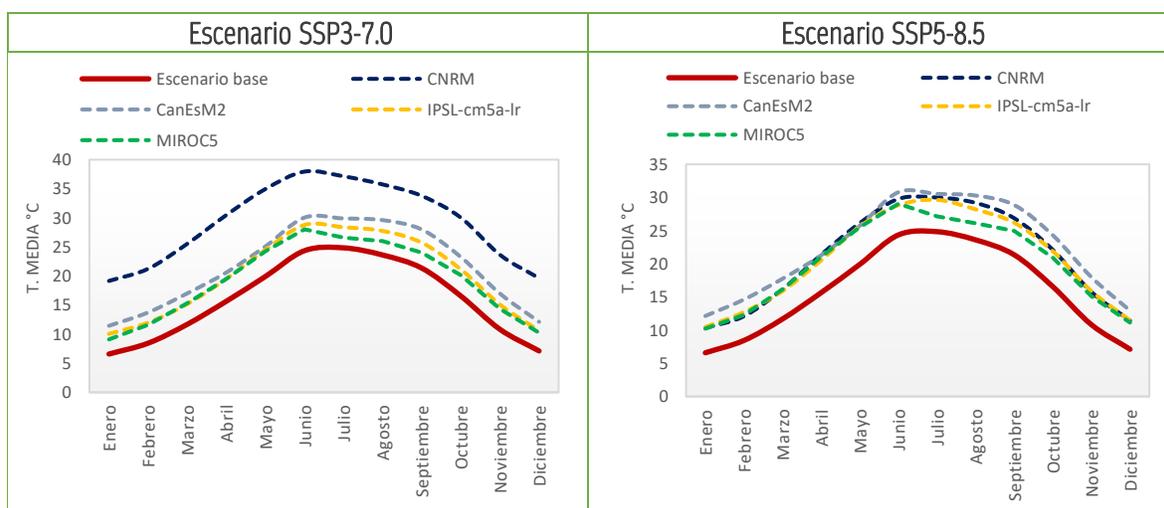
I.2 RESULTADOS

I.2.1 TEMPERATURA (PERIODO 2061-2081)

Los cuatro modelos analizados (CNRM-CM6-1, CanESM5, IPSL-CM6A-LR y MIROC6) en el área de estudio y en las subcuencas: Cuencas Casas Grandes, Sata María, R. del Carmen, así como el modelo MRI-ESM2-0 en la subcuenca El Carrizo y Otros, indican un incremento de la temperatura media anual en el horizonte de tiempo 2061-2081. El aumento de la temperatura podría ser de hasta 5.57 °C (modelo CanESM5) en el escenario SSP3.7 y hasta 6.36 °C con el mismo modelo en el escenario SSP58-5. En cuanto a las temperaturas mínimas el incremento podría ser de hasta 5.44°C y 6.21°C en el escenario SSP3.7 y SSP58.5 respectivamente. Las temperaturas máximas tendrán un incremento similar, siendo de 5.71°C y 6.52 °C para el escenario SSP3.7 y SSP58.5 respectivamente.

Se muestran las estadísticas de la precipitación y temperatura anual, mínimas y máximas del total del área de estudio y en cada Subcuenca (Casas Grandes, Sata María, R. del Carmen y El Carrizo y Otros) para los datos climáticos históricos (línea base 1970-2000) y para los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en el horizonte de tiempo 2061-2081, con los modelos CNRM-CM6-1, CanESM5, IPSL-CM6A-LR y MIROC6 para el caso de la Zona Noroeste, así como MRI-ESM2-0 para la Cuenca El Carrizo y Otros localizada en la Zona Noreste.

En las figuras 3 a 7 se observa el comportamiento de la temperatura media, mínima y máxima que se tendrá bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 con los modelos seleccionados comparada con la línea base en el área de estudio total y en las cuatro Cuencas evaluadas.



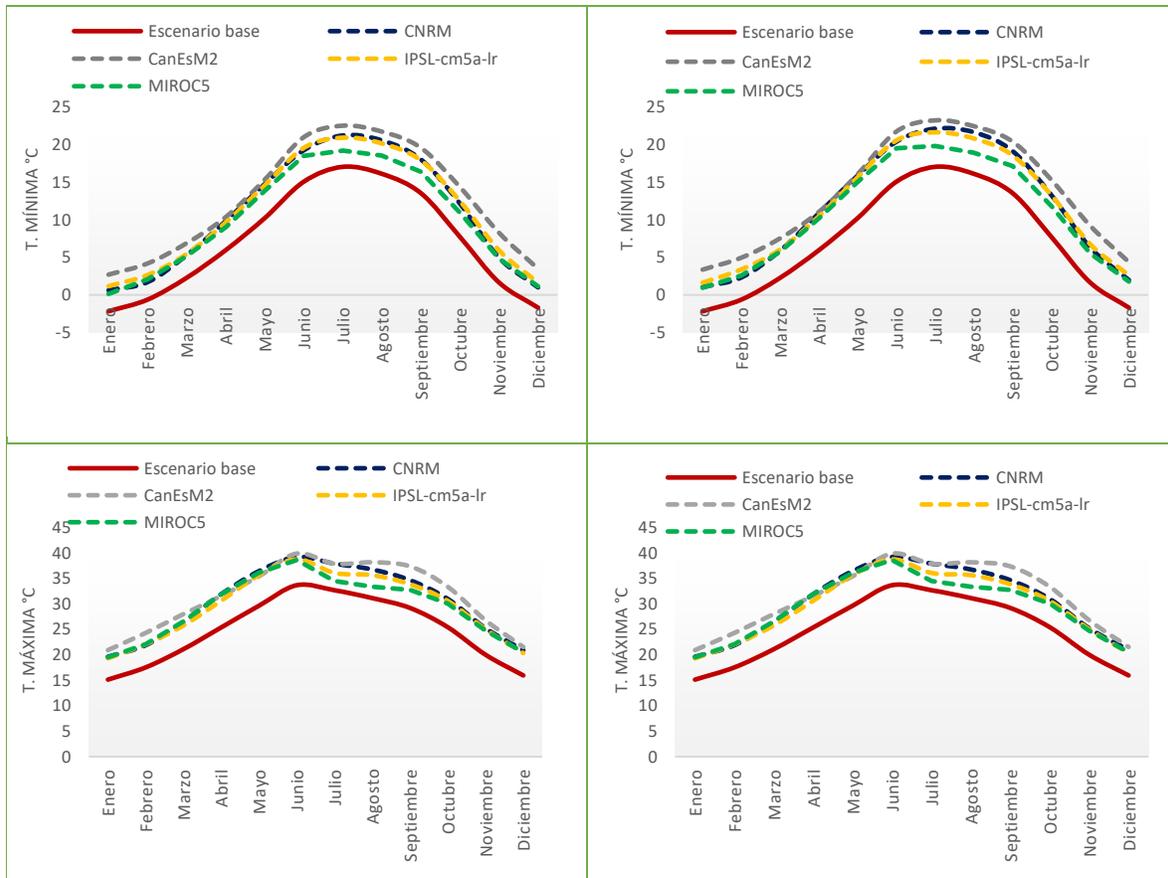


Figura 60. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en el área de estudio.

I.2.2 PRECIPITACIÓN (PERIODO 2061-2081)

Se observó que la precipitación total anual tendrá un comportamiento similar en toda el área de estudio, así como en las diferentes subcuencas tanto en el escenario SSP3.7 como en el escenario SSP58.5. Los modelos MIROC6 e IPSL arrojaron un incremento de la precipitación total anual en los meses de junio a septiembre, lo que ocasionará que la precipitación total anual incremente hasta 23 mm en el escenario SSP3.7 y 26 mm en el escenario SSP58.5. Con el modelo CanESM5 se observó un incremento de la precipitación total anual en los meses de junio y julio, pero bajará significativamente en agosto y septiembre, por lo tanto, la precipitación total anual tendrá una disminución de hasta 9.91 mm en el escenario SSP58.5. La precipitación en los meses de enero a mayo y de octubre a diciembre tendrán un comportamiento similar a la línea base con los modelos MIROC6, IPSL y CanESM5. El modelo CNRM mostró una disminución de la precipitación en todos los meses que ocasionará una disminución total anual de hasta 43 mm tanto en el escenario SSP3.7 como en SSP58.5. Se estima que la subcuenca El Carrizo y Otros tendrá mayor disminución de la precipitación total anual usando el modelo CNRM con un decremento de hasta 65 mm en el escenario SSP3.7 y 72 mm en el escenario SSP58.5.

En cuanto a la precipitación mínima y máxima que se puede tener en el área de estudio y en las diferentes subcuencas, el comportamiento será similar a la precipitación total anual. El modelo CNRM arrojó una

disminución de hasta 20 mm y 112 mm en las mínimas y máximas respectivamente bajo el escenario SSP58.5. Mientras que el modelo MIROC6 muestra un incremento de hasta 13 mm en la precipitación mínima y hasta 29 mm. En las figuras 8 y 11 se observa el comportamiento de la precipitación total anual (mm) media en las zonas de estudio, así como la precipitación mínima y máxima que se puede dar en las áreas evaluadas bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 con los modelos seleccionados comparada con la línea base.

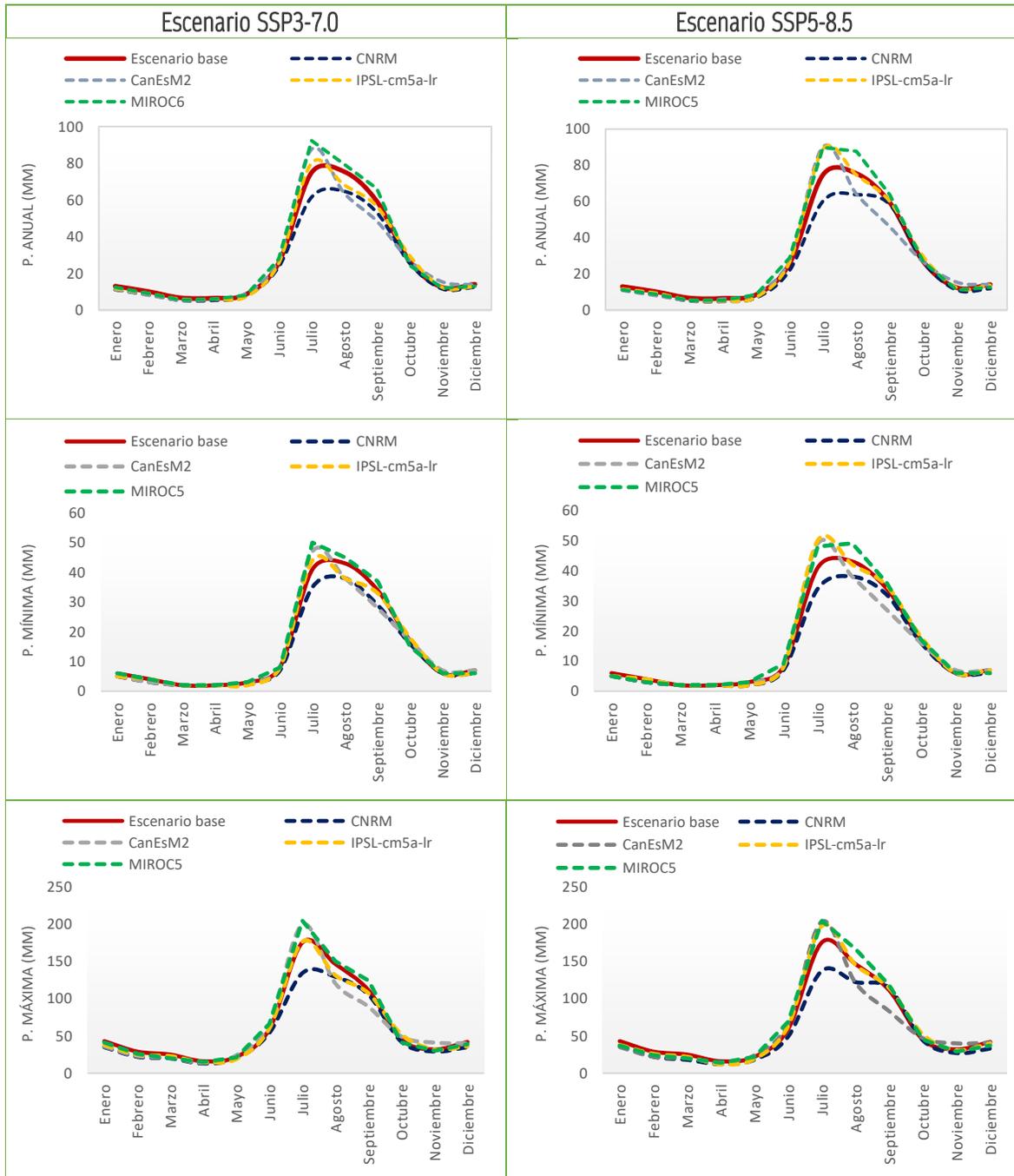
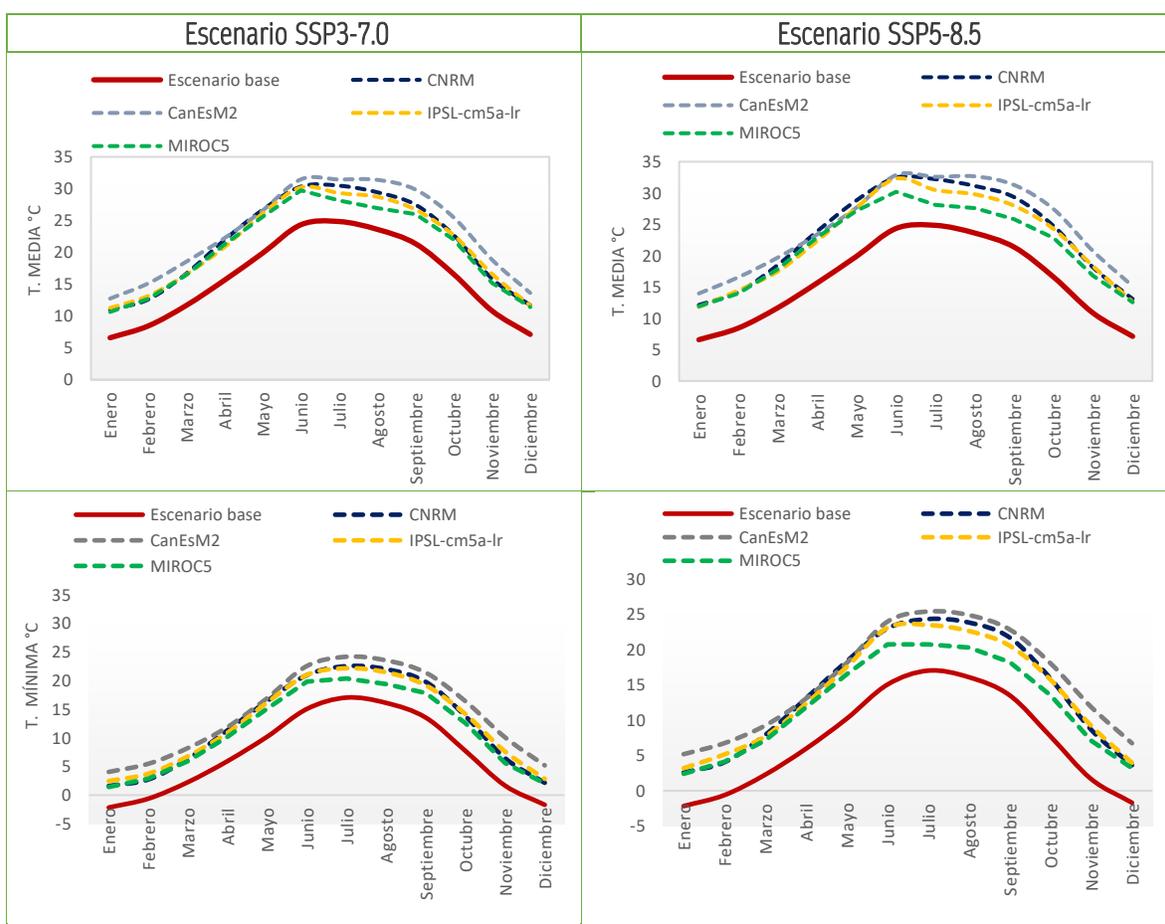


Figura 61. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en el área de estudio.

I.2.3 TEMPERATURA (PERIODO 2081-2100)

Se muestran las estadísticas de la precipitación y temperatura anual, mínimas y máximas del total del área de estudio y en cada Cuenca (Casas Grandes, Sata María, R. del Carmen y El Carrizo y Otros) para los datos climáticos históricos (línea base 1970-2000) y para los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en el horizonte de tiempo 2081-2100, con los modelos CNRM-CM6-1, CanESM5, IPSL-CM6A-LR y MIROC6 para el caso de la Zona Noroeste, así como MRI-ESM2-0 para la Cuenca El Carrizo y Otros localizada en la Zona Noreste.

En las figuras 10 a 14 se observa el comportamiento de la temperatura media, mínima y máxima que se tendrá bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 con los modelos seleccionados comparada con la línea base en el área de estudio total y en las cuatro Cuencas evaluadas.



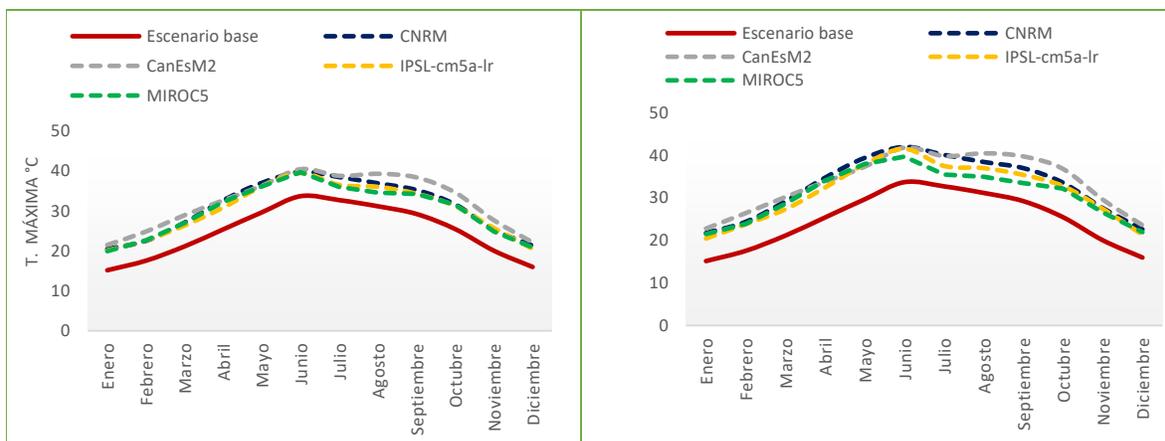


Figura 62. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en el área de estudio.

I.2.4 PRECIPITACIÓN (PERIODO 2081-2100)

El comportamiento de la precipitación será similar al horizonte de tiempo 2061-2081 en toda el área de estudio y en las diferentes subcuencas. Nuevamente los modelos MIROC6 e IPSL arrojaron un incremento de la precipitación en los meses de junio a septiembre que ocasionará un aumento de la precipitación total anual de hasta 14 mm en el escenario SSP3.7 y 28 mm en el SSP58.5. El modelo CanESM5 también registra que habrá un aumento de la precipitación en los meses de junio a julio, pero disminuirá en los meses de agosto a septiembre lo que ocasionará que la precipitación total anual disminuya hasta 15 mm en SSP58.5. El modelo CNRM fue el más drástico, pues se espera una disminución de la precipitación en todos los meses que ocasionará un decremento de hasta 42 mm en el SSP3.7 y de hasta 51.6 mm en el escenario SSP58.5.

En cuanto a la precipitación mínima y máxima que se puede tener en el área de estudio y en las diferentes subcuencas, el comportamiento será similar a la precipitación total anual. El modelo CNRM arrojó una disminución de hasta 23 mm y 139 mm en las mínimas y máximas respectivamente bajo el escenario SSP58.5. Mientras que el modelo MIROC6 muestra un incremento de hasta 30 mm en la precipitación mínima y hasta 61 mm.

En las figuras 15 a 19 se observa el comportamiento de la precipitación total anual (mm) media en las zonas de estudio, así como la precipitación mínima y máxima que se puede dar en las áreas evaluadas bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 con los modelos seleccionados comparada con la línea base.

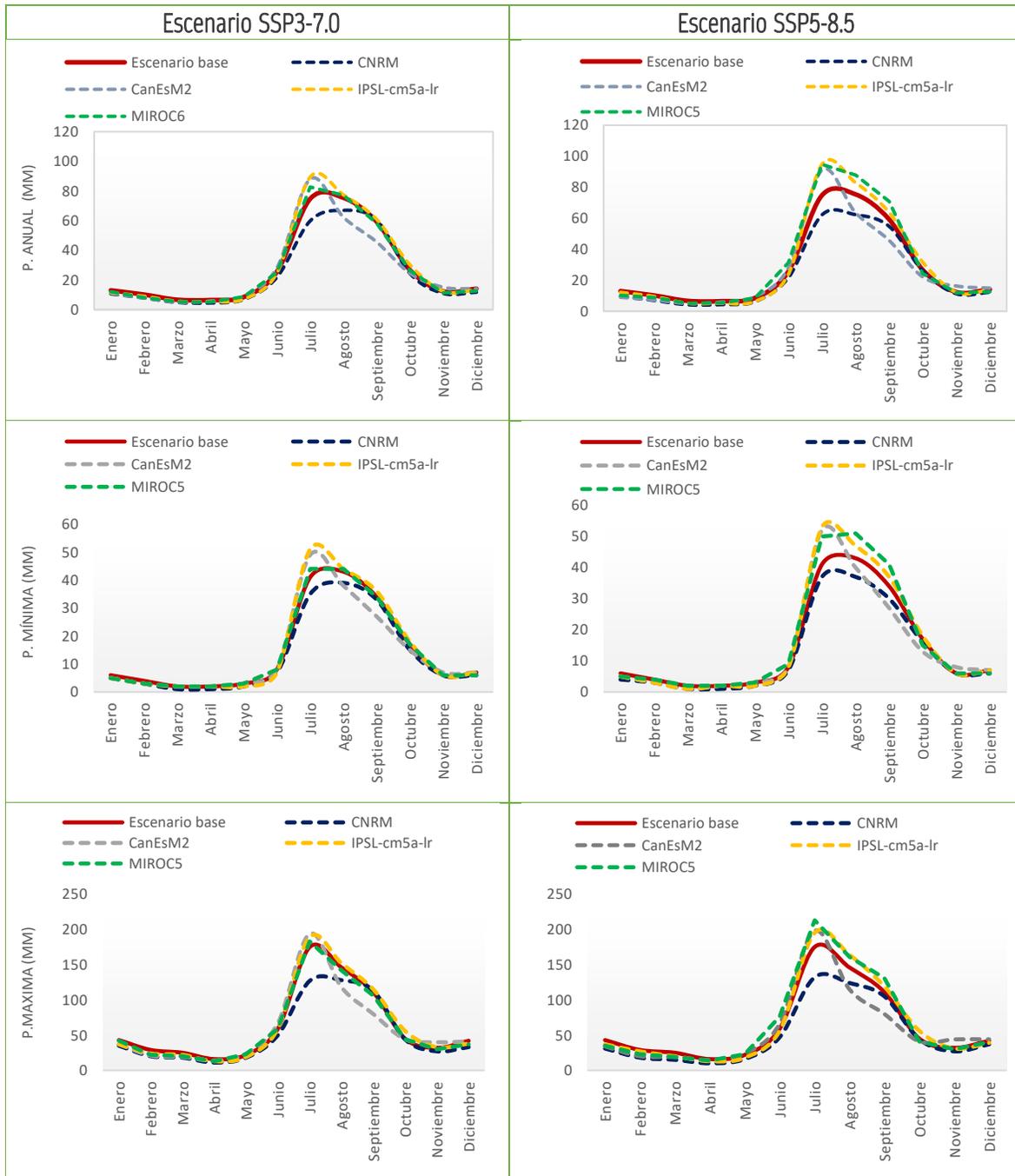


Figura 63. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en el área de estudio.

I.3 PERCEPCIÓN DEL CAMBIO

En un breve ejercicio con actores clave de ganadería en el estado⁷, que incluyen gobierno, sociedad civil e investigadores, se aplicó un instrumento para conocer la percepción que tienen sobre el cambio climático. Los resultados indican que:

Todos los entrevistados (100%) indicaron que la temperatura máxima en el año, o los veranos, ha aumentado.

Sobre la temperatura mínima, 75% indicó que ha disminuido, el restante que permanece muy parecido a las condiciones actuales. Los inviernos están siendo mas fríos cada vez.

Las heladas son más frecuentes, así como las ondas de calor aumentan (75% de los entrevistados).

Sobre la lluvia, 75% indicó que a lo largo del año es menor o ha disminuido, el restante (25%) de los entrevistados que llueve de forma muy parecida a lo actual. Sin embargo, la cantidad de lluvia por evento o por día ha disminuido así como aumentado las sequías (75% de las respuestas).

I.4 REFLEXIÓN FINAL

Todos los modelos de cambio climático utilizados apuntan a que la temperatura incrementará. En la temperatura media podrá ser de 5.5°C y hasta 6.3°C dependiendo el modelo. De forma muy similar se proyecta para temperaturas mínimas y máximas. Para el caso de precipitación los escenarios concuerdan con condiciones muy similares a las actuales, pero con algunos cambios estacionales. En la temporada seca (enero-mayo) prácticamente el escenario es similar al actual. Durante la temporada de lluvias (junio-septiembre) podrían incrementarse levemente las precipitaciones, pero al realizar el balance anual prácticamente queda igual que actualmente. Lo anterior de forma general en las cuencas, regionalmente puede cambiar. La percepción del cambio climático ya es notoria en la sociedad. Se refleja en el manifiesto de eventos climáticos extremos cada vez mas frecuentes. Heladas y ondas de calor son los mas referidos en temperatura. Sobre lluvia la percepción es de disminución y aumento de sequías en el estado. De modo que el reto que deberá enfrentar la sociedad será principalmente hídrico, la escasez de lluvia. En la actividad ganadera también se prevé retos de obtención y distribución de agua para los animales. Se sugiere investigar mas a fondo sobre el confort del ganado ante los aumentos previstos de temperatura, particularmente la temperatura máxima.

⁷ Aplicada de manera electrónica del 13 al 20 de mayo de 2022 a seis actores clave, dos actores de gobierno (Secretaría de Desarrollo Rural), dos organizaciones de la sociedad civil y dos investigadores de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH.

II Referencias

Cavazos, T., Colorado, G., Martínez-López, B., Conde, C...et al.(2013). Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productores de la quinta comunicación nacional. Informe final. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C.-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Centro de Ciencias de la atmósfera UNAM. 4-151 pp.

WorldClim. (2022). Mapas, gráficos, tablas y datos del clima global. Disponible en: <https://www.worldclim.org/data/index.html>.

III Anexos

III.1 ANOMALÍAS DE TEMPERATURA (PERIODO 2061-2081)

III.1.1 REGIÓN DE ESTUDIO

Cuadro 49. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura media con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	
Enero	6.59	3.3	4.85	3.47	2.51	50.01	73.63	52.61	38.12	3.73	5.55	3.87	3.64	56.57	84.21	58.79	55.19	
Febrero	8.45	3.02	5.28	3.54	3.19	35.8	62.56	41.86	37.75	3.65	6.17	4.27	3.86	43.24	73.07	50.56	45.75	
Marzo	11.68	3.72	5.32	3.5	3.64	31.85	45.53	29.92	31.12	4.47	6.07	4.21	4.45	38.27	51.95	36.05	38.12	
Abril	15.65	4.48	4.95	3.85	3.83	28.65	31.59	24.62	24.48	5.72	5.64	4.88	5.4	36.56	36.02	31.15	34.5	
Mayo	19.92	4.93	5.17	4.58	4.32	24.75	25.94	22.99	21.68	6.22	5.81	5.7	5.63	31.26	29.2	28.64	28.27	
Junio	24.35	4.24	5.69	4.43	3.68	17.41	23.38	18.18	15.1	5.43	6.44	4.48	4.7	22.3	26.44	18.41	19.29	
Julio	24.84	4.33	5.05	3.54	1.73	17.42	20.32	14.25	6.96	5.15	5.69	4.79	2.29	20.72	22.9	19.27	9.23	
Agosto	23.61	4.53	6	4.14	2.37	19.2	25.41	17.53	10.03	5.57	6.68	4.6	2.52	23.61	28.3	19.47	10.66	
Septiembre	21.35	4.53	6.63	4.37	2.69	21.22	31.05	20.45	12.58	5.52	7.51	4.83	3.58	25.85	35.15	22.63	16.77	
Octubre	16.56	4.52	6.7	4.58	3.6	27.31	40.47	27.64	21.74	5.55	7.75	5.34	4.38	33.52	46.82	32.28	26.43	
Noviembre	10.83	3.47	6.15	4.26	3.5	32.05	56.83	39.39	32.36	4.93	7.16	5.05	4.3	45.5	66.14	46.69	39.69	
Diciembre	7.12	3.19	5	3.46	3.13	44.81	70.14	48.6	43.96	4.32	5.82	4.35	4.01	60.65	81.65	61.01	56.24	
Anual	15.91	4.02	5.57	3.98	3.18	25.28	34.98	24.98	19.99	5.02	6.36	4.7	4.06	31.56	39.95	29.53	25.53	

Cuadro 50. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	
Enero	-2.17	2.79	4.87	3.34	2.3	-128.31	-224.09	-153.82	-105.91	3.21	5.54	3.8	3.13	-147.4	-254.8	-174	-143.92	
Febrero	-0.62	2.33	4.81	3.27	2.69	-373.75	-772.3	-525.54	-431.17	2.95	5.57	4.02	3.18	-473.7	-894.93	-645	-510.86	
Marzo	2.27	3.01	4.61	3.17	2.9	132.42	202.63	139.31	127.69	3.62	5.25	3.78	3.47	158.9	231.06	166	152.37	
Abril	5.95	3.86	4.4	3.67	3.06	64.79	73.88	61.74	51.46	4.92	5.09	4.5	4.23	82.64	85.46	75.66	71.1	
Mayo	10.22	4.53	5.12	4.35	3.62	44.3	50.09	42.61	35.4	5.65	5.84	5.42	4.78	55.3	57.2	53.01	46.78	
Junio	15.06	4.18	5.92	4.49	3.44	27.75	39.3	29.85	22.87	5.33	6.67	5.48	4.45	35.37	44.28	36.42	29.56	
Julio	17.03	4.18	5.47	3.87	2.16	24.51	32.09	22.71	12.66	5.08	6.18	4.58	2.77	29.8	36.27	26.92	16.24	
Agosto	16.1	4.44	5.61	4.04	2.44	27.59	34.82	25.08	15.13	5.53	6.33	4.7	2.82	34.35	39.31	29.17	17.53	
Septiembre	13.53	4.48	6.03	4.36	2.84	33.09	44.55	32.25	20.97	5.59	6.85	5.02	3.62	41.3	50.65	37.1	26.72	
Octubre	7.71	4.42	6.63	4.76	3.24	57.39	85.96	61.72	42.02	5.55	7.58	5.54	4.09	72.04	98.32	71.85	53.11	
Noviembre	1.65	3.29	6.61	4.28	3.18	199.6	400.33	259.18	192.92	4.66	7.55	5.1	3.86	282.5	457.61	309.1	233.55	
Diciembre	-1.7	2.7	5.17	3.33	2.82	-159.08	-304.68	-195.92	-166.31	3.68	6.06	4.3	3.49	-216.4	-356.69	-253	-205.37	
Anual	7.09	3.68	5.44	3.91	2.89	51.99	76.72	55.21	40.8	4.65	6.21	4.69	3.66	65.57	87.64	66.15	51.6	

Cuadro 51. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máxima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	15.12	4.03	5.06	3.82	2.95	26.65	33.46	25.25	19.51	4.48	5.79	4.18	4.37	29.61	38.27	27.61	28.92
Febrero	17.52	3.72	5.76	3.8	3.69	21.24	32.87	21.69	21.08	4.35	6.77	4.52	4.55	24.86	38.65	25.82	25.96
Marzo	21.1	4.43	6.03	3.82	4.37	21.01	28.6	18.13	20.72	5.33	6.89	4.65	5.44	25.26	32.64	22.04	25.81
Abril	25.36	5.11	5.49	4.04	4.6	20.17	21.67	15.91	18.15	6.53	6.19	5.25	6.57	25.75	24.41	20.7	25.91
Mayo	29.61	5.33	5.22	4.8	5.02	18	17.61	16.22	16.95	6.8	5.78	5.99	6.48	22.96	19.53	20.24	21.89
Junio	33.64	4.3	5.47	4.36	3.91	12.78	16.25	12.96	11.62	5.53	6.21	5.08	4.94	16.45	18.46	15.09	14.69
Julio	32.65	4.48	4.63	3.21	1.3	13.72	14.18	9.84	3.98	5.22	5.2	3.4	1.82	15.98	15.93	10.4	5.57
Agosto	31.11	4.62	6.39	4.24	2.3	14.86	20.54	13.62	7.38	5.61	7.03	4.49	2.21	18.05	22.59	14.44	7.1
Septiembre	29.18	4.59	7.24	4.37	2.54	15.72	24.8	14.98	8.7	5.45	8.16	4.65	3.55	18.68	27.96	15.92	12.16
Octubre	25.4	4.62	6.77	4.4	3.96	18.18	26.67	17.3	15.58	5.55	7.93	5.15	4.66	21.83	31.2	20.27	18.33
Noviembre	20	3.64	5.7	4.25	3.82	18.22	28.48	21.25	19.11	5.19	6.77	5.01	4.74	25.94	33.83	25.03	23.69
Diciembre	15.94	3.68	4.82	3.6	3.44	23.1	30.23	22.57	21.57	4.97	5.58	4.39	4.53	31.14	34.97	27.52	28.38
Anual	24.72	4.38	5.71	4.06	3.49	17.72	23.12	16.42	14.12	5.42	6.52	4.73	4.49	21.91	26.39	19.13	18.15

III.1.2 CUENCA CASAS GRANDES

Cuadro 52. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura anual con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	6.02	3.42	4.91	3.6	2.66	56.74	81.61	59.88	44.25	3.82	5.63	3.99	3.74	63.49	93.6	66.31	62.07
Febrero	7.97	3.03	5.18	3.56	3.15	38.03	64.94	44.6	39.47	3.6	6.07	4.22	3.81	45.18	76.19	52.96	47.74
Marzo	10.96	3.62	5.58	3.45	3.66	33.03	50.97	31.46	33.45	4.39	5.93	4.16	4.41	40.06	54.17	37.98	40.22
Abril	14.66	4.47	4.81	3.78	3.89	30.51	32.79	25.81	26.51	5.7	5.52	4.75	5.42	38.88	37.65	32.42	36.96
Mayo	18.95	5.09	5.11	4.57	4.3	26.87	26.98	24.09	22.69	6.34	5.78	5.69	5.71	33.44	30.52	30.02	30.12
Junio	24.62	3.49	5.06	3.69	2.91	14.18	20.55	14.98	11.81	4.65	5.79	4.58	4.06	18.86	23.52	18.61	16.48
Julio	24.42	4.41	5.25	3.64	1.94	18.04	21.51	14.9	7.93	5.19	5.92	4.09	2.34	21.26	24.25	16.75	9.59
Agosto	23.22	4.57	6.02	4.28	2.49	19.69	25.91	18.44	10.71	5.63	6.73	4.71	2.51	24.26	28.97	20.29	10.79
Septiembre	20.94	4.69	6.72	4.49	2.76	22.37	32.07	21.45	13.16	5.62	7.64	4.96	3.67	26.86	36.46	23.7	17.54
Octubre	16.11	4.63	6.92	4.7	3.82	28.78	42.93	29.17	23.7	5.7	8	5.54	4.55	35.38	49.69	34.39	28.22
Noviembre	10.29	3.51	5.84	4.28	3.64	34.11	56.81	41.6	35.34	4.95	7.29	5.08	4.44	48.09	70.9	49.42	43.13
Diciembre	6.59	3.21	4.99	3.51	3.17	48.71	75.82	53.29	48.18	4.28	5.83	4.34	4.05	65.04	88.52	65.88	61.55
Anual	15.39	4.01	5.53	3.96	3.2	26.06	35.94	25.74	20.77	4.99	6.35	4.68	4.06	32.41	41.22	30.38	26.36

Cuadro 53. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	-2.2	2.75	4.81	3.37	2.3	-126.92	-222.05	-155.81	-106.2	3.1	5.5	3.8	3.1	-145	-253.5	-175.6	-143.1
Febrero	-0.7	2.28	4.71	3.32	2.64	-309.88	-639.49	-451.2	-358.38	2.9	5.5	4	3.1	-388.1	-744.3	-544.3	-424.4
Marzo	1.9	2.84	4.48	3.13	2.9	148.14	233.09	162.98	151.02	3.4	5.1	3.7	3.4	179.6	267.3	194.8	177.9
Abril	5.1	3.75	4.27	3.59	3.11	73.06	83.18	69.86	60.65	4.8	5	4.4	4.3	93.3	97.2	84.9	83
Mayo	9.3	4.59	5.08	4.32	3.69	49.2	54.45	46.26	39.49	5.7	5.8	5.4	4.9	60.6	62.5	57.3	52.7
Junio	14.4	4.24	6.21	4.6	3.57	29.48	43.13	31.91	24.77	5.4	7	5.6	4.7	37.3	48.4	38.9	32.6
Julio	16.7	4.22	5.71	3.94	2.28	25.35	34.3	23.63	13.7	5.1	6.4	4.7	2.8	30.6	38.7	28	16.9
Agosto	15.8	4.44	5.68	4.11	2.53	28.15	36.05	26.08	16.05	5.6	6.4	4.8	2.8	35.3	40.9	30.1	17.9
Septiembre	13.1	4.6	6.21	4.52	2.96	35.24	47.51	34.63	22.68	5.7	7.1	5.2	3.8	43.5	54.2	39.5	29
Octubre	7.2	4.52	7.01	4.91	3.45	63.02	97.63	68.4	48.07	5.7	8	5.7	4.3	79.2	111.7	80	59.8
Noviembre	1.3	3.28	6.76	4.3	3.29	260.22	536.44	341.5	260.94	4.6	7.7	5.1	4	365.9	614	405.7	313.9
Diciembre	-1.8	2.65	5.14	3.36	2.83	-150.3	-291.41	-190.42	-160.39	3.6	6	4.3	3.5	-203.9	-341.9	-242.6	-198.1
Anual	6.7	3.68	5.51	3.96	2.96	55.19	82.54	59.3	44.41	4.6	6.3	4.7	3.7	69.3	94.5	70.7	55.8

Cuadro 54. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máximas con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	14.2	4.08	5.02	3.83	3.03	28.74	35.31	27	21.32	4.5	5.78	4.18	4.37	31.71	40.69	29.43	30.8
Febrero	16.68	3.78	5.65	3.79	3.66	22.68	33.87	22.73	21.92	4.35	6.67	4.44	4.49	26.07	40	26.62	26.92
Marzo	19.99	4.39	5.88	3.77	4.43	21.98	29.4	18.83	22.16	5.33	6.74	4.58	5.4	26.65	33.69	22.92	27
Abril	24.18	5.19	5.34	3.98	4.66	21.48	22.09	16.46	19.26	6.61	6.05	5.14	6.57	27.34	25.01	21.28	27.18
Mayo	28.56	5.59	5.14	4.81	4.91	19.57	18	16.85	17.2	7.01	5.72	6.02	6.49	24.56	20.05	21.09	22.73
Junio	33.18	4.41	5.58	4.46	3.92	13.29	16.83	13.43	11.82	5.59	6.29	5.24	5.1	16.86	18.96	15.8	15.37
Julio	32.18	4.59	4.79	3.34	1.59	14.26	14.89	10.39	4.95	5.29	5.4	3.51	1.87	16.45	16.77	10.92	5.8
Agosto	30.68	4.71	6.35	4.46	2.44	15.35	20.71	14.52	7.96	5.71	7.02	4.67	2.19	18.6	22.86	15.23	7.12
Septiembre	28.82	4.77	7.22	4.46	2.55	16.54	25.07	15.47	8.85	5.56	8.19	4.77	3.56	19.29	28.41	16.55	12.34
Octubre	25.04	4.75	6.82	4.49	4.19	18.96	27.25	17.92	16.72	5.71	7.99	5.34	4.8	22.82	31.92	21.32	19.18
Noviembre	19.32	3.74	5.75	4.26	3.98	19.36	29.75	22.04	20.62	5.28	6.85	5.06	4.92	27.36	35.47	26.18	25.47
Diciembre	14.94	3.76	4.84	3.66	3.51	25.19	32.41	24.48	23.53	4.97	5.62	4.39	4.61	33.26	37.65	29.42	30.86
Anual	23.98	4.48	5.7	4.11	3.57	18.69	23.77	17.13	14.9	5.49	6.53	4.78	4.53	22.91	27.21	19.93	18.89

III.1.3 CUENCA SANTA MARÍA

Cuadro 55. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura anual con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Santa María.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	6.68	3.45	4.99	3.59	2.37	51.68	74.75	53.74	35.52	3.88	5.7	3.65	3.73	58.06	85.39	54.58	55.78
Febrero	8.9	3.04	5.3	3.55	2.74	34.19	59.52	39.83	30.81	3.66	6.19	3.59	3.83	41.08	69.56	40.34	43.03
Marzo	12.2	3.7	5.33	3.48	3.11	30.32	43.64	28.48	25.52	4.46	6.09	3.5	4.42	36.52	49.89	28.65	36.21
Abril	15.97	4.49	4.94	3.82	3.37	28.1	30.94	23.92	21.1	5.73	5.63	4.35	5.38	35.86	35.28	27.26	33.67
Mayo	20.22	4.97	5.16	4.6	3.85	24.57	25.53	22.75	19.04	6.25	5.82	5.16	5.66	30.92	28.78	25.5	28
Junio	24.76	4.26	5.74	4.48	3.18	17.2	23.18	18.09	12.84	5.44	6.49	4.44	4.73	21.97	26.2	17.92	19.11
Julio	25.26	4.34	5.07	3.56	1.17	17.17	20.07	14.09	4.64	5.15	5.72	3.01	2.25	20.39	22.64	11.92	8.92
Agosto	24	4.54	5.99	4.14	1.76	18.9	24.98	17.26	7.35	5.58	6.68	3.57	2.49	23.24	27.84	14.89	10.36
Septiembre	21.86	4.56	6.67	4.36	2.03	20.88	30.53	19.95	9.27	5.54	7.56	3.8	3.58	25.36	34.57	17.38	16.36
Octubre	17.07	4.55	6.74	4.59	3.05	26.66	39.52	26.89	17.89	5.58	7.8	4.52	4.39	32.69	45.73	26.48	25.7
Noviembre	11.13	3.48	6.19	4.27	3.12	31.27	55.62	38.38	28.08	4.93	7.2	4.6	4.31	44.31	64.69	41.36	38.72
Diciembre	7.39	3.21	5.03	3.51	2.83	43.47	68.15	47.53	38.31	4.33	5.86	4.06	3.99	58.56	79.34	54.95	54.07
Anual	16.29	4.05	5.6	4	2.72	24.86	34.37	24.53	16.68	5.04	6.4	4.02	4.06	30.96	39.27	24.69	24.94

Cuadro 56. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Santa María.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	-1.8	2.8	4.93	3.36	2.28	-154.78	-272.34	-185.5	-125.73	3.2	5.6	3.2	3.1	-177.4	-310	-174.1	-170.2
Febrero	-0.1	2.31	4.84	3.28	2.66	-414.76	-874.89	-546	-431.45	2.9	5.6	3.1	3.1	-539.3	-1076.9	-567	-566.4
Marzo	2.9	2.96	4.61	3.14	2.88	100.64	156.89	106.84	97.98	3.6	5.3	2.9	3.4	121.2	179.2	98.3	116.4
Abril	6.3	3.83	4.38	3.63	3.04	60.52	69.25	57.35	48.09	4.9	5.1	4	4.2	77.2	80.2	63	66.4
Mayo	10.5	4.55	5.09	4.37	3.63	43.18	48.34	41.48	34.47	5.7	5.8	4.9	4.8	53.7	55.3	46.1	45.6
Junio	15.5	4.19	5.95	4.56	3.48	27.04	38.38	29.47	22.43	5.3	6.7	4.7	4.5	34.4	43.2	30.6	29
Julio	17.5	4.17	5.45	3.86	2.18	23.86	31.19	22.14	12.46	5	6.2	3.7	2.7	28.9	35.3	21	15.7
Agosto	16.6	4.43	5.59	4.03	2.42	26.68	33.67	24.3	14.59	5.5	6.3	3.7	2.8	33.3	38	22.4	16.9
Septiembre	14	4.5	6.05	4.37	2.83	32.1	43.16	31.19	20.19	5.6	6.9	4.1	3.6	40	49.1	29.4	25.9
Octubre	8.2	4.45	6.69	4.79	3.27	54.32	81.68	58.53	39.9	5.6	7.6	4.9	4.1	68.1	93.4	59.5	50.3
Noviembre	2	3.27	6.67	4.3	3.19	160.54	326.94	210.67	156.33	4.6	7.6	4.6	3.9	227.3	373.3	226.6	188.8
Diciembre	-1.3	2.69	5.23	3.38	2.79	-210.74	-410.4	-264.91	-219.06	3.7	6.1	3.7	3.5	-286.3	-480.6	-292.4	-270.7
Anual	7.5	3.68	5.46	3.92	2.89	48.81	72.39	52.05	38.31	4.6	6.2	4	3.6	61.5	82.7	52.5	48.4

Cuadro 57. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máximas con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Santa María

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	15.17	4.1	5.06	3.82	2.82	27.05	33.35	25.2	18.57	4.55	5.8	4.14	4.37	29.97	38.23	27.3	28.83
Febrero	17.86	3.77	5.76	3.81	3.31	21.13	32.25	21.35	18.55	4.39	6.78	4.05	4.52	24.56	37.93	22.69	25.31
Marzo	21.46	4.44	6.04	3.81	3.91	20.69	28.13	17.74	18.22	5.35	6.91	4.1	5.41	24.92	32.17	19.11	25.22
Abril	25.61	5.15	5.5	4.01	4.15	20.1	21.48	15.67	16.21	6.57	6.2	4.72	6.55	25.64	24.21	18.44	25.59
Mayo	29.9	5.39	5.23	4.83	4.56	18.01	17.5	16.15	15.24	6.85	5.81	5.45	6.51	22.91	19.44	18.22	21.78
Junio	34.04	4.33	5.54	4.4	3.43	12.73	16.27	12.92	10.07	5.55	6.28	4.14	4.98	16.32	18.46	12.15	14.63
Julio	33.06	4.51	4.69	3.25	0.71	13.63	14.2	9.84	2.16	5.25	5.28	2.35	1.76	15.88	15.96	7.11	5.32
Agosto	31.4	4.65	6.4	4.25	1.71	14.8	20.39	13.54	5.45	5.64	7.05	3.44	2.17	17.95	22.46	10.95	6.9
Septiembre	29.71	4.63	7.3	4.35	1.82	15.59	24.57	14.65	6.13	5.49	8.24	3.48	3.52	18.46	27.73	11.72	11.85
Octubre	25.95	4.65	6.8	4.39	3.39	17.93	26.22	16.9	13.08	5.58	7.96	4.17	4.65	21.51	30.69	16.06	17.93
Noviembre	20.21	3.69	5.71	4.24	3.5	18.23	28.25	20.99	17.31	5.23	6.78	4.58	4.77	25.86	33.55	22.68	23.58
Diciembre	16.05	3.74	4.84	3.65	3.22	23.28	30.13	22.71	20.08	5	5.6	4.39	4.54	31.17	34.87	27.36	28.27
Anual	25.04	4.42	5.74	4.07	3.05	17.66	22.93	16.25	12.16	5.45	6.56	4.08	4.48	21.78	26.19	16.32	17.89

III.1.4 CUENCA R. DEL CARMEN

Cuadro 58. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura anual con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca R. del Carmen.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	6.33	3.4	5	3.57	2.6	53.66	79	56.44	41.08	3.84	5.69	4	3.74	60.69	89.98	63.18	59.09
Febrero	8.21	3	5.34	3.53	3.2	36.5	65.02	42.97	38.98	3.19	6.22	4.29	3.87	38.86	75.83	52.26	47.17
Marzo	11.46	3.73	5.39	3.52	3.61	32.6	47.06	30.69	31.53	4.13	6.14	4.24	4.45	36.08	53.62	37.03	38.82
Abril	15.4	4.5	5.01	3.88	3.78	29.21	32.54	25.19	24.57	5.74	5.7	4.92	5.37	37.3	37	31.96	34.87
Mayo	19.66	4.89	5.19	4.59	4.33	24.87	26.42	23.33	22.01	6.21	5.84	5.72	5.61	31.6	29.72	29.07	28.53
Junio	23.97	4.22	5.62	4.39	3.65	17.59	23.46	18.33	15.25	5.42	6.39	5.24	4.61	22.62	26.65	21.84	19.25
Julio	24.32	4.3	4.94	3.5	1.62	17.7	20.32	14.4	6.64	5.14	5.58	3.94	2.21	21.14	22.93	16.21	9.08
Agosto	23.04	4.53	5.98	4.07	2.26	19.68	25.95	17.64	9.82	5.56	6.65	4.53	2.47	24.15	28.86	19.65	10.72
Septiembre	20.91	4.47	6.62	4.29	2.61	21.4	31.66	20.51	12.47	5.49	7.47	4.75	3.52	26.24	35.74	22.72	16.82
Octubre	16.33	4.47	6.6	4.52	3.48	27.38	40.44	27.65	21.3	5.47	7.64	5.25	4.28	33.51	46.81	32.17	26.19
Noviembre	10.69	3.44	6.13	4.25	3.45	32.21	57.34	39.77	32.22	5.24	7.12	5.04	4.22	48.98	66.6	47.09	39.5
Diciembre	7.08	3.17	5.03	3.46	3.1	44.79	71.07	48.91	43.84	4.77	5.85	4.36	3.97	67.4	82.66	61.63	56.03
Anual	15.62	4.01	5.57	3.96	3.14	25.68	35.68	25.38	20.11	5.02	6.36	4.69	4.03	32.13	40.72	30.03	25.78

Cuadro 59. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca R. del Carmen

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	-2.5	2.76	4.91	3.33	2.29	-112.21	-199.78	-135.38	-93.26	3.2	5.6	3.8	3.1	-129.5	-227.2	-154.5	-126.8
Febrero	-0.9	2.28	4.86	3.24	2.7	-244.91	-521.05	-347.84	-289.26	2.9	5.6	4	3.2	-313.5	-602.7	-429.9	-341.5
Marzo	2	3.01	4.66	3.18	2.89	147.38	228.08	155.49	141.34	3.6	5.3	3.8	3.5	176.4	259.4	185.5	169.3
Abril	5.8	3.87	4.43	3.7	3.02	67.26	76.92	64.28	52.41	4.9	5.1	4.5	4.2	85.8	88.7	79	72.8
Mayo	10	4.51	5.11	4.36	3.59	45.3	51.29	43.81	36.01	5.7	5.8	5.4	4.7	56.8	58.6	54.6	47.4
Junio	14.8	4.16	5.78	4.46	3.39	28.11	39.08	30.16	22.96	5.3	6.5	5.4	4.3	35.9	44.2	36.8	29.4
Julio	16.6	4.16	5.3	3.83	2.09	25.07	31.94	23.11	12.59	5.1	6	4.5	2.7	30.6	36.2	27.4	16.3
Agosto	15.6	4.45	5.52	4	2.36	28.46	35.31	25.55	15.06	5.5	6.2	4.7	2.8	35.3	39.8	29.7	17.8
Septiembre	13.2	4.41	5.92	4.27	2.75	33.43	44.88	32.35	20.8	5.5	6.7	4.9	3.5	41.9	50.9	37.3	26.6
Octubre	7.6	4.37	6.45	4.69	3.14	57.46	84.74	61.64	41.21	5.5	7.4	5.4	4	71.9	96.9	71.6	52.5
Noviembre	1.6	3.26	6.57	4.27	3.13	208.1	419.39	272.37	200.02	4.6	7.5	5.1	3.8	295.5	478.8	325	242.3
Diciembre	-1.9	2.67	5.23	3.33	2.81	-142.37	-278.48	-177.61	-149.92	3.6	6.1	4.3	3.5	-193.7	-326	-230.7	-184.3
Anual	6.8	3.66	5.39	3.89	2.85	53.64	79.06	56.99	41.7	4.6	6.2	4.7	3.6	67.7	90.3	68.4	52.8

Cuadro 60. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máximas con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca R. del Carmen.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	15.12	4.03	5.09	3.81	2.91	26.68	33.66	25.23	19.23	4.5	5.8	4.2	4.36	29.76	38.39	27.77	28.85
Febrero	17.35	3.71	5.81	3.81	3.7	21.37	33.51	21.96	21.33	4.37	6.83	4.57	4.56	25.2	39.35	26.34	26.28
Marzo	20.87	4.46	6.12	3.86	4.34	21.36	29.34	18.47	20.79	5.35	6.99	4.7	5.43	25.62	33.47	22.5	26.04
Abril	25.04	5.12	5.59	4.06	4.55	20.46	22.33	16.2	18.17	6.55	6.29	5.3	6.55	26.15	25.12	21.15	26.15
Mayo	29.36	5.27	5.28	4.81	5.07	17.94	17.98	16.37	17.26	6.76	5.85	5.99	6.5	23.04	19.93	20.41	22.13
Junio	33.15	4.28	5.47	4.33	3.91	12.9	16.49	13.05	11.81	5.53	6.24	5.02	4.88	16.69	18.84	15.16	14.74
Julio	32.06	4.45	4.59	3.17	1.14	13.88	14.31	9.89	3.57	5.21	5.15	3.35	1.72	16.27	16.08	10.45	5.36
Agosto	30.44	4.62	6.44	4.13	2.17	15.16	21.15	13.58	7.13	5.61	7.08	4.4	2.16	18.43	23.24	14.46	7.09
Septiembre	28.62	4.54	7.32	4.31	2.47	15.85	25.56	15.06	8.63	5.44	8.23	4.57	3.52	19.01	28.75	15.98	12.29
Octubre	25.06	4.57	6.76	4.34	3.82	18.24	26.99	17.33	15.26	5.48	7.92	5.06	4.56	21.85	31.6	20.19	18.19
Noviembre	19.82	3.63	5.69	4.24	3.76	18.31	28.72	21.38	18.96	5.16	6.74	4.98	4.65	26.05	34.02	25.12	23.47
Diciembre	16.04	3.67	4.84	3.6	3.4	22.9	30.18	22.41	21.17	5	5.59	4.4	4.48	31.14	34.85	27.43	27.92
Anual	24.41	4.36	5.75	4.04	3.44	17.87	23.56	16.54	14.08	5.41	6.56	4.71	4.45	22.18	26.87	19.3	18.22

III.1.5 CUENCA EL CARRIZO Y OTROS

Cuadro 61. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura anual con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca El Carrizo y Otros

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	6.9	3.37	4.98	3.55	2.91	48.87	72.13	51.48	42.2	3.83	5.64	3.96	3.81	55.53	81.66	57.42	55.21
Febrero	8.72	3.02	5.35	3.51	3.14	34.59	61.4	40.24	35.97	3.71	6.22	4.32	3.52	42.52	71.38	49.53	40.36
Marzo	12.18	3.85	5.43	3.56	2.98	31.61	44.57	29.21	24.49	4.58	6.16	4.26	3.87	37.58	50.52	34.95	31.74
Abril	16.68	4.49	5.06	3.95	3.58	26.91	30.36	23.7	21.45	5.74	5.74	5.02	4.23	34.38	34.4	30.08	25.35
Mayo	20.91	4.73	5.21	4.56	3.66	22.61	24.92	21.82	17.49	6.08	5.83	5.67	4.24	29.06	27.85	27.13	20.25
Junio	24.87	4.14	5.46	4.28	3.7	16.62	21.95	17.23	14.89	5.37	6.21	5.07	4.24	21.58	24.97	20.38	17.03
Julio	25.31	4.24	4.87	3.44	2.88	16.77	19.25	13.59	11.39	5.1	5.48	3.91	3.57	20.14	21.64	15.45	14.12
Agosto	24.08	4.48	5.99	4.02	3.62	18.62	24.89	16.69	15.03	5.51	6.65	4.54	4.23	22.86	27.6	18.84	17.58
Septiembre	21.66	4.37	6.5	4.29	3.29	20.15	30.02	19.79	15.19	5.4	7.33	4.75	3.91	24.92	33.84	21.94	18.05
Octubre	16.74	4.4	6.48	4.47	3.79	26.27	38.72	26.7	22.64	5.4	7.49	5.16	4.49	32.29	44.74	30.84	26.8
Noviembre	11.25	3.43	6.02	4.25	3.39	30.52	53.49	37.76	30.1	4.92	7	5.02	4.26	43.72	62.2	44.65	37.85
Diciembre	7.52	3.17	4.94	3.36	3.25	42.15	65.7	44.69	43.25	4.36	5.73	4.3	3.58	58.03	76.22	57.25	47.57
Anual	16.4	3.97	5.53	3.94	3.35	24.23	33.69	24	20.42	5	6.29	4.67	3.99	30.48	38.34	28.45	24.35

Cuadro 62. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca El Carrizo y Otros

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	-2.33	2.85	4.86	3.31	2.45	-122.1	-208.4	-141.81	-105.16	3.3	5.5	3.8	3.3	-141.3	-235.6	-162.6	-141.6
Febrero	-0.82	2.43	4.87	3.24	2.63	-295.87	-593.06	-394.15	-319.95	3.1	5.6	4.1	3	-377.8	-684.2	-494.1	-370
Marzo	2.2	3.25	4.72	3.23	2.53	147.86	214.37	146.83	114.97	3.9	5.3	3.8	3.4	175.6	243	173.9	155.1
Abril	6.67	3.99	4.54	3.8	3.21	59.85	68	57	48.13	5.1	5.2	4.7	3.8	76.3	78	70.3	57.1
Mayo	11.1	4.43	5.18	4.37	3.42	39.95	46.7	39.34	30.77	5.6	5.9	5.4	4	50.7	52.9	49	36.4
Junio	15.59	4.11	5.65	4.34	3.57	26.35	36.26	27.81	22.89	5.3	6.4	6.3	4.2	33.9	41	40.5	26.8
Julio	17.38	4.14	5.33	3.82	3.01	23.85	30.65	21.99	17.3	5.1	6	3.5	3.7	29.3	34.6	20.2	21
Agosto	16.35	4.46	5.6	3.99	3.45	27.27	34.27	24.42	21.12	5.5	6.3	4.7	4.1	33.8	38.5	28.8	24.8
Septiembre	13.83	4.36	5.87	4.24	3.54	31.49	42.46	30.64	25.63	5.5	6.7	4.9	4.2	39.7	48.2	35.8	30.4
Octubre	7.93	4.33	6.26	4.6	3.9	54.57	78.96	58.03	49.16	5.4	7.2	5.3	4.7	68.6	90.3	67.4	58.9
Noviembre	1.78	3.36	6.4	4.24	3.3	188.29	359.06	237.74	184.95	4.8	7.3	5.1	4.3	267.8	410.6	285.4	241
Diciembre	-1.9	2.79	5.11	3.23	2.81	-146.73	-268.7	-169.93	-148.01	3.8	6	4.3	3.3	-200.8	-313.7	-224.9	-171.8
Anual	7.32	3.71	5.37	3.87	3.15	50.7	73.36	52.87	43.09	4.7	6.1	4.7	3.8	64.3	83.6	63.8	52.3

Cuadro 63. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máximas con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca El Carrizo y Otros.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)				
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	16.14	4.34	5.09	3.8	3.37	26.91	31.56	23.53	20.89	4.37	5.77	4.13	4.32	27.07	35.77	25.6	26.74
Febrero	18.26	3.61	5.84	3.78	3.65	19.74	31.98	20.72	19.97	4.32	6.83	4.58	4	23.64	37.42	25.1	21.92
Marzo	22.17	4.45	6.14	3.89	3.44	20.06	27.71	17.54	15.51	5.29	6.96	4.69	4.32	23.87	31.42	21.15	19.49
Abril	26.69	4.98	5.59	4.1	3.94	18.67	20.94	15.37	14.77	6.38	6.27	5.34	4.64	23.91	23.5	20.03	17.4
Mayo	30.73	5.02	5.24	4.76	3.9	16.34	17.05	15.5	12.69	6.53	5.78	5.91	4.44	21.25	18.81	19.23	14.43
Junio	34.16	4.16	5.26	4.23	3.84	12.19	15.41	12.4	11.24	5.45	6.02	4.85	4.29	15.95	17.64	14.21	12.56
Julio	33.24	4.35	4.42	3.06	2.76	13.07	13.3	9.19	8.3	5.11	4.94	3.28	3.49	15.36	14.86	9.88	10.51
Agosto	31.81	4.51	6.38	4.04	3.79	14.17	20.07	12.72	11.9	5.49	6.99	4.37	4.42	17.26	21.98	13.73	13.89
Septiembre	29.49	4.37	7.13	4.33	3.04	14.84	24.19	14.7	10.3	5.3	8	4.56	3.62	17.99	27.13	15.46	12.28
Octubre	25.55	4.47	6.7	4.34	3.68	17.49	26.23	16.97	14.41	5.37	7.82	4.98	4.3	21.01	30.6	19.49	16.82
Noviembre	20.71	3.51	5.63	4.25	3.47	16.93	27.18	20.54	16.77	5.06	6.67	4.95	4.22	24.42	32.21	23.92	20.36
Diciembre	16.93	3.55	4.77	3.49	3.69	20.94	28.15	20.59	21.77	4.91	5.49	4.33	3.88	28.97	32.44	25.57	22.94
Anual	25.49	4.28	5.68	4.01	3.55	16.78	22.3	15.72	13.91	5.3	6.46	4.67	4.16	20.78	25.36	18.3	16.33

III.2 ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN (PERIODO 2061-2081)

III.2.1 REGIÓN DE ESTUDIO

Cuadro 64. Anomalías y porcentaje de cambio de precipitación media con respecto a la línea base, escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el Área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)		
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	13.02	-2	-1.94	-1.29	-0.53	-15.33	-14.88	-9.91	-4.09	-1.65	-2.18	-1.4	-1.73	-12.7	-16.7	-10.7	-13.29
Febrero	10.18	-1.78	-2.04	-1.06	-1.04	-17.45	-20.02	-10.41	-10.25	-1.88	-2.16	-0.8	-1.33	-18.4	-21.22	-7.88	-13.05
Marzo	6.7	-1.37	-1.26	-0.74	-1.14	-20.48	-18.86	-11.04	-17.07	-1.56	-1.38	-1.1	-1.31	-23.2	-20.63	-16.4	-19.57
Abril	6.5	-1.2	-0.58	-0.54	-0.55	-18.39	-8.92	-8.27	-8.48	-1.64	-0.44	-1.41	-1.01	-25.2	-6.78	-21.6	-15.58
Mayo	8.52	-0.98	0.61	-1.29	-0.43	-11.49	7.21	-15.13	-5.03	-1.72	0.75	-1.42	0	-20.2	8.8	-16.7	0
Junio	25.63	-2.15	2.08	-0.16	2.17	-8.39	8.1	-0.63	8.46	-3.75	2	0.97	3.14	-14.6	7.79	3.79	12.26
Julio	74.78	-13.39	12.72	5.2	17.54	-17.91	17.01	6.95	23.45	-14.5	15.42	14.18	15.04	-19.4	20.63	18.97	20.11
Agosto	75.41	-10.73	-11.71	-7.25	3.99	-14.23	-15.53	-9.62	5.29	-11.6	-11.35	-0.81	12.32	-15.4	-15.05	-1.07	16.34
Septiembre	59.24	-6.11	-10.83	-2.72	6.93	-10.31	-18.27	-4.59	11.69	-1.01	-13.33	0.69	4.31	-1.7	-22.51	1.16	7.27
Octubre	26.65	-1.1	0.46	3.02	-2.29	-4.14	1.74	11.31	-8.58	-0.02	-0.13	2.77	0.07	-0.08	-0.48	10.41	0.25
Noviembre	12.36	-0.84	3.02	0	-0.44	-6.8	24.39	0.02	-3.57	-1.34	3.01	-0.06	-1.23	-10.8	24.31	-0.47	-9.98
Diciembre	14.1	-1.63	-0.36	-1.29	-1.1	-11.57	-2.59	-9.16	-7.8	-2.27	-0.12	-0.51	-1.47	-16	-0.84	-3.59	-10.44
Anual	333.1	-43.28	-9.83	-8.12	23.09	-12.99	-2.95	-2.44	6.93	-43	-9.91	11.09	26.79	-12.9	-2.97	3.33	8.04

Cuadro 65. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación mínima con respecto a la línea base, escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)		
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	6	-1	-1	-1	0	-16.67	-16.67	-16.67	0	-1	-1	-1	-1	-16.6	-16.67	-16.6	-16.67
Febrero	4	-1	-1	-1	0	-25	-25	-25	0	-1	-1	0	-1	-25	-25	0	-25
Marzo	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	3	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	-33.3	0	-33.3	0
Junio	8	-1	0	0	0	-12.5	0	0	0	-1	0	0	1	-12.5	0	0	12.5
Julio	41	-6	6	6	9	-14.63	14.63	14.63	21.95	-7	8	9	7	-17	19.51	21.95	17.07
Agosto	43	-5	-5	-5	2	-11.63	-11.63	-11.63	4.65	-5	-5	-1	6	-11.6	-11.63	-2.33	13.95
Septiembre	34	-5	-6	-6	3	-14.71	-17.65	-17.65	8.82	-2	-7	1	2	-5.88	-20.59	2.94	5.88
Octubre	17	-1	0	0	-2	-5.88	0	0	-11.76	-1	-1	1	0	-5.88	-5.88	5.88	0
Noviembre	6	0	1	1	0	0	16.67	16.67	0	0	1	0	0	0	16.67	0	0
Diciembre	7	-1	0	0	-1	-14.29	0	0	-14.29	-1	0	0	-1	-14.2	0	0	-14.29
Anual	173	-21	-6	-6	11	-12.14	-3.47	-3.47	6.36	-20	-6	8	13	-11.5	-3.47	4.62	7.51

Cuadro 66. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máxima con respecto a la línea base, escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	43	-8	-7	-5	-2	-18.6	-16.28	-11.63	-4.65	-6	-8	-5	-6	-14	-18.6	-11.6	-14
Febrero	29	-7	-6	-4	-3	-24.14	-20.69	-13.79	-10.34	-7	-7	-3	-5	-24.1	-24.1	-10.3	-17.2
Marzo	25	-5	-4	-2	-5	-20	-16	-8	-20	-7	-5	-3	-5	-28	-20	-12	-20
Abril	16	-3	-2	-1	-1	-18.75	-12.5	-6.25	-6.25	-4	-1	-4	-2	-25	-6.3	-25	-12.5
Mayo	22	-2	2	-3	-1	-9.09	9.09	-13.64	-4.55	-4	2	-3	0	-18.2	9.1	-13.6	0
Junio	59	-5	7	1	7	-8.47	11.86	1.69	11.86	-10	7	4	10	-16.9	11.9	6.8	16.9
Julio	175	-41	24	1	29	-23.43	13.71	0.57	16.57	-38	28	22	29	-21.7	16	12.6	16.6
Agosto	146	-17	-26	-15	4	-11.64	-17.81	-10.27	2.74	-24	-25	-1	20	-16.4	-17.1	-0.7	13.7
Septiembre	111	-6	-22	-4	13	-5.41	-19.82	-3.6	11.71	3	-28	3	7	2.7	-25.2	2.7	6.3
Octubre	45	-3	4	7	-4	-6.67	8.89	15.56	-8.89	-1	2	7	0	-2.2	4.4	15.6	0
Noviembre	32	-3	9	0	-2	-9.38	28.13	0	-6.25	-5	8	-1	-3	-15.6	25	-3.1	-9.4
Diciembre	42	-7	-2	-6	-3	-16.67	-4.76	-14.29	-7.14	-9	-1	-2	-5	-21.4	-2.4	-4.8	-11.9
Anual	745	-107	-23	-31	32	-14.36	-3.09	-4.16	4.3	-112	-28	14	40	-15	-3.8	1.9	5.4

III.2.2 CUENCA CASAS GRANDES

Cuadro 67. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación media con respecto a la línea base, escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la cuenca Casas Grandes

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	19.36	-3.18	-2.86	-1.91	-0.95	-16.41	-14.78	-9.87	-4.92	-2.6	-3.3	-2.2	-2.7	-13.7	-17	-11.2	-13.8
Febrero	13.77	-2.59	-7.77	-1.27	-1.15	-18.79	-56.42	-9.2	-8.36	-2.7	-2.8	-0.6	-1.9	-19.6	-20.2	-4.2	-13.7
Marzo	10.65	-2.21	-8.65	-1.16	-1.91	-20.73	-81.22	-10.89	-17.9	-2.8	-2.1	-1.5	-2	-26.7	-19.8	-13.7	-18.9
Abril	6.26	-1.44	-4.26	-0.52	-0.51	-23.01	-68.03	-8.29	-8.08	-2	-0.4	-1.5	-1.1	-31.4	-6.3	-24.7	-17.5
Mayo	6.23	-1.19	-3.23	-1.25	-0.18	-19.13	-51.84	-20.09	-2.85	-1.6	0.3	-1.3	0	-25.3	5.4	-21.4	0
Junio	19.27	-1.99	-12.27	-0.42	1.12	-10.33	-63.68	-2.16	5.82	-2.3	1.1	0.1	2.4	-12.1	5.8	0.7	12.7
Julio	82.33	-15.71	-43.33	2.61	15.71	-19.08	-52.63	3.17	19.08	-12.4	13.9	13.5	16.1	-15	16.9	16.4	19.5
Agosto	72.95	-10.47	-29.95	-8.66	3.75	-14.35	-41.06	-11.87	5.15	-13.6	-9.4	-2.5	12.4	-18.6	-12.9	-3.4	17
Septiembre	53.12	-6.84	-23.12	-4.12	6.66	-12.87	-43.53	-7.76	12.55	-2.8	-10.3	0.7	5.5	-5.3	-19.4	1.2	10.3
Octubre	28.52	-2.03	-9.52	3.61	-2.5	-7.11	-33.39	12.67	-8.76	-0.7	0.7	3	0.1	-2.4	2.6	10.4	0.3
Noviembre	17.29	-1.61	-9.29	0.01	-0.97	-9.31	-53.73	0.04	-5.59	-2.4	4.3	-0.2	-1.8	-14.1	24.7	-1	-10.3
Diciembre	20.34	-2.95	-10.34	-2.29	-1.43	-14.52	-50.83	-11.28	-7.03	-3.6	-0.3	-1	-2.2	-17.9	-1.6	-4.8	-11
Anual	350.09	-52.19	-7.99	-15.36	17.67	-14.91	-2.28	-4.39	5.05	-49.6	-8.2	6.5	24.8	-14.2	-2.3	1.9	7.1

Cuadro 68. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación mínima con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	9	-1	-1	-1	0	-11.11	-11.11	-11.11	0	-1	-1	-1	-1	-11.1	-11.1	-11.1	-11.1
Febrero	8	-2	-2	-1	-1	-25	-25	-12.5	-12.5	-2	-2	-1	-1	-25	-25	-12.5	-12.5
Marzo	3	-1	-1	0	-1	-33.33	-33.33	0	-33.33	-1	-1	-1	-1	-33.3	-33.3	-33.3	-33.3
Abril	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	3	0	0	-1	0	0	0	-33.33	0	-1	0	-1	0	-33.3	0	-33.3	0
Junio	8	-1	0	0	0	-12.5	0	0	0	-1	0	0	1	-12.5	0	0	12.5
Julio	45	-6	7	4	9	-13.33	15.56	8.89	20	-3	8	10	8	-6.7	17.8	22.2	17.8
Agosto	48	-5	-5	-5	3	-10.42	-10.42	-10.42	6.25	-8	-5	-1	7	-16.7	-10.4	-2.1	14.6
Septiembre	35	-5	-5	-1	3	-14.29	-14.29	-2.86	8.57	-3	-6	1	3	-8.6	-17.1	2.9	8.6
Octubre	21	-2	0	2	-2	-9.52	0	9.52	-9.52	-1	-1	1	0	-4.8	-4.8	4.8	0
Noviembre	9	-1	2	0	0	-11.11	22.22	0	0	-1	2	0	-1	-11.1	22.2	0	-11.1
Diciembre	11	-1	0	-1	-1	-9.09	0	-9.09	-9.09	-1	0	0	-1	-9.1	0	0	-9.1
Anual	202	-25	-5	-4	10	-12.38	-2.48	-1.98	4.95	-23	-6	7	14	-11.4	-3	3.5	6.9

Cuadro 69. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máxima con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	-8	-8	-7	-5	-2	-18.6	-16.28	-11.63	-4.65	-6	-8	-5	-6	-14	-18.6	-11.6	-14
Febrero	-9	-7	-6	-4	-3	-24.14	-20.69	-13.79	-10.34	-7	-7	-3	-5	-24.1	-24.1	-10.3	-17.2
Marzo	-7	-5	-4	-2	-5	-20	-16	-8	-20	-7	-5	-3	-5	-28	-20	-12	-20
Abril	-5	-3	-1	-1	-1	-23.08	-7.69	-7.69	-7.69	-4	-1	-3	-2	-30.8	-7.7	-23.1	-15.4
Mayo	-4	-3	1	-2	-1	-21.43	7.14	-14.29	-7.14	-4	1	-3	0	-28.6	7.1	-21.4	0
Junio	-6	-7	5	-1	3	-13.73	9.8	-1.96	5.88	-8	4	1	10	-15.7	7.8	2	19.6
Julio	-48	-41	24	1	29	-23.43	13.71	0.57	16.57	-38	28	22	29	-21.7	16	12.6	16.6
Agosto	-18	-17	-26	-16	4	-11.64	-17.81	-10.96	2.74	-24	-25	-5	20	-16.4	-17.1	-3.4	13.7
Septiembre	6	-8	-15	-2	14	-8.79	-16.48	-2.2	15.38	-1	-20	1	10	-1.1	-22	1.1	11
Octubre	-1	-4	4	7	-4	-8.89	8.89	15.56	-8.89	-1	2	7	0	-2.2	4.4	15.6	0
Noviembre	-5	-3	9	0	-2	-9.38	28.13	0	-6.25	-5	8	-1	-3	-15.6	25	-3.1	-9.4
Diciembre	-9	-7	-2	-6	-3	-16.67	-4.76	-14.29	-7.14	-9	-1	-2	-5	-21.4	-2.4	-4.8	-11.9
Anual	-114	-113	-18	-31	29	-16.01	-2.55	-4.39	4.11	-114	-24	6	43	-16.1	-3.4	0.8	6.1

III.2.3 CUENCA SANTA MARÍA

Cuadro 70. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación media con respecto a la línea base, escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la cuenca Santa María

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	10.9	-1.68	-1.61	-1.12	0.87	-15.4	-14.76	-10.24	7.95	-1.4	-1.8	-1.2	-1.5	-12.7	-16.2	-10.9	-13.6
Febrero	9.38	-1.64	-1.98	-1.02	-0.4	-17.44	-21.05	-10.83	-4.32	-1.7	-2	-0.7	-1.1	-18.5	-21.4	-7.8	-11.6
Marzo	5.43	-1.11	-1.04	-0.6	-0.19	-20.46	-19.06	-11.11	-3.43	-1.2	-1.1	-0.9	-1	-22.2	-20.8	-16.4	-19.1
Abril	5.93	-1.27	-0.53	-0.52	-0.1	-21.44	-9.01	-8.82	-1.75	-1.6	-0.4	-1.4	-1	-26.9	-6.7	-23.8	-16.3
Mayo	7	-1.1	0.38	-1.14	0.62	-15.78	5.49	-16.3	8.84	-1.4	0.7	-1.2	0	-20.3	10.3	-17.6	0
Junio	20.29	-1.94	1.68	-0.23	5.13	-9.56	8.28	-1.12	25.28	-2.9	1.4	0.5	2.7	-14.4	6.9	2.6	13.1
Julio	69.85	-12.86	11.27	4.17	24.38	-18.41	16.14	5.97	34.9	-10.8	13.6	13.4	13.2	-15.4	19.5	19.2	18.9
Agosto	72.96	-10.49	-11.39	-7.15	7.77	-14.37	-15.61	-9.8	10.64	-14.3	-11.1	-0.7	11.4	-19.5	-15.2	-1	15.7
Septiembre	52.85	-6.01	-9.62	-2	11.94	-11.37	-18.2	-3.78	22.6	-1.7	-11.9	0.5	4.3	-3.2	-22.5	0.9	8.2
Octubre	23.82	-0.95	0.58	2.92	-0.33	-3.97	2.43	12.26	-1.4	0	0	2.5	0.2	-0.1	-0.2	10.4	0.7
Noviembre	10.65	-0.97	2.69	0	0.42	-9.12	25.24	0	3.91	-1.1	2.7	0	-1	-10.4	24.9	-0.2	-9.5
Diciembre	13.81	-1.53	-0.36	-1.24	-0.91	-11.1	-2.57	-9	-6.56	-2.2	-0.1	-0.6	-1.4	-16.1	-0.5	-4.4	-9.9
Anual	302.86	-41.54	-9.91	-7.92	49.18	-13.72	-3.27	-2.62	16.24	-40.4	-10	10.1	24.9	-13.3	-3.3	3.3	8.2

Cuadro 71. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación mínima con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la cuenca Santa María

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	8	-1	-1	-1	0	-12.5	-12.5	-12.5	0	-1	-1	-1	-1	-12.5	-12.5	-12.5	-12.5
Febrero	5	-1	-1	-1	-1	-20	-20	-20	-20	-1	-1	-1	-1	-20	-20	-20	-20
Marzo	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	3	0	0	-1	0	0	0	-33.33	0	-1	0	-1	0	-33.3	0	-33.3	0
Junio	10	-1	1	0	-2	-10	10	0	-20	-1	0	0	1	-10	0	0	10
Julio	41	-6	6	3	9	-14.63	14.63	7.32	21.95	-3	8	9	7	-7.3	19.5	22	17.1
Agosto	43	-5	-5	-5	2	-11.63	-11.63	-11.63	4.65	-8	-5	-1	6	-18.6	-11.6	-2.3	14
Septiembre	34	-5	-6	-1	3	-14.71	-17.65	-2.94	8.82	-2	-7	1	2	-5.9	-20.6	2.9	5.9
Octubre	17	-1	0	1	-2	-5.88	0	5.88	-11.76	-1	-1	1	0	-5.9	-5.9	5.9	0
Noviembre	8	-1	2	0	-1	-12.5	25	0	-12.5	-1	2	0	-1	-12.5	25	0	-12.5
Diciembre	11	-1	0	-1	-5	-9.09	0	-9.09	-45.45	-2	0	-1	-1	-18.2	0	-9.1	-9.1
Anual	184	-22	-4	-6	3	-11.96	-2.17	-3.26	1.63	-21	-5	6	12	-11.4	-2.7	3.3	6.5

Cuadro 72. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máxima con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la cuenca Santa María

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	24	-5	-4	-3	15	-20.83	-16.67	-12.5	62.5	-5	-5	-3	-4	-20.8	-20.8	-12.5	-16.7
Febrero	14	-3	-3	-2	12	-21.43	-21.43	-14.29	85.71	-3	-3	-1	-2	-21.4	-21.4	-7.1	-14.3
Marzo	11	-3	-2	-1	7	-27.27	-18.18	-9.09	63.64	-3	-2	-2	-2	-27.3	-18.2	-18.2	-18.2
Abril	11	-2	-1	-1	4	-18.18	-9.09	-9.09	36.36	-3	-1	-3	-2	-27.3	-9.1	-27.3	-18.2
Mayo	14	-2	1	-2	7	-14.29	7.14	-14.29	50	-3	1	-2	0	-21.4	7.1	-14.3	0
Junio	44	-6	6	2	22	-13.64	13.64	4.55	50	-9	5	5	9	-20.5	11.4	11.4	20.5
Julio	140	-31	22	6	58	-22.14	15.71	4.29	41.43	-30	25	25	23	-21.4	17.9	17.9	16.4
Agosto	131	-15	-25	-8	17	-11.45	-19.08	-6.11	12.98	-24	-25	3	18	-18.3	-19.1	2.3	13.7
Septiembre	91	-7	-18	-2	33	-7.69	-19.78	-2.2	36.26	0	-23	2	8	0	-25.3	2.2	8.8
Octubre	34	0	2	7	6	0	5.88	20.59	17.65	1	1	8	1	2.9	2.9	23.5	2.9
Noviembre	18	-1	5	0	10	-5.56	27.78	0	55.56	-2	5	0	-1	-11.1	27.8	0	-5.6
Diciembre	24	-4	-1	-3	14	-16.67	-4.17	-12.5	58.33	-5	-1	-2	-3	-20.8	-4.2	-8.3	-12.5
Anual	556	-79	-18	-7	205	-14.21	-3.24	-1.26	36.87	-86	-23	30	45	-15.5	-4.1	5.4	8.1

III.2.4 CUENCA DEL CARMEN

Cuadro 73. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación media con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca R. Del Carmen

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	11	-1.66	-1.73	-1.01	-0.56	-15.16	-15.75	-9.21	-5.12	-1.3	-1.9	-1.1	-1.4	-11.6	-17.1	-9.6	-13.1
Febrero	9.3	-1.53	-1.96	-1	-1.01	-16.45	-21.07	-10.73	-10.81	-1.7	-2.1	-1	-1.1	-18	-22.2	-10.7	-12.1
Marzo	5.6	-1.06	-1.04	-0.66	-0.95	-18.97	-18.55	-11.81	-16.93	-1.1	-1.1	-1	-1	-19.3	-20.1	-18.1	-18.6
Abril	7.2	-1.21	-0.69	-0.7	-0.65	-16.68	-9.55	-9.67	-8.93	-1.8	-0.6	-1.6	-1	-25.3	-7.8	-21.8	-14
Mayo	9.5	-1.12	0.87	-1.41	-0.4	-11.85	9.15	-14.83	-4.25	-2	1.1	-1.5	0	-21	11.1	-16.1	0
Junio	28.5	-2.48	2.45	0.04	2.87	-8.7	8.59	0.14	10.05	-4.7	2.3	1.2	3.8	-16.5	8	4.4	13.2
Julio	79.2	-14.38	14.61	6.59	19.64	-18.15	18.45	8.32	24.8	-12.4	17.7	15.9	15.9	-15.7	22.3	20.1	20
Agosto	78.6	-12.17	-13.3	-6.73	4.56	-15.49	-16.92	-8.56	5.8	-17.2	-13	0	12.5	-21.9	-16.6	0.1	16
Septiembre	61	-6.21	-12.08	-3.1	7.03	-10.17	-19.79	-5.08	11.52	-0.9	-14.9	0.7	4	-1.5	-24.4	1.1	6.6
Octubre	26.6	-0.55	0.18	3.05	-2.11	-2.08	0.68	11.43	-7.91	0.3	-0.3	2.9	0.3	1	-1.3	10.8	1
Noviembre	9.9	-0.53	2.33	0	-0.18	-5.31	23.53	0	-1.78	-1	2.4	0	-1	-10.1	24.4	0	-10.1
Diciembre	11.4	-1.07	-0.04	-1	-0.99	-9.36	-0.37	-8.77	-8.65	-1.7	0	-0.3	-1	-15.1	0	-2.7	-9.1
Anual	337.9	-43.97	-10.4	-5.93	27.26	-13.01	-3.08	-1.76	8.07	-45.5	-10.4	14.3	29.8	-13.5	-3.1	4.2	8.8

Cuadro 74. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación mínima con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la cuenca R. Del Carmen.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)				
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	8	-1	-1	-1	0	-12.5	-12.5	-12.5	0	-1	-1	-1	-1	-12.5	-12.5	-12.5	-12.5
Febrero	5	-1	-1	-1	-1	-20	-20	-20	-20	-1	-1	-1	-1	-20	-20	-20	-20
Marzo	3	-1	-1	0	0	-33.33	-33.33	0	0	-1	-1	-1	-1	-33.3	-33.3	-33.3	-33.3
Abril	3	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	-33.3	0	-33.3	0
Mayo	5	0	0	-1	0	0	0	-20	0	-1	0	-1	0	-20	0	-20	0
Junio	17	-2	1	0	1	-11.76	5.88	0	5.88	-3	1	0	1	-17.6	5.9	0	5.9
Julio	48	-7	8	4	10	-14.58	16.67	8.33	20.83	-4	10	10	8	-8.3	20.8	20.8	16.7
Agosto	43	-5	-5	-5	2	-11.63	-11.63	-11.63	4.65	-9	-5	-1	6	-20.9	-11.6	-2.3	14
Septiembre	34	-5	-6	-1	3	-14.71	-17.65	-2.94	8.82	-2	-7	1	2	-5.9	-20.6	2.9	5.9
Octubre	17	-1	0	1	-2	-5.88	0	5.88	-11.76	-1	-1	1	0	-5.9	-5.9	5.9	0
Noviembre	7	0	2	0	0	0	28.57	0	0	-1	2	0	-1	-14.3	28.6	0	-14.3
Diciembre	7	-1	0	-1	0	-14.29	0	-14.29	0	-1	0	0	-1	-14.3	0	0	-14.3
Anual	197	-24	-3	-5	13	-12.18	-1.52	-2.54	6.6	-26	-3	6	12	-13.2	-1.5	3	6.1

Cuadro 75. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máximas con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la cuenca R. Del Carmen

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)				
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	20	-3	-3	-2	-1	-15	-15	-10	-5	-2	-3	-2	-2	-10	-15	-10	-10
Febrero	17	-3	-3	-1	-2	-17.65	-17.65	-5.88	-11.76	-3	-4	-2	-2	-17.6	-23.5	-11.8	-11.8
Marzo	10	-2	-2	-1	-1	-20	-20	-10	-10	-2	-2	-1	-2	-20	-20	-10	-20
Abril	16	-3	-2	-1	-1	-18.75	-12.5	-6.25	-6.25	-4	-1	-4	-2	-25	-6.3	-25	-12.5
Mayo	22	-2	2	-3	-1	-9.09	9.09	-13.64	-4.55	-4	2	-3	0	-18.2	9.1	-13.6	0
Junio	58	-5	6	0	7	-8.62	10.34	0	12.07	-11	6	3	10	-19	10.3	5.2	17.2
Julio	133	-23	26	13	31	-17.29	19.55	9.77	23.31	-23	31	28	25	-17.3	23.3	21.1	18.8
Agosto	138	-21	-27	-9	7	-15.22	-19.57	-6.52	5.07	-29	-27	4	21	-21	-19.6	2.9	15.2
Septiembre	106	-6	-21	-3	13	-5.66	-19.81	-2.83	12.26	2	-27	3	7	1.9	-25.5	2.8	6.6
Octubre	42	0	1	6	-2	0	2.38	14.29	-4.76	1	0	7	1	2.4	0	16.7	2.4
Noviembre	15	-1	4	0	-1	-6.67	26.67	0	-6.67	-1	4	0	-1	-6.7	26.7	0	-6.7
Diciembre	18	-2	-1	-1	-1	-11.11	-5.56	-5.56	-5.56	-3	0	-1	-2	-16.7	0	-5.6	-11.1
Anual	15.91	5.5	7.2	5.24	4.6	34.57	45.28	32.94	28.92	7.3	8.58	6.54	5.57	45.89	53.94	41.11	35.01

III.2.5 CUENCA EL CARRIZO Y OTROS

Cuadro 76. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación media con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca el Carrizo y Otros.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	9.25	-1.18	-1.34	-0.94	-0.81	-12.78	-14.52	-10.21	-8.71	-1	-1.5	-0.8	-1	-11.3	-16.3	-9.1	-11
Febrero	7.46	-1.16	-1.49	-0.91	-1.01	-15.52	-19.98	-12.18	-13.55	-1.2	-1.7	-1	-1	-16.4	-22.3	-13.4	-13.5
Marzo	4.19	-0.89	-0.97	-0.45	-0.4	-21.21	-23.11	-10.66	-9.66	-0.8	-1	-1	-0.4	-18.2	-23.3	-23.1	-9.2
Abril	6.81	-0.84	-0.63	-0.46	-0.37	-12.26	-9.26	-6.71	-5.36	-1.2	-0.5	-1.1	-0.4	-17.4	-6.7	-16.6	-5.3
Mayo	11.95	-0.51	1.02	-1.39	0.01	-4.26	8.51	-11.66	0.06	-2	1	-1.6	0.9	-16.7	8.7	-13.8	7.4
Junio	36.06	-2.3	3.02	0.05	-1.38	-6.38	8.36	0.15	-3.83	-5.5	3.4	2.2	0.9	-15.3	9.4	6	2.6
Julio	67.68	-10.54	14.2	8.16	6.24	-15.57	20.98	12.05	9.22	-8.7	17.3	14.5	6.1	-12.9	25.5	21.4	9
Agosto	78.34	-10.23	-12.97	-6.12	-5.44	-13.06	-16.56	-7.81	-6.94	-16.5	-12.7	0.4	-5.5	-21.1	-16.2	0.5	-7
Septiembre	71.18	-5.3	-14.01	-4.74	5.73	-7.44	-19.68	-6.65	8.05	1.6	-17.1	0.9	12.2	2.3	-24	1.3	17.1
Octubre	27.26	-0.59	-0.47	2.4	0.05	-2.15	-1.73	8.8	0.18	0.5	-1.1	2.8	2.3	2	-3.9	10.2	8.6
Noviembre	10.13	-0.06	2.19	0	0	-0.54	21.62	0	0	-0.5	2.3	0	1.2	-5.2	22.9	0	11.6
Diciembre	9.14	-0.61	0	-0.39	-1	-6.71	0	-4.32	-10.96	-1.1	0	0	-0.1	-12.1	0	0	-1
Anual	339.43	-34.19	-11.46	-4.79	1.62	-10.07	-3.38	-1.41	0.48	-36.4	-11.4	15.2	15.2	-10.7	-3.3	4.5	4.5

Cuadro 77. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación mínima con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca El Carrizo y Otros.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	6	-1	-1	-1	-1	-16.67	-16.67	-16.67	-16.67	-1	-1	-1	-1	-16.7	-16.7	-16.7	-16.7
Febrero	4	-1	-1	0	-1	-25	-25	0	-25	-1	-1	0	0	-25	-25	0	0
Marzo	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	4	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	-25	0	-25	0
Mayo	6	0	0	-1	0	0	0	-16.67	0	-1	1	-1	0	-16.7	16.7	-16.7	0
Junio	22	-1	1	0	-1	-4.55	4.55	0	-4.55	-3	1	1	0	-13.6	4.5	4.5	0
Julio	46	-8	9	6	5	-17.39	19.57	13.04	10.87	-6	12	10	4	-13	26.1	21.7	8.7
Agosto	51	-7	-7	-5	-3	-13.73	-13.73	-9.8	-5.88	-12	-7	-1	-3	-23.5	-13.7	-2	-5.9
Septiembre	43	-5	-8	-3	4	-11.63	-18.6	-6.98	9.3	-1	-9	0	9	-2.3	-20.9	0	20.9
Octubre	21	0	0	2	0	0	0	9.52	0	1	-1	3	2	4.8	-4.8	14.3	9.5
Noviembre	6	0	1	0	0	0	16.67	0	0	0	1	0	1	0	16.7	0	16.7
Diciembre	7	-1	0	-1	-1	-14.29	0	-14.29	-14.29	-1	0	0	0	-14.3	0	0	0
Anual	218	-24	-6	-3	2	-11.01	-2.75	-1.38	0.92	-26	-4	10	12	-11.9	-1.8	4.6	5.5

Cuadro 78. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máxima con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca el Carrizo y Otros.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	18	-2	-3	-1	-1	-11.11	-16.67	-5.56	-5.56	-2	-3	-2	-2	-11.1	-16.7	-11.1	-11.1
Febrero	16	-3	-3	-1	-2	-18.75	-18.75	-6.25	-12.5	-3	-4	-1	-2	-18.8	-25	-6.3	-12.5
Marzo	9	-1	-2	-1	-1	-11.11	-22.22	-11.11	-11.11	-1	-2	-2	-1	-11.1	-22.2	-22.2	-11.1
Abril	11	-2	-1	-1	-1	-18.18	-9.09	-9.09	-9.09	-3	-1	-2	-1	-27.3	-9.1	-18.2	-9.1
Mayo	21	-1	2	-3	1	-4.76	9.52	-14.29	4.76	-4	2	-3	2	-19	9.5	-14.3	9.5
Junio	59	-5	7	1	2	-8.47	11.86	1.69	3.39	-10	7	4	5	-16.9	11.9	6.8	8.5
Julio	135	-22	27	15	7	-16.3	20	11.11	5.19	-22	32	28	13	-16.3	23.7	20.7	9.6
Agosto	141	-21	-27	-10	-10	-14.89	-19.15	-7.09	-7.09	-28	-27	4	-8	-19.9	-19.1	2.8	-5.7
Septiembre	111	-6	-22	-4	10	-5.41	-19.82	-3.6	9.01	3	-28	3	16	2.7	-25.2	2.7	14.4
Octubre	39	0	1	5	2	0	2.56	12.82	5.13	1	0	6	5	2.6	0	15.4	12.8
Noviembre	15	-1	3	0	0	-6.67	20	0	0	-1	3	0	2	-6.7	20	0	13.3
Diciembre	16	-1	0	-1	-1	-6.25	0	-6.25	-6.25	-2	0	-1	0	-12.5	0	-6.3	0
Anual	591	-65	-18	-1	6	-11	-3.05	-0.17	1.02	-72	-21	34	29	-12.2	-3.6	5.8	4.9

III.3 ANOMALÍAS DE TEMPERATURA (PERIODO 2081-2100)

III.3.1 REGIÓN DE ESTUDIO

Cuadro 79. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura media con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)		
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	6.59	4.42	6.16	4.68	4.07	67.14	93.45	71.01	61.7	5.55	7.38	5.22	5.34	84.24	112.03	79.17	81.04
Febrero	8.45	4.16	6.69	4.73	4.27	49.23	79.18	55.95	50.49	5.74	8.11	6.01	5.55	67.91	96.02	71.09	65.64
Marzo	11.68	5	6.88	4.87	4.77	42.83	58.84	41.65	40.84	6.83	8.02	5.8	6.16	58.47	68.62	49.68	52.71
Abril	15.65	6.33	6.61	5.2	5.59	40.42	42.21	33.23	35.68	8.24	7.74	6.7	7.28	52.64	49.45	42.78	46.51
Mayo	19.92	6.79	6.69	6.23	5.68	34.09	33.61	31.26	28.52	8.93	7.78	7.77	7.29	44.85	39.05	39	36.62
Junio	24.35	5.99	7.12	5.85	5.39	24.59	29.26	24.02	22.13	8.11	8.51	7.94	5.84	33.32	34.96	32.59	24
Julio	24.84	5.63	6.6	4.46	3.29	22.64	26.58	17.97	13.25	7.36	7.75	5.63	3.23	29.61	31.18	22.65	13.01
Agosto	23.61	5.82	7.78	5.11	3.36	24.66	32.94	21.63	14.21	7.51	9.05	6.18	3.99	31.82	38.34	26.2	16.88
Septiembre	21.35	6.12	8.5	5.35	4.67	28.65	39.79	25.04	21.85	7.97	9.92	6.59	4.48	37.31	46.44	30.88	20.99
Octubre	16.56	6.12	8.9	6.11	5.47	36.99	53.77	36.91	33.04	8.15	10.85	7.68	6.28	49.24	65.52	46.39	37.9
Noviembre	10.83	5.05	8.02	5.8	4.37	46.66	74.09	53.55	40.36	7.27	9.88	7.47	5.97	67.15	91.26	68.97	55.13
Diciembre	7.12	4.58	6.51	4.53	4.31	64.33	91.42	63.65	60.54	5.97	8.01	5.51	5.44	83.76	112.43	77.37	76.39
Anual	15.91	5.5	7.2	5.24	4.6	34.57	45.28	32.94	28.92	7.3	8.58	6.54	5.57	45.89	53.94	41.11	35.01

Cuadro 80. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)		
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	-2.17	3.77	6.22	4.63	3.58	-173.21	-286.12	-213.15	-164.8	4.75	7.36	5.38	4.58	-218	-338.54	-247	-210.5
Febrero	-0.62	3.35	6.1	4.36	3.47	-538.34	-978.86	-700.05	-557.3	4.66	7.37	5.77	4.72	-748	-118.42	-926	-757.8
Marzo	2.27	4.05	5.96	4.52	3.69	178.12	261.89	198.55	162.05	5.63	6.98	5.43	4.85	247.5	306.96	238.5	213.28
Abril	5.95	5.39	5.96	4.96	4.29	90.55	100.11	83.39	72.1	7.15	7.12	6.38	5.88	120	119.66	107.2	98.87
Mayo	10.22	6.22	6.74	5.98	4.89	60.84	65.96	58.54	47.87	8.13	7.9	7.33	6.3	79.59	77.35	71.72	61.68
Junio	15.06	5.91	7.5	5.94	4.79	39.27	49.8	39.44	31.83	7.96	8.92	8.05	5.69	52.85	59.26	53.46	37.82
Julio	17.03	5.5	7.14	5.13	3.33	32.28	41.91	30.11	19.57	7.32	8.39	6.46	3.72	42.95	49.24	37.94	21.85
Agosto	16.1	5.9	7.43	5.35	3.29	36.62	46.17	33.24	20.44	7.75	8.81	6.55	4.19	48.15	54.68	40.67	26
Septiembre	13.53	6.25	7.86	5.63	4.29	46.19	58.06	41.6	31.71	8.2	9.34	7.03	4.71	60.58	69.01	51.97	34.81
Octubre	7.71	6.08	8.68	6.45	4.85	78.83	112.53	83.66	62.93	8.2	10.36	8.05	5.82	106.4	134.43	104.3	75.47
Noviembre	1.65	4.79	8.42	5.95	3.94	290.23	510.42	360.66	238.75	6.99	10.21	7.55	5.42	423.5	618.79	457.6	328.38
Diciembre	-1.7	3.85	6.88	4.54	3.74	-226.53	-405.48	-267.26	-220.1	5.32	8.43	5.66	4.92	-313	-496.8	-333	-289.5
Anual	7.09	5.09	7.07	5.29	4.01	71.79	99.83	74.61	56.64	6.84	8.43	6.64	5.07	96.5	119.02	93.66	71.5

Cuadro 81. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máxima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	15.12	5.31	6.32	4.95	4.78	35.12	41.81	32.76	31.59	6.58	7.63	5.29	6.33	43.53	50.47	34.96	41.87
Febrero	17.52	4.96	7.28	5.09	5.06	28.34	41.56	29.07	28.88	6.81	8.85	6.24	6.37	38.87	50.52	35.61	36.36
Marzo	21.1	5.96	7.79	5.22	5.86	28.24	36.95	24.73	27.77	8.04	9.06	6.18	7.47	38.09	42.92	29.31	35.4
Abril	25.36	7.26	7.26	5.44	6.88	28.65	28.62	21.45	27.14	9.33	8.36	7.01	8.68	36.81	32.98	27.65	34.22
Mayo	29.61	7.36	6.65	6.47	6.47	24.86	22.45	21.85	21.84	9.73	7.65	8.21	8.29	32.86	25.84	27.71	27.98
Junio	33.64	6.06	6.75	5.76	5.98	18.03	20.06	17.12	17.78	8.27	8.1	7.82	5.99	24.58	24.09	23.26	17.82
Julio	32.65	5.75	6.07	3.8	3.25	17.62	18.58	11.63	9.96	7.4	7.11	4.79	2.75	22.65	21.76	14.68	8.41
Agosto	31.11	5.75	8.12	4.86	3.42	18.47	26.09	15.62	10.99	7.27	9.3	5.82	3.79	23.36	29.88	18.71	12.17
Septiembre	29.18	5.99	9.14	5.07	5.04	20.52	31.32	17.36	17.28	7.74	10.5	6.16	4.26	26.52	35.98	21.1	14.58
Octubre	25.4	6.17	9.13	5.77	6.09	24.29	35.94	22.72	23.97	8.1	11.33	7.31	6.73	31.89	44.61	28.79	26.5
Noviembre	20	5.31	7.62	5.64	4.8	26.56	38.08	28.21	23.98	7.55	9.54	7.38	6.52	37.74	47.72	36.89	32.58
Diciembre	15.94	5.32	6.14	4.53	4.89	33.36	38.51	28.41	30.65	6.62	7.58	5.36	5.97	41.5	47.56	33.63	37.43
Anual	24.72	5.93	7.36	5.22	5.21	24.01	29.75	21.1	21.07	7.79	8.75	6.46	6.09	31.5	35.4	26.15	24.65

III.3.2 CUENCA CASAS GRANDES

Cuadro 82. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura media respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	6.02	4.54	6.17	4.78	4.12	75.4	102.46	79.37	68.39	6.02	5.65	7.45	5.27	5.4	93.84	123.76	87.51
Febrero	7.97	4.15	6.53	4.7	4.15	52.09	81.87	58.96	51.99	7.97	5.69	7.96	5.91	5.49	71.34	99.8	74.12
Marzo	10.96	4.89	6.68	4.78	4.63	44.63	60.94	43.64	42.24	10.96	6.74	7.83	5.62	6.09	61.48	71.43	51.34
Abril	14.66	6.34	6.43	5.08	5.49	43.24	43.89	34.63	37.44	14.66	8.2	7.59	6.55	7.35	55.96	51.8	44.66
Mayo	18.95	6.94	6.64	6.21	5.78	36.64	35.05	32.79	30.53	18.95	9.02	7.68	7.76	7.39	47.6	40.56	40.97
Junio	24.62	5.24	6.44	5.09	4.6	21.27	26.13	20.69	18.67	24.62	7.44	7.82	7.26	5.38	30.2	31.75	29.47
Julio	24.42	5.71	6.79	4.6	3.45	23.37	27.82	18.85	14.14	24.42	7.41	7.99	5.9	3.24	30.34	32.71	24.15
Agosto	23.22	5.87	7.74	5.26	3.45	25.29	33.35	22.65	14.85	23.22	7.5	9.06	6.38	4.12	32.32	39.01	27.47
Septiembre	20.94	6.18	8.57	5.47	4.79	29.53	40.91	26.12	22.9	20.94	8.02	10	6.71	4.67	38.29	47.75	32.05
Octubre	16.11	6.28	9.11	6.28	5.78	38.98	56.56	38.96	35.87	16.11	8.4	11.09	7.96	6.54	52.17	68.86	49.44
Noviembre	10.29	5.09	8.16	5.82	4.46	49.46	79.36	56.55	43.3	10.29	7.28	10.07	7.64	6.08	70.78	97.86	74.28
Diciembre	6.59	4.55	6.5	4.53	4.38	69.16	98.7	68.83	66.46	6.59	5.88	8.04	5.54	5.5	89.23	122.16	84.18
Anual	15.39	5.48	7.15	5.22	4.59	35.61	46.42	33.89	29.81	15.39	7.27	8.55	6.54	5.6	47.21	55.53	42.49

Cuadro 83. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)						Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)				
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	
Enero	-2.2	3.7	6.1	4.6	3.5	-171.4	-281.4	-213.6	-163.4	-2.2	4.7	7.3	5.3	4.5	-216.4	-336.4	-245.6	
Febrero	-0.7	3.3	5.9	4.4	3.4	-446	-807.1	-593.3	-463.1	-0.7	4.6	7.2	5.7	4.7	-619.1	-978.9	-776.4	
Marzo	1.9	3.9	5.8	4.4	3.6	202.1	300.8	231.4	186.9	1.9	5.4	6.8	5.3	4.8	283.7	354.6	274.8	
Abril	5.1	5.3	5.8	4.8	4.3	103.3	113.1	93.9	82.9	5.1	7	7	6.2	6	136.3	136.1	120.7	
Mayo	9.3	6.3	6.7	5.9	5.1	67.3	71.8	63.7	54.3	9.3	8.1	7.9	7.2	6.5	87.1	84.1	77.6	
Junio	14.4	6	7.8	6	4.9	41.4	54	41.9	34.2	14.4	8.1	9.2	8.2	6.1	56.2	64	56.9	
Julio	16.7	5.5	7.4	5.2	3.5	33.3	44.3	31.4	20.9	16.7	7.3	8.7	6.7	3.8	44.1	52.2	40.3	
Agosto	15.8	5.9	7.5	5.4	3.3	37.4	47.5	34.4	21.2	15.8	7.7	8.9	6.7	4.3	48.9	56.4	42.3	
Septiembre	13.1	6.3	8	5.8	4.5	48.2	61.5	44.2	34.5	13.1	8.3	9.6	7.2	4.9	63.2	73.1	55.4	
Octubre	7.2	6.2	9.1	6.6	5.2	87.1	126.4	92.5	72.2	7.2	8.5	10.8	8.3	6.1	117.7	150.8	116.1	
Noviembre	1.3	4.8	8.6	6	4	379.1	684.5	474	318.3	1.3	7	10.5	7.7	5.5	552.7	832.4	612.5	
Diciembre	-1.8	3.8	6.8	4.5	3.8	-213.1	-387.1	-256.3	-214.3	-1.8	5.2	8.4	5.7	4.9	-293	-478.1	-321.5	
Anual	6.7	5.1	7.1	5.3	4.1	76.1	106.9	79.7	61.3	6.7	6.8	8.5	6.7	5.2	102.2	127.7	100.3	

Cuadro 84. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máxima con respecto a la línea base , escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)						Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)				
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	
Enero	14.2	5.36	6.24	4.93	4.69	37.77	43.94	34.7	33.05	6.61	7.61	5.22	6.3	46.54	53.61	36.73	44.35	
Febrero	16.68	5.02	7.12	5.04	4.88	30.12	42.65	30.19	29.27	6.82	8.71	6.11	6.32	40.89	52.22	36.61	37.89	
Marzo	19.99	5.9	7.58	5.12	5.67	29.51	37.91	25.61	28.35	8.03	8.84	5.97	7.43	40.15	44.23	29.87	37.17	
Abril	24.18	7.37	7.06	5.33	6.72	30.49	29.19	22.04	27.79	9.41	8.2	6.9	8.74	38.91	33.92	28.52	36.13	
Mayo	28.56	7.6	6.58	6.48	6.5	26.62	23.03	22.7	22.77	9.91	7.52	8.28	8.31	34.7	26.32	29	29.11	
Junio	33.18	6.19	6.77	5.83	5.94	18.66	20.4	17.58	17.9	8.46	8.09	7.99	6.35	25.49	24.38	24.09	19.15	
Julio	32.18	5.87	6.2	3.98	3.43	18.24	19.27	12.37	10.67	7.47	7.27	5.09	2.71	23.22	22.6	15.81	8.43	
Agosto	30.68	5.85	8.01	5.1	3.55	19.05	26.1	16.63	11.57	7.31	9.22	6.1	3.93	23.82	30.06	19.86	12.82	
Septiembre	28.82	6.07	9.1	5.17	5.08	21.06	31.59	17.94	17.62	7.78	10.45	6.18	4.38	27	36.26	21.45	15.21	
Octubre	25.04	6.31	9.15	5.91	6.37	25.2	36.53	23.61	25.45	8.36	11.36	7.6	7	33.37	45.37	30.34	27.94	
Noviembre	19.32	5.4	7.7	5.66	4.9	27.96	39.89	29.32	25.36	7.6	9.65	7.57	6.65	39.34	49.95	39.17	34.44	
Diciembre	14.94	5.35	6.17	4.54	4.97	35.79	41.28	30.4	33.27	6.58	7.65	5.41	6.06	44.05	51.21	36.23	40.59	
Anual	23.98	6.02	7.31	5.26	5.23	25.12	30.47	21.93	21.79	7.86	8.71	6.53	6.18	32.78	36.34	27.25	25.78	

III.3.3 CUENCA SANTA MARÍA

Cuadro 85. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura media con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Santa María.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)		
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	6.68	4.59	6.31	4.8	4.15	68.65	94.52	71.8	62.05	5.7	7.55	5.33	5.42	85.38	113.07	79.81	81.1
Febrero	8.9	4.18	6.72	4.73	4.22	46.97	75.45	53.08	47.44	5.75	8.15	6	5.51	64.53	91.53	67.39	61.91
Marzo	12.2	4.98	6.89	4.83	4.72	40.85	56.49	39.6	38.68	6.82	8.04	5.75	6.11	55.87	65.86	47.14	50.09
Abril	15.97	6.34	6.6	5.16	5.55	39.72	41.34	32.29	34.76	8.24	7.74	6.67	7.25	51.62	48.45	41.79	45.39
Mayo	20.22	6.83	6.7	6.27	5.74	33.79	33.13	30.99	28.36	8.95	7.77	7.84	7.3	44.28	38.45	38.77	36.08
Junio	24.76	6.02	7.17	5.91	5.52	24.32	28.93	23.87	22.27	8.15	8.55	8.04	5.91	32.92	34.53	32.47	23.85
Julio	25.26	5.64	6.61	4.48	3.36	22.33	26.17	17.75	13.32	7.35	7.76	5.69	3.21	29.09	30.71	22.52	12.71
Agosto	24	5.83	7.75	5.09	3.34	24.29	32.31	21.21	13.93	7.49	9.03	6.19	3.92	31.21	37.62	25.8	16.33
Septiembre	21.86	6.12	8.54	5.33	4.7	28.02	39.07	24.37	21.49	7.97	9.96	6.57	4.48	36.44	45.54	30.05	20.48
Octubre	17.07	6.15	8.96	6.12	5.54	36.04	52.48	35.87	32.48	8.2	10.91	7.7	6.31	48.03	63.95	45.1	36.95
Noviembre	11.13	5.06	8.07	5.81	4.38	45.45	72.5	52.25	39.35	7.26	9.93	7.52	5.97	65.23	89.23	67.56	53.69
Diciembre	7.39	4.59	6.56	4.58	4.32	62.11	88.85	61.94	58.5	5.95	8.07	5.58	5.43	80.59	109.26	75.53	73.54
Anual	16.29	5.53	7.24	5.26	4.63	33.95	44.46	32.29	28.42	7.32	8.62	6.57	5.57	44.94	52.94	40.36	34.19

Cuadro 86. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Santa María.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)		
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	-1.8	3.8	6.3	4.6	3.5	-208.8	-347.6	-256.1	-194.8	4.7	7.4	5.4	4.5	-261.9	-411.4	-296.1	-248.7
Febrero	-0.1	3.3	6.1	4.3	3.4	-6059.3	-11142	-7878.9	-622.4	4.6	7.4	5.7	4.7	-839	-139.8	-106.4	-876.8
Marzo	2.9	4	6	4.5	3.6	135.9	202.9	151.9	123.4	5.6	7	5.4	4.8	189.4	237.8	182.2	162.9
Abril	6.3	5.4	5.9	4.9	4.2	85	93.8	77.4	67.2	7.1	7.1	6.3	5.9	112.5	112.1	100	92.6
Mayo	10.5	6.2	6.7	6	4.9	59.3	63.7	57.1	46.9	8.1	7.9	7.4	6.3	77.2	74.7	70	60
Junio	15.5	5.9	7.5	6	4.9	38.3	48.5	38.9	31.5	8	8.9	8.2	5.7	51.5	57.7	52.8	37.1
Julio	17.5	5.5	7.1	5.1	3.4	31.4	40.6	29.3	19.3	7.3	8.3	6.5	3.7	41.7	47.8	37.2	21.3
Agosto	16.6	5.9	7.4	5.3	3.3	35.4	44.5	32	19.7	7.7	8.7	6.5	4.1	46.5	52.7	39.4	25
Septiembre	14	6.2	7.9	5.6	4.3	44.6	56.2	40	30.8	8.2	9.3	7	4.7	58.4	66.7	50.1	33.7
Octubre	8.2	6.1	8.7	6.5	4.9	74.5	106.7	79	60	8.2	10.4	8.1	5.9	100.6	127.4	98.6	71.6
Noviembre	2	4.8	8.5	6	3.9	234	416.2	293	193	7	10.3	7.6	5.4	340.9	504.3	374.1	265.3
Diciembre	-1.3	3.8	7	4.6	3.7	-299.1	-546	-359	-291.3	5.3	8.5	5.7	4.9	-412	-669.5	-449.3	-382.7
Anual	7.5	5.1	7.1	5.3	4	67.4	94.1	70.2	53.3	6.8	8.5	6.7	5.1	90.4	112.2	88.3	67

Cuadro 87. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máxima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Santa María

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)		
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	15.17	5.39	6.34	4.96	4.77	35.56	41.77	32.69	31.41	6.67	7.66	5.31	6.34	43.95	50.5	34.97	41.76
Febrero	17.86	5.02	7.29	5.11	5.02	28.12	40.82	28.59	28.08	6.86	8.88	6.25	6.35	38.42	49.69	35	35.55
Marzo	21.46	5.97	7.82	5.2	5.81	27.82	36.42	24.21	27.07	8.06	9.08	6.15	7.43	37.57	42.3	28.64	34.63
Abril	25.61	7.31	7.27	5.42	6.86	28.53	28.4	21.15	26.77	9.37	8.39	7.02	8.64	36.59	32.75	27.43	33.74
Mayo	29.9	7.42	6.68	6.51	6.53	24.81	22.35	21.78	21.82	9.77	7.68	8.3	8.27	32.68	25.68	27.76	27.66
Junio	34.04	6.12	6.81	5.8	6.15	17.97	20.02	17.04	18.06	8.32	8.17	7.9	6.06	24.45	24	23.21	17.81
Julio	33.06	5.8	6.13	3.85	3.35	17.54	18.53	11.63	10.14	7.42	7.17	4.88	2.71	22.43	21.68	14.78	8.19
Agosto	31.4	5.78	8.12	4.87	3.42	18.41	25.86	15.51	10.9	7.27	9.3	5.85	3.69	23.15	29.63	18.64	11.75
Septiembre	29.71	6.01	9.22	5.05	5.08	20.21	31.02	17.01	17.09	7.75	10.57	6.12	4.23	26.08	35.59	20.58	14.23
Octubre	25.95	6.2	9.18	5.77	6.18	23.9	35.38	22.26	23.8	8.16	11.4	7.32	6.75	31.44	43.93	28.22	26.02
Noviembre	20.21	5.34	7.65	5.65	4.82	26.43	37.82	27.96	23.85	7.56	9.57	7.41	6.54	37.42	47.36	36.63	32.35
Diciembre	16.05	5.36	6.17	4.57	4.93	33.42	38.42	28.5	30.72	6.65	7.61	5.43	5.99	41.42	47.4	33.84	37.3
Anual	25.04	5.98	7.39	5.23	5.24	23.87	29.51	20.89	20.94	7.82	8.79	6.5	6.08	31.24	35.11	25.94	24.3

III.3.4 CUENCA DEL CARMEN

Cuadro 88. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura media con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca R. del Carmen.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)		
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	6.33	4.52	6.35	4.8	4.19	71.49	100.41	75.82	66.16	5.67	7.56	5.35	5.46	89.52	119.48	84.48	86.26
Febrero	8.21	4.14	6.79	4.74	4.31	50.43	82.72	57.78	52.49	5.75	8.21	6.05	5.56	70.04	100	73.69	67.7
Marzo	11.46	5.03	6.99	4.9	4.8	43.91	61.01	42.77	41.92	6.88	8.13	5.88	6.15	60.07	70.93	51.31	53.7
Abril	15.4	6.35	6.7	5.24	5.61	41.22	43.5	34.05	36.45	8.32	7.82	6.75	7.21	54.03	50.77	43.86	46.83
Mayo	19.66	6.78	6.73	6.23	5.67	34.46	34.24	31.71	28.85	8.98	7.84	7.78	7.24	45.69	39.85	39.59	36.84
Junio	23.97	5.98	7.08	5.82	5.46	24.95	29.56	24.29	22.8	8.11	8.47	7.88	5.68	33.84	35.34	32.9	23.7
Julio	24.32	5.61	6.49	4.41	3.23	23.08	26.7	18.12	13.27	7.39	7.61	5.52	3.18	30.37	31.28	22.71	13.09
Agosto	23.04	5.82	7.77	5.02	3.25	25.24	33.72	21.8	14.09	7.55	9.03	6.09	3.84	32.79	39.17	26.43	16.67
Septiembre	20.91	4.38	8.5	5.27	4.6	20.92	40.64	25.19	22	7.99	9.91	6.5	4.36	38.19	47.4	31.1	20.84
Octubre	16.33	7.96	8.82	6.03	5.35	48.75	54.01	36.9	32.77	8.06	10.75	7.53	6.14	49.38	65.83	46.11	37.58
Noviembre	10.69	5.03	7.99	5.78	4.33	47	74.69	54.1	40.48	7.27	9.82	7.39	5.9	67.94	91.79	69.14	55.19
Diciembre	7.08	4.57	6.57	4.55	4.28	64.51	92.76	64.3	60.5	6	8.05	5.52	5.4	84.68	113.64	77.99	76.31
Anual	15.62	5.51	7.23	5.23	4.59	35.3	46.31	33.51	29.4	7.33	8.6	6.52	5.51	46.94	55.06	41.76	35.29

Cuadro 89. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca R. del Carmen

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	
Enero	-2.5	3.7	6.3	4.6	3.6	-151.6	-256.9	-188.3	-145.3	4.7	7.4	5.4	4.6	-191	-302.7	-218.6	-186.2	
Febrero	-0.9	3.3	6.2	4.4	3.5	-355.4	-663.5	-466.5	-373.4	4.6	7.5	5.8	4.7	-497	-799.9	-619.8	-506.7	
Marzo	2	4	6	4.5	3.7	197.7	295.3	221.9	180.7	5.6	7	5.5	4.9	276.4	345	267.6	237.7	
Abril	5.8	5.4	6	5	4.3	94	104.2	86.9	74.4	7.2	7.1	6.4	5.8	125.4	124.1	111.8	101	
Mayo	10	6.2	6.7	6	4.8	62.5	67.6	60.2	48.6	8.2	7.9	7.4	6.2	82.3	79.4	73.9	62.4	
Junio	14.8	5.9	7.4	5.9	4.8	40	49.8	40	32.4	7.9	8.8	8	5.5	53.8	59.2	54.1	37.3	
Julio	16.6	5.5	7	5.1	3.3	33.1	41.9	30.6	19.7	7.3	8.1	6.3	3.7	44.2	49.1	38.3	22.1	
Agosto	15.6	5.9	7.3	5.3	3.2	37.7	46.9	33.9	20.5	7.8	8.7	6.5	4.1	49.9	55.5	41.4	26	
Septiembre	13.2	6.2	7.7	5.5	4.2	47	58.7	41.9	31.6	8.2	9.2	6.9	4.6	62	69.7	52.2	34.6	
Octubre	7.6	6.4	8.5	6.4	4.7	84	111.5	83.5	61.8	8.1	10.1	7.9	5.7	106.4	133.2	103.8	74.7	
Noviembre	1.6	4.8	8.4	5.9	3.9	303.5	534.2	379.4	248.5	7	10.1	7.5	5.4	444.4	645.5	478.3	341.8	
Diciembre	-1.9	3.8	7	4.6	3.7	-202.3	-371.3	-242.9	-197	5.3	8.5	5.7	4.9	-282	-453.2	-302.7	-260.3	
Anual	6.8	5.1	7	5.3	4	74.7	103.2	77.2	58.1	6.8	8.4	6.6	5	100.2	122.8	96.7	73.2	

Cuadro 90. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máxima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca R. del Carmen.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	
Enero	15.12	5.32	6.39	4.97	4.8	35.2	42.29	32.86	31.77	6.63	7.68	5.32	6.34	43.84	50.8	35.17	41.95	
Febrero	17.35	4.96	7.39	5.13	5.13	28.61	42.61	29.59	29.6	6.86	8.96	6.32	6.39	39.54	51.62	36.41	36.82	
Marzo	20.87	6.02	7.95	5.27	5.91	28.85	38.08	25.24	28.34	8.12	9.2	6.29	7.45	38.9	44.1	30.14	35.69	
Abril	25.04	7.29	7.4	5.49	6.94	29.1	29.55	21.91	27.73	9.42	8.49	7.07	8.61	37.61	33.91	28.25	34.39	
Mayo	29.36	7.33	6.73	6.47	6.51	24.95	22.92	22.05	22.16	9.77	7.77	8.2	8.26	33.28	26.45	27.93	28.15	
Junio	33.15	6.05	6.81	5.74	6.14	18.24	20.53	17.31	18.52	8.27	8.18	7.76	5.84	24.95	24.68	23.42	17.63	
Julio	32.06	5.74	6.04	3.74	3.2	17.91	18.83	11.66	9.97	7.44	7.07	4.7	2.71	23.21	22.05	14.67	8.46	
Agosto	30.44	5.73	8.2	4.75	3.29	18.84	26.94	15.6	10.8	7.31	9.38	5.7	3.61	24.01	30.81	18.71	11.85	
Septiembre	28.62	2.55	9.25	5.01	5.03	8.9	32.33	17.5	17.58	7.79	10.62	6.12	4.14	27.21	37.12	21.37	14.48	
Octubre	25.06	9.53	9.16	5.7	6	38.04	36.56	22.75	23.94	8.03	11.37	7.16	6.59	32.06	45.38	28.58	26.31	
Noviembre	19.82	5.3	7.6	5.63	4.76	26.73	38.37	28.38	24.03	7.57	9.52	7.29	6.45	38.18	48.02	36.8	32.53	
Diciembre	16.04	5.34	6.17	4.55	4.87	33.29	38.47	28.36	30.37	6.69	7.59	5.37	5.93	41.72	47.33	33.45	36.94	
Anual	24.41	5.93	7.42	5.2	5.22	24.29	30.42	21.31	21.37	7.82	8.82	6.44	6.03	32.06	36.13	26.39	24.69	

III.3.5 CUENCA EL CARRIZO Y OTROS

Cuadro 91. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura media con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca El Carrizo y Otros

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)						Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	6.9	4.5	6.29	4.81	5.92	65.25	91.18	69.66	85.79	5.65	7.45	5.39	5.92	81.8	107.92	78.15	85.79
Febrero	8.72	4.16	6.77	4.74	4.73	47.66	77.64	54.39	54.27	5.77	8.18	6.09	4.73	66.18	93.79	69.8	54.27
Marzo	12.18	5.14	7	4.97	5.69	42.15	57.47	40.8	46.66	6.92	8.14	6.01	5.69	56.77	66.82	49.31	46.66
Abril	16.68	6.28	6.75	5.36	5.9	37.67	40.45	32.13	35.36	8.22	7.86	6.85	5.9	49.27	47.14	41.07	35.36
Mayo	20.91	6.58	6.72	6.2	6.32	31.45	32.12	29.63	30.22	8.77	7.84	7.69	6.32	41.91	37.5	36.77	30.22
Junio	24.87	5.86	6.94	5.71	6.46	23.57	27.91	22.97	25.96	7.9	8.35	7.69	6.46	31.75	33.56	30.93	25.96
Julio	25.31	5.53	6.46	4.32	4.86	21.84	25.51	17.08	19.19	7.28	7.56	5.34	4.86	28.75	29.87	21.09	19.19
Agosto	24.08	5.76	7.84	5	4.41	23.93	32.55	20.77	18.3	7.5	9.08	6.03	4.41	31.16	37.71	25.02	18.3
Septiembre	21.66	6.06	8.37	5.28	4.97	27.99	38.66	24.39	22.93	7.9	9.79	6.55	4.97	36.45	45.19	30.25	22.93
Octubre	16.74	5.98	8.67	5.97	6.77	35.72	51.81	35.66	40.42	7.88	10.57	7.45	6.77	47.09	63.16	44.48	40.42
Noviembre	11.25	5.02	7.83	5.77	5.01	44.63	69.67	51.29	44.59	7.26	9.66	7.27	5.01	64.59	85.89	64.61	44.59
Diciembre	7.52	4.62	6.44	4.48	4.83	61.45	85.62	59.6	64.29	6.06	7.88	5.4	4.83	80.62	104.82	71.86	64.29
Anual	16.4	5.46	7.17	5.22	5.49	33.27	43.74	31.81	33.46	7.26	8.53	6.48	5.49	44.25	52.01	39.5	33.46

Cuadro 92. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura mínima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca El Carrizo y Otros

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)						Anomalías (°C)			Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	-2.33	3.84	6.23	4.65	5.3	-164.73	-267.01	-199.21	-227.3	4.9	7.3	5.5	5.3	-208	-313.2	-233.8	-227.3
Febrero	-0.82	3.47	6.17	4.38	4.07	-423.21	-751.41	-533.11	-495.6	4.8	7.5	5.9	4.1	-589	-907.8	-713.7	-495.6
Marzo	2.2	4.31	6.1	4.63	4.93	195.66	276.95	210.39	223.91	5.9	7.1	5.6	4.9	267.4	323.4	256	223.9
Abril	6.67	5.49	6.13	5.17	5.31	82.21	91.88	77.4	79.51	7.3	7.3	6.6	5.3	109.3	109.4	99.2	79.5
Mayo	11.1	6.1	6.8	5.97	5.82	54.95	61.27	53.81	52.42	8.1	8	7.4	5.8	72.8	72	66.2	52.4
Junio	15.59	5.84	7.26	5.77	5.92	37.46	46.56	37.04	37.95	7.8	8.7	7.8	5.9	50	55.7	50	38
Julio	17.38	5.48	7.04	5.06	4.81	31.52	40.52	29.14	27.71	7.3	8.2	6.2	4.8	42	47.4	35.9	27.7
Agosto	16.35	5.91	7.49	5.35	4.54	36.15	45.83	32.73	27.77	7.8	8.9	6.5	4.5	47.8	54.1	39.7	27.8
Septiembre	13.83	6.23	7.72	5.56	5.17	45.02	55.83	40.21	37.38	8.1	9.2	6.9	5.2	58.9	66.4	49.9	37.4
Octubre	7.93	5.94	8.3	6.28	6.82	74.83	104.6	79.18	86	8	9.9	7.8	6.8	100.4	125.2	98.4	86
Noviembre	1.78	4.85	8.17	5.92	4.94	272.03	458.38	331.71	277	7.1	9.9	7.3	4.9	396.8	555.2	411.3	277
Diciembre	-1.9	4.01	6.81	4.5	4.24	-210.84	-357.99	-236.58	-223.1	5.5	8.3	5.6	4.2	-291	-435.4	-292.7	-223.1
Anual	7.32	5.12	7.02	5.27	5.16	70.01	95.94	72.04	70.48	6.9	8.4	6.6	5.2	94.1	114.2	90	70.5

Cuadro 93. Anomalías y porcentaje de cambio de la temperatura máxima con respecto a la línea base en SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca El Carrizo y Otros.

Mes	Base	SSP3-7.0									SSP5-8.5						
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)					Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)		
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	16.14	5.16	6.36	4.97	6.54	31.99	39.38	30.78	40.51	6.43	7.59	5.33	6.54	39.86	47.03	33.03	40.51
Febrero	18.26	4.84	7.38	5.11	5.4	26.5	40.38	27.99	29.56	6.7	8.91	6.32	5.4	36.7	48.78	34.59	29.56
Marzo	22.17	5.97	7.91	5.31	6.44	26.91	35.68	23.97	29.07	7.95	9.17	6.38	6.44	35.87	41.36	28.8	29.07
Abril	26.69	7.08	7.36	5.55	6.49	26.54	27.6	20.81	24.32	9.14	8.43	7.09	6.49	34.26	31.58	26.55	24.32
Mayo	30.73	7.06	6.64	6.42	6.82	22.97	21.59	20.89	22.2	9.45	7.7	8.03	6.82	30.77	25.05	26.13	22.2
Junio	34.16	5.88	6.63	5.65	7	17.23	19.41	16.55	20.49	8.01	8.01	7.6	7	23.44	23.45	22.24	20.49
Julio	33.24	5.58	5.87	3.58	4.9	16.78	17.66	10.78	14.74	7.25	6.88	4.44	4.9	21.81	20.7	13.34	14.74
Agosto	31.81	5.61	8.18	4.65	4.27	17.64	25.72	14.62	13.44	7.19	9.31	5.56	4.27	22.6	29.27	17.49	13.44
Septiembre	29.49	5.9	9.03	5	4.76	20	30.61	16.97	16.15	7.64	10.39	6.2	4.76	25.92	35.25	21.04	16.15
Octubre	25.55	6.02	9.05	5.66	6.71	23.58	35.42	22.15	26.28	7.8	11.21	7.09	6.71	30.53	43.89	27.75	26.28
Noviembre	20.71	5.19	7.5	5.62	5.09	25.05	36.2	27.14	24.58	7.45	9.42	7.2	5.09	35.98	45.48	34.75	24.58
Diciembre	16.93	5.23	6.06	4.46	5.42	30.88	35.8	26.35	32.02	6.57	7.48	5.24	5.42	38.8	44.16	30.92	32.02
Anual	25.49	5.79	7.33	5.17	5.82	22.73	28.75	20.27	22.84	7.63	8.71	6.37	5.82	29.95	34.16	25	22.84

III.4 ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN (PERIODO 2081-2100)

III.4.1 REGIÓN DE ESTUDIO

Cuadro 94. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación media con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	13.02	-2.36	-2	-1.48	-0.86	-18.17	-15.36	-11.34	-6.63	-3.56	-4.02	-0.81	-2.73	-27.3	-30.87	-6.24	-20.95
Febrero	10.18	-2.31	-2.4	-1.17	-2.04	-22.67	-23.6	-11.44	-20.08	-3.22	-2.92	-0.65	-1.4	-31.6	-28.65	-6.35	-13.77
Marzo	6.7	-1.83	-1.63	-0.97	-1.35	-27.38	-24.27	-14.44	-20.22	-2.53	-1.68	-1.52	-1.58	-37.7	-25.11	-22.7	-23.56
Abril	6.5	-1.99	-0.65	-0.99	-1.3	-30.62	-9.93	-15.26	-19.94	-2.21	-0.55	-1.28	-1.1	-33.9	-8.39	-19.7	-16.92
Mayo	8.52	-1.68	0.76	-1.44	0.13	-19.73	8.92	-16.88	1.51	-2.37	0.8	-2.21	-0.06	-27.7	9.37	-25.9	-0.68
Junio	25.63	-3.77	2.66	-0.89	-0.53	-14.7	10.36	-3.48	-2.06	-4.02	2.29	-1.91	5.62	-15.6	8.94	-7.45	21.93
Julio	74.78	-14.9	13.39	14.74	7.96	-19.92	17.91	19.71	10.65	-12.6	16.31	19.95	19.97	-16.8	21.82	26.68	26.7
Agosto	75.41	-8.41	-13.1	1.98	1.82	-11.15	-17.37	2.63	2.42	-13.1	-11.8	7.56	12.36	-17.4	-15.68	10.02	16.39
Septiembre	59.24	1.14	-13.65	1.61	-0.99	1.93	-23.04	2.71	-1.67	-4.47	-13.56	4.53	11.74	-7.55	-22.88	7.64	19.82
Octubre	26.65	-2.27	-2.14	3.6	-0.27	-8.5	-8.01	13.51	-1.02	-0.48	-4.54	5	-2.39	-1.81	-17.04	18.77	-8.96
Noviembre	12.36	-1.41	2.73	0.06	-0.95	-11.41	22.11	0.51	-7.71	-1.09	3.95	-0.21	-0.44	-8.85	31.95	-1.73	-3.59
Diciembre	14.1	-2.37	-0.05	-0.89	-1.4	-16.81	-0.36	-6.31	-9.9	-1.9	0.78	-0.41	-1.47	-13.4	5.54	-2.87	-10.41
Anual	333.1	-42.16	-16.06	14.17	0.22	-12.66	-4.82	4.26	0.07	-51.6	-14.96	28.03	38.53	-15.4	-4.49	8.42	11.57

Cuadro 95. Anomalías y porcentaje de cambio de precipitación mínima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	6	-1	-1	-1	-1	-16.67	-16.67	-16.67	-16.67	6	-2	-1	-1	-1	-33.33	-16.6	-16.67
Febrero	4	-1	-1	-1	-1	-25	-25	-25	-25	4	-1	-1	-1	0	-25	-25	-25
Marzo	2	-1	0	0	0	-50	0	0	0	2	-1	-1	-1	0	-50	-50	-50
Abril	2	-1	0	0	0	-50	0	0	0	2	-1	0	0	0	-50	0	0
Mayo	3	-1	0	-1	0	-33.33	0	-33.33	0	3	-1	0	-1	0	-33.33	0	-33.33
Junio	8	-1	0	-1	0	-12.5	0	-12.5	0	8	-1	0	0	1	-12.5	0	0
Julio	41	-6	8	10	3	-14.63	19.51	24.39	7.32	41	-4	11	12	9	-9.76	26.83	29.27
Agosto	43	-4	-5	1	1	-9.3	-11.63	2.33	2.33	43	-6	-3	4	8	-13.95	-6.98	9.3
Septiembre	34	-1	-7	2	0	-2.94	-20.59	5.88	0	34	-4	-7	3	7	-11.76	-20.5	8.82
Octubre	17	-2	-2	1	0	-11.76	-11.76	5.88	0	17	-1	-4	1	-2	-5.88	-23.5	5.88
Noviembre	6	0	1	0	0	0	16.67	0	0	6	0	2	0	0	0	33.33	0
Diciembre	7	-1	0	0	-1	-14.29	0	0	-14.29	7	-1	0	0	-1	-14.29	0	0
Anual	173	-20	-7	10	1	-11.56	-4.05	5.78	0.58	173	-23	-4	16	21	-13.29	-2.31	9.25

Cuadro 96. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máxima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para el área de estudio.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	43	-8	-6	-6	-1	-18.6	-13.95	-13.95	-2.33	-12	-9	-6	-8	-27.9	-20.9	-14	-18.6
Febrero	29	-9	-8	-5	-7	-31.03	-27.59	-17.24	-24.14	-11	-9	-2	-6	-37.9	-31	-6.9	-20.7
Marzo	25	-7	-6	-3	-5	-28	-24	-12	-20	-10	-6	-5	-6	-40	-24	-20	-24
Abril	16	-5	-2	-3	-3	-31.25	-12.5	-18.75	-18.75	-6	-1	-3	-2	-37.5	-6.3	-18.8	-12.5
Mayo	22	-4	2	-3	1	-18.18	9.09	-13.64	4.55	-6	2	-4	1	-27.3	9.1	-18.2	4.5
Junio	59	-9	8	0	0	-15.25	13.56	0	0	-12	7	-3	17	-20.3	11.9	-5.1	28.8
Julio	175	-48	19	14	8	-27.43	10.86	8	4.57	-43	23	20	38	-24.6	13.1	11.4	21.7
Agosto	146	-18	-28	6	-4	-12.33	-19.18	4.11	-2.74	-22	-31	18	15	-15.1	-21.2	12.3	10.3
Septiembre	111	2	-31	4	-5	1.8	-27.93	3.6	-4.5	-6	-31	8	20	-5.4	-27.9	7.2	18
Octubre	45	-1	-1	11	-1	-2.22	-2.22	24.44	-2.22	-1	-4	11	-4	-2.2	-8.9	24.4	-8.9
Noviembre	32	-5	8	1	-2	-15.63	25	3.13	-6.25	-5	12	-1	-2	-15.6	37.5	-3.1	-6.3
Diciembre	42	-9	-1	-4	-5	-21.43	-2.38	-9.52	-11.9	-5	2	-3	-2	-11.9	4.8	-7.1	-4.8
Anual	745	-121	-46	12	-24	-16.24	-6.17	1.61	-3.22	-139	-45	30	61	-18.7	-6	4	8.2

III.4.2 CUENCA CASAS GRANDES

Cuadro 97. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación media con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	19.36	-3.57	-2.81	-2.35	-0.7	-18.45	-13.95	-13.95	-2.33	-5.6	-3.8	-3.4	-4.1	-28.8	-19.6	-17.3	-21.4
Febrero	13.77	-4.77	-3.24	-1.33	-3.04	-34.63	-27.59	-17.24	-24.14	-4.5	-3.9	-0.1	-2.1	-32.4	-28	-0.5	-15.5
Marzo	10.65	-3.05	-2.53	-1.37	-2.07	-28.61	-24	-12	-20	-4.4	-2.6	-2.3	-2.6	-41	-24.7	-21.9	-24.2
Abril	6.26	-2.23	-0.52	-1.02	-1.43	-35.64	-12.5	-18.75	-18.75	-2.3	-0.5	-1.5	-1.3	-37.4	-8.1	-23.5	-20.2
Mayo	6.23	-1.59	0.3	-1.32	0	-25.57	9.09	-13.64	4.55	-1.9	0.4	-2	0	-30.7	6.9	-31.6	-0.2
Junio	19.27	-2.35	1.4	-1.26	-1.19	-12.18	13.56	0	0	-2.8	1.2	-2	2.9	-14.5	6.4	-10.4	15
Julio	82.33	-17.23	11.54	12.31	6.64	-20.93	10.86	8	4.57	-13.5	14.5	14.4	20.9	-16.4	17.6	17.5	25.3
Agosto	72.95	-7.08	-10.3	-0.86	0.08	-9.7	-19.18	4.11	-2.74	-11.3	-9.1	3.7	11.4	-15.5	-12.5	5.1	15.7
Septiembre	53.12	0.9	-10.39	2.13	0.62	1.7	-27.93	3.6	-4.5	-2.9	-9.7	7	12.8	-5.5	-18.3	13.2	24
Octubre	28.52	-1.61	-1.46	5.06	-0.57	-5.64	-2.22	24.44	-2.22	-1	-3.8	4.7	-2.3	-3.5	-13.2	16.4	-7.9
Noviembre	17.29	-2.55	3.87	0.21	-1.51	-14.75	25	3.13	-6.25	-2.1	5.5	0.4	-1.1	-12.2	31.5	2.6	-6.4
Diciembre	20.34	-3.95	-0.15	-1.7	-2.06	-19.42	-2.38	-9.52	-11.9	-3.2	0.7	-0.8	-2.3	-15.6	3.3	-4.1	-11.2
Anual	350.09	-49.07	-14.29	8.49	-5.25	-14.02	-6.17	1.61	-3.22	-55.5	-11.1	18.3	32.2	-15.8	-3.2	5.2	9.2

Cuadro 98. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación mínima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	9	-1	-1	-1	0	-11.11	-11.11	-11.11	0	-2	-2	0	-2	-22.2	-22.2	0	-22.2
Febrero	8	-2	-2	-1	-2	-25	-25	-12.5	-25	-3	-2	-1	-1	-37.5	-25	-12.5	-12.5
Marzo	3	-1	-1	0	-1	-33.33	-33.33	0	-33.33	-1	-1	-1	-1	-33.3	-33.3	-33.3	-33.3
Abril	2	-1	0	0	0	-50	0	0	0	-1	0	0	0	-50	0	0	0
Mayo	3	-1	0	-1	0	-33.33	0	-33.33	0	-1	0	-1	0	-33.3	0	-33.3	0
Junio	8	-1	0	-1	0	-12.5	0	-12.5	0	-1	0	-1	1	-12.5	0	-12.5	12.5
Julio	45	-6	9	11	4	-13.33	20	24.44	8.89	-4	11	12	11	-8.9	24.4	26.7	24.4
Agosto	48	-3	-6	1	1	-6.25	-12.5	2.08	2.08	-5	-3	4	9	-10.4	-6.3	8.3	18.8
Septiembre	35	-1	-6	3	1	-2.86	-17.14	8.57	2.86	-3	-5	6	9	-8.6	-14.3	17.1	25.7
Octubre	21	-2	-2	2	0	-9.52	-9.52	9.52	0	-1	-4	0	-2	-4.8	-19	0	-9.5
Noviembre	9	-2	2	0	-1	-22.22	22.22	0	-11.11	-1	3	0	-1	-11.1	33.3	0	-11.1
Diciembre	11	-2	0	-1	-1	-18.18	0	-9.09	-9.09	-1	0	0	-1	-9.1	0	0	-9.1
Anual	202	-23	-7	12	1	-11.39	-3.47	5.94	0.5	-24	-3	18	22	-11.9	-1.5	8.9	10.9

Cuadro 99. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máxima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Casas Grandes

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	-8	-6	-6	-1	-18.6	-13.95	-13.95	-2.33	-8	43	-12	-9	-5	-8	-27.9	-20.9	-11.6
Febrero	-9	-8	-5	-7	-31.03	-27.59	-17.24	-24.14	-9	29	-11	-9	-1	-6	-37.9	-31	-3.4
Marzo	-7	-6	-3	-5	-28	-24	-12	-20	-7	25	-10	-6	-4	-6	-40	-24	-16
Abril	-5	-1	-2	-3	-38.46	-7.69	-15.38	-23.08	-5	13	-5	-1	-3	-2	-38.5	-7.7	-23.1
Mayo	-4	1	-3	0	-28.57	7.14	-21.43	0	-4	14	-5	2	-4	0	-35.7	14.3	-28.6
Junio	-6	5	-3	-3	-11.76	9.8	-5.88	-5.88	-6	51	-11	4	-4	11	-21.6	7.8	-7.8
Julio	-48	19	14	8	-27.43	10.86	8	4.57	-48	175	-43	23	20	38	-24.6	13.1	11.4
Agosto	-18	-28	-3	-7	-12.33	-19.18	-2.05	-4.79	-18	146	-22	-31	5	13	-15.1	-21.2	3.4
Septiembre	6	-22	2	2	6.59	-24.18	2.2	2.2	6	91	0	-20	10	22	0	-22	11
Octubre	-1	-1	11	-1	-2.22	-2.22	24.44	-2.22	-1	45	-1	-4	11	-4	-2.2	-8.9	24.4
Noviembre	-5	8	1	-2	-15.63	25	3.13	-6.25	-5	32	-5	12	1	-2	-15.6	37.5	3.1
Diciembre	-9	-1	-4	-5	-21.43	-2.38	-9.52	-11.9	-9	42	-5	2	0	-2	-11.9	4.8	0
Anual	-114	-40	-1	-24	-16.15	-5.67	-0.14	-3.4	-114	706	-130	-37	26	54	-18.4	-5.2	3.7

III.4.3 CUENCA SANTA MARÍA

Cuadro 100. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación media con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Santa María

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	10.9	-1.9	-1.65	-1.21	-0.8	-17.41	-15.17	-11.14	-7.34	-3	-2.1	-0.4	-2.3	-27.9	-19.5	-3.4	-21.3
Febrero	9.38	-2.08	-2.14	-1.06	-1.95	-22.13	-22.83	-11.34	-20.77	-3	-2.7	-0.6	-1.1	-31.8	-28.7	-6.1	-12.2
Marzo	5.43	-1.44	-1.38	-0.82	-1.08	-26.44	-25.35	-15.05	-19.86	-2	-1.4	-1.2	-1.2	-36.9	-25.6	-22	-22.9
Abril	5.93	-1.96	-0.58	-0.88	-1.23	-33.02	-9.74	-14.75	-20.71	-2.1	-0.5	-1.3	-1	-35.7	-8.8	-21.7	-17.1
Mayo	7	-1.53	0.75	-1.22	0	-21.8	10.66	-17.43	0	-2.1	0.7	-2.1	0	-29.3	9.4	-29.5	0.1
Junio	20.29	-3.01	1.9	-0.9	-1.01	-14.85	9.37	-4.42	-4.97	-3.4	1.6	-1.9	4	-16.5	7.8	-9.1	19.6
Julio	69.85	-14.91	11.81	12.98	6.1	-21.34	16.9	18.58	8.73	-12.2	14.5	16.6	17.6	-17.5	20.8	23.8	25.2
Agosto	72.96	-8.19	-12.73	1.56	0.12	-11.22	-17.45	2.14	0.17	-12.1	-11.4	6.1	11.6	-16.6	-15.7	8.3	16
Septiembre	52.85	1.36	-12.34	1.57	-0.14	2.56	-23.35	2.97	-0.26	-3.6	-12	5.5	11.6	-6.9	-22.7	10.4	21.9
Octubre	23.82	-2.01	-1.96	3.49	-0.33	-8.44	-8.24	14.65	-1.38	-0.4	-4	4.3	-2	-1.6	-16.8	18.2	-8.6
Noviembre	10.65	-1.17	2.36	0	-1	-11	22.16	0	-9.43	-0.9	3.4	-0.1	-0.3	-8	32.4	-0.6	-2.9
Diciembre	13.81	-2.28	-0.02	-1.04	-1.29	-16.54	-0.17	-7.54	-9.35	-1.8	1	-0.8	-1.3	-13	7	-5.9	-9.6
Anual	302.86	-39.11	-16	12.47	-2.61	-12.91	-5.28	4.12	-0.86	-46.5	-13	24.3	35.4	-15.4	-4.3	8	11.7

Cuadro 101. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación mínima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Santa María

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	8	-1	-1	-1	-1	-12.5	-12.5	-12.5	-12.5	8	-2	-1	0	-2	-25	-12.5	0
Febrero	5	-2	-1	-1	-1	-40	-20	-20	-20	5	-2	-2	-1	-1	-40	-40	-20
Marzo	2	-1	0	0	0	-50	0	0	0	2	-1	-1	-1	0	-50	-50	-50
Abril	2	-1	0	0	0	-50	0	0	0	2	-1	0	0	0	-50	0	0
Mayo	3	-1	0	-1	0	-33.3	0	-33.3	0	3	-1	0	-1	0	-33.3	0	-33.3
Junio	10	-1	1	-1	-1	-10	10	-10	-10	10	-1	1	-1	1	-10	10	-10
Julio	41	-6	8	10	3	-14.6	19.5	24.4	7.3	41	-4	11	11	9	-9.8	26.8	26.8
Agosto	43	-4	-5	1	1	-9.3	-11.6	2.3	2.3	43	-6	-3	4	8	-14	-7	9.3
Septiembre	34	-1	-7	2	0	-2.9	-20.6	5.9	0	34	-4	-7	3	7	-11.8	-20.6	8.8
Octubre	17	-2	-2	1	0	-11.8	-11.8	5.9	0	17	-1	-4	1	-2	-5.9	-23.5	5.9
Noviembre	8	-1	2	0	-1	-12.5	25	0	-12.5	8	-1	3	0	0	-12.5	37.5	0
Diciembre	11	-2	0	-1	-1	-18.2	0	-9.1	-9.1	11	-2	0	0	-1	-18.2	0	0
Anual	184	-23	-5	9	-1	-12.5	-2.7	4.9	-0.5	184	-26	-3	15	19	-14.1	-1.6	8.2

Cuadro 102. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máxima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca Santa María.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	24	-6	-5	-4	-3	-25	-20.8	-16.7	-12.5	24	-9	-6	-4	-7	-37.5	-25	-16.7
Febrero	14	-3	-4	-2	-3	-21.4	-28.6	-14.3	-21.4	14	-4	-4	-1	-2	-28.6	-28.6	-7.1
Marzo	11	-4	-3	-2	-2	-36.4	-27.3	-18.2	-18.2	11	-5	-3	-3	-3	-45.5	-27.3	-27.3
Abril	11	-4	-1	-2	-2	-36.4	-9.1	-18.2	-18.2	11	-4	-1	-2	-2	-36.4	-9.1	-18.2
Mayo	14	-4	1	-2	0	-28.6	7.1	-14.3	0	14	-5	2	-3	0	-35.7	14.3	-21.4
Junio	44	-7	6	1	-1	-15.9	13.6	2.3	-2.3	44	-12	4	1	12	-27.3	9.1	2.3
Julio	140	-38	17	19	9	-27.1	12.1	13.6	6.4	140	-39	20	22	26	-27.9	14.3	15.7
Agosto	131	-18	-29	6	-5	-13.7	-22.1	4.6	-3.8	131	-20	-32	12	11	-15.3	-24.4	9.2
Septiembre	91	4	-25	4	-1	4.4	-27.5	4.4	-1.1	91	-3	-24	12	19	-3.3	-26.4	13.2
Octubre	34	-2	-2	7	-1	-5.9	-5.9	20.6	-2.9	34	-1	-5	14	-3	-2.9	-14.7	41.2
Noviembre	18	-2	4	0	-1	-11.1	22.2	0	-5.6	18	-2	7	0	-1	-11.1	38.9	0
Diciembre	24	-5	-1	-2	-3	-20.8	-4.2	-8.3	-12.5	24	-5	1	-3	-4	-20.8	4.2	-12.5
Anual	556	-89	-42	23	-13	-16	-7.6	4.1	-2.3	556	-109	-41	45	46	-19.6	-7.4	8.1

III.4.4 CUENCA DEL CARMEN

Cuadro 103. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación media con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca R. Del Carmen

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	11	-3	-1.8	-1.1	-1	-27.1	-16.5	-9.7	-9.2	-2.9	-2.2	-0.4	-2.2	-26.7	-19.6	-3.5	-20.3
Febrero	9.3	-2	-2.2	-1.1	-1.7	-21.3	-23.7	-12.3	-18.7	-3	-2.7	-1	-1.1	-31.6	-28.6	-10.8	-11.9
Marzo	5.6	-1.5	-1.4	-0.9	-1.1	-27.4	-24.4	-16.8	-19.8	-2	-1.4	-1.3	-1.2	-36.5	-25.3	-22.9	-22.3
Abril	7.2	-2.2	-0.8	-1.1	-1.5	-30.5	-10.6	-15.2	-20.7	-2.5	-0.6	-1.4	-1.1	-34.6	-8.7	-19.2	-15
Mayo	9.5	-1.9	1.1	-1.5	0.1	-20.5	11.5	-16.3	1.3	-2.9	1.1	-2.5	0	-31	11.6	-26.5	-0.3
Junio	28.5	-4.8	3.2	-0.9	-0.7	-16.9	11.2	-3.3	-2.5	-5.2	2.7	-2.3	6.3	-18.3	9.4	-8.1	22
Julio	79.2	-16.8	15.9	17	8.9	-21.2	20	21.4	11.2	-14.7	19	23.1	20.8	-18.5	24	29.1	26.2
Agosto	78.6	-10	-15.3	3.2	1.9	-12.8	-19.5	4	2.4	-15.3	-14	8.3	12.6	-19.5	-17.8	10.6	16.1
Septiembre	61	1.4	-15.5	1.3	-1.4	2.3	-25.4	2.1	-2.3	-5.8	-15.4	3.5	11.3	-9.6	-25.3	5.7	18.5
Octubre	26.6	-2.5	-2.4	3.3	-0.1	-9.5	-8.9	12.3	-0.3	-0.3	-4.9	5.3	-2.5	-1.1	-18.4	20.1	-9.4
Noviembre	9.9	-1	2.2	0	-1	-10.1	22.4	0	-9.8	-0.7	3.3	-0.3	0	-7.2	33.4	-3.5	-0.2
Diciembre	11.4	-1.7	0	-0.6	-1	-15.1	0	-5	-8.9	-1.4	0.9	-0.2	-1	-12.6	8.2	-1.6	-8.6
Anual	337.9	-46.1	-17	17.4	1.4	-13.7	-5	5.1	0.4	-56.8	-14.1	30.8	41.7	-16.8	-4.2	9.1	12.4

Cuadro 104. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación mínima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la cuenca R. Del Carmen

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	8	-2	-1	-1	-1	-25	-12.5	-12.5	-12.5	-2	-2	0	-2	-25	-25	0	-25
Febrero	5	-1	-1	-1	-1	-20	-20	-20	-20	-2	-2	-1	-1	-40	-40	-20	-20
Marzo	3	-1	-1	0	-1	-33.3	-33.3	0	-33.3	-1	-1	-1	-1	-33.3	-33.3	-33	-33.3
Abril	3	-1	0	0	-1	-33.3	0	0	-33.3	-1	0	0	-1	-33.3	0	0	-33.3
Mayo	5	-1	0	-1	0	-20	0	-20	0	-1	0	-1	0	-20	0	-20	0
Junio	17	-3	1	-1	-1	-17.6	5.9	-5.9	-5.9	-3	1	-2	2	-17.6	5.9	-11	11.8
Julio	48	-7	10	12	4	-14.6	20.8	25	8.3	-5	13	13	10	-10.4	27.1	27.1	20.8
Agosto	43	-4	-5	1	1	-9.3	-11.6	2.3	2.3	-6	-3	4	8	-14	-7	9.3	18.6
Septiembre	34	-1	-7	2	0	-2.9	-20.6	5.9	0	-4	-7	3	7	-11.8	-20.6	8.8	20.6
Octubre	17	-2	-2	1	0	-11.8	-11.8	5.9	0	-1	-4	1	-2	-5.9	-23.5	5.9	-11.8
Noviembre	7	-1	2	0	0	-14.3	28.6	0	0	-1	2	0	0	-14.3	28.6	0	0
Diciembre	7	-1	0	0	-1	-14.3	0	0	-14.3	-1	0	0	-1	-14.3	0	0	-14.3
Anual	197	-25	-4	12	-1	-12.7	-2	6.1	-0.5	-28	-3	16	19	-14.2	-1.5	8.1	9.6

Cuadro 105. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máxima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la cuenca R. Del Carmen

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	20	-4	-3	-2	-2	-20	-15	-10	-10	-5	-4	-1	-4	-25	-20	-5	-20
Febrero	17	-4	-4	-2	-3	-23.53	-23.53	-11.76	-17.65	-5	-5	-2	-2	-29.4	-29.4	-11.8	-11.8
Marzo	10	-2	-2	-1	-2	-20	-20	-10	-20	-3	-2	-2	-2	-30	-20	-20	-20
Abril	16	-5	-2	-3	-3	-31.25	-12.5	-18.75	-18.75	-6	-1	-3	-2	-37.5	-6.3	-18.8	-12.5
Mayo	22	-5	2	-3	1	-22.73	9.09	-13.64	4.55	-7	2	-4	1	-31.8	9.1	-18.2	4.5
Junio	58	-9	8	-1	0	-15.52	13.79	-1.72	0	-12	6	-3	15	-20.7	10.3	-5.2	25.9
Julio	133	-29	25	28	16	-21.8	18.8	21.05	12.03	-29	29	42	33	-21.8	21.8	31.6	24.8
Agosto	138	-18	-32	10	0	-13.04	-23.19	7.25	0	-25	-33	21	19	-18.1	-23.9	15.2	13.8
Septiembre	106	1	-30	4	-4	0.94	-28.3	3.77	-3.77	-6	-29	9	20	-5.7	-27.4	8.5	18.9
Octubre	42	-4	-3	6	0	-9.52	-7.14	14.29	0	0	-7	12	-3	0	-16.7	28.6	-7.1
Noviembre	15	-1	3	0	-1	-6.67	20	0	-6.67	-1	5	-1	-1	-6.7	33.3	-6.7	-6.7
Diciembre	18	-3	0	-1	-2	-16.67	0	-5.56	-11.11	-2	1	0	-2	-11.1	5.6	0	-11.1
Anual	595	-83	-38	35	0	-13.95	-6.39	5.88	0	-101	-38	68	72	-17	-6.4	11.4	12.1

III.4.5 CUENCA EL CARRIZO Y OTROS

Cuadro 106. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación anual con respecto a la línea base en el escenario SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca el Carrizo y Otros.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	9.25	-1.56	-1.54	-1.02	-0.68	-16.82	-16.7	-10.97	-7.4	-2.2	-1.9	-0.4	-0.7	-23.7	-20	-4.7	-7.4
Febrero	7.46	-1.34	-1.83	-1.08	-1.1	-17.94	-24.59	-14.54	-14.75	-2.2	-2.2	-1	-1.1	-29.8	-30.1	-13.9	-14.8
Marzo	4.19	-1.04	-1.02	-0.67	-1.01	-24.93	-24.33	-15.89	-24.15	-1.3	-1.1	5.3	-1	-30.3	-25.5	125.3	-24.2
Abril	6.81	-1.59	-0.77	-1	-0.24	-23.4	-11.25	-14.66	-3.52	-1.9	-0.6	-1	-0.2	-28.5	-8.2	-15.3	-3.5
Mayo	11.95	-1.74	1.07	-1.7	-0.23	-14.61	8.96	-14.26	-1.89	-2.8	1.1	-2.5	-0.2	-23.4	9.5	-21	-1.9
Junio	36.06	-5.38	4.44	-0.44	-6.14	-14.93	12.3	-1.21	-17.04	-5.2	3.9	-2	-6.1	-14.5	10.8	-5.5	-17
Julio	67.68	-10.83	15.28	17.66	0.64	-16	22.58	26.09	0.95	-10.5	18.2	26.5	0.6	-15.5	26.9	39.1	0.9
Agosto	78.34	-8.98	-15.08	4.81	5.6	-11.47	-19.25	6.14	7.15	-14.6	-13.8	12.1	5.6	-18.7	-17.6	15.5	7.1
Septiembre	71.18	1.02	-17.32	1.28	1.26	1.44	-24.33	1.79	1.78	-6.1	-18.2	0.9	1.3	-8.6	-25.5	1.2	1.8
Octubre	27.26	-3.07	-2.9	2.26	3.2	-11.27	-10.65	8.28	11.72	-0.1	-5.7	5.5	3.2	-0.5	-21	20.3	11.7
Noviembre	10.13	-0.63	2.16	0	0.48	-6.18	21.32	0	4.7	-0.4	3.2	-0.9	0.5	-4.2	31.3	-9.3	4.7
Diciembre	9.14	-1.1	0	-0.04	-1.41	-12.08	0	-0.41	-15.47	-0.8	0.6	0	-1.4	-9.2	6.8	-0.1	-15.5
Anual	339.43	-36.26	-17.51	20.06	0.36	-10.68	-5.16	5.91	0.11	-48.3	-16.4	42.3	0.4	-14.2	-4.8	12.5	0.1

Cuadro 107. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación mínima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca el Carrizo y Otros.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanESM5	IPSL	MIROC6
Enero	6	-1	-1	-1	0	-16.67	-16.67	-16.67	0	-2	-1	-1	0	-33.3	-16.7	-16.7	0
Febrero	4	-1	-1	-1	-1	-25	-25	-25	-25	-1	-1	-1	-1	-25	-25	-25	-25
Marzo	2	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	2	0	-50	-50	100	0
Abril	4	-1	0	-1	0	-25	0	-25	0	-1	0	-1	0	-25	0	-25	0
Mayo	6	-1	1	-1	0	-16.67	16.67	-16.67	0	-2	1	-2	0	-33.3	16.7	-33.3	0
Junio	22	-4	2	-1	-3	-18.18	9.09	-4.55	-13.64	-3	2	-1	-3	-13.6	9.1	-4.5	-13.6
Julio	46	-7	11	14	1	-15.22	23.91	30.43	2.17	-7	14	20	1	-15.2	30.4	43.5	2.2
Agosto	51	-7	-8	1	5	-13.73	-15.69	1.96	9.8	-10	-6	6	5	-19.6	-11.8	11.8	9.8
Septiembre	43	0	-9	0	2	0	-20.93	0	4.65	-5	-9	0	2	-11.6	-20.9	0	4.7
Octubre	21	-2	-2	2	2	-9.52	-9.52	9.52	9.52	0	-5	5	2	0	-23.8	23.8	9.5
Noviembre	6	0	1	0	0	0	16.67	0	0	0	2	0	0	0	33.3	0	0
Diciembre	7	-1	0	0	-1	-14.29	0	0	-14.29	-1	0	0	-1	-14.3	0	0	-14.3
Anual	218	-25	-6	12	5	-11.47	-2.75	5.5	2.29	-33	-4	27	5	-15.1	-1.8	12.4	2.3

Cuadro 108. Anomalías y porcentaje de cambio de la precipitación máxima con respecto a la línea base, escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 para la Cuenca el Carrizo y Otros.

Mes	Base	SSP3-7.0								SSP5-8.5							
		Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)				Anomalías (°C)				Porcentaje de cambio (%)			
		CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM-CM6	CanESM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6	CNRM	CanEsM5	IPSL	MIROC6
Enero	18	-3	-3	-2	-1	-16.7	-16.7	-11.1	-5.6	-5	-3	-1	-1	-27.8	-16.7	-5.6	-5.6
Febrero	16	-3	-4	-2	-2	-18.8	-25	-12.5	-12.5	-5	-5	-2	-2	-31.3	-31.3	-12.5	-12.5
Marzo	9	-2	-2	-1	-2	-22.2	-22.2	-11.1	-22.2	-3	-2	8	-2	-33.3	-22.2	88.9	-22.2
Abril	11	-3	-1	-2	-1	-27.3	-9.1	-18.2	-9.1	-4	-1	-2	-1	-36.4	-9.1	-18.2	-9.1
Mayo	21	-3	2	-3	0	-14.3	9.5	-14.3	0	-5	2	-4	0	-23.8	9.5	-19	0
Junio	59	-9	8	0	-8	-15.3	13.6	0	-13.6	-12	7	-3	-8	-20.3	11.9	-5.1	-13.6
Julio	135	-27	25	30	1	-20	18.5	22.2	0.7	-28	30	45	1	-20.7	22.2	33.3	0.7
Agosto	141	-17	-33	11	10	-12.1	-23.4	7.8	7.1	-25	-33	23	10	-17.7	-23.4	16.3	7.1
Septiembre	111	2	-31	4	6	1.8	-27.9	3.6	5.4	-6	-31	8	6	-5.4	-27.9	7.2	5.4
Octubre	39	-3	-3	6	6	-7.7	-7.7	15.4	15.4	0	-7	11	6	0	-17.9	28.2	15.4
Noviembre	15	-1	3	0	0	-6.7	20	0	0	0	4	-1	0	0	26.7	-6.7	0
Diciembre	16	-2	0	-1	-3	-12.5	0	-6.3	-18.8	-2	1	0	-3	-12.5	6.3	0	-18.8
Anual	591	-71	-39	40	6	-12	-6.6	6.8	1	-95	-38	82	6	-16.1	-6.4	13.9	1

III.5 SERIES DE TIEMPO ESCENARIOS

III.5.1 TEMPERATURA ESCENARIOS SSP3-7.0 Y SSP5-8.5 (PERIODO 2061-2081)

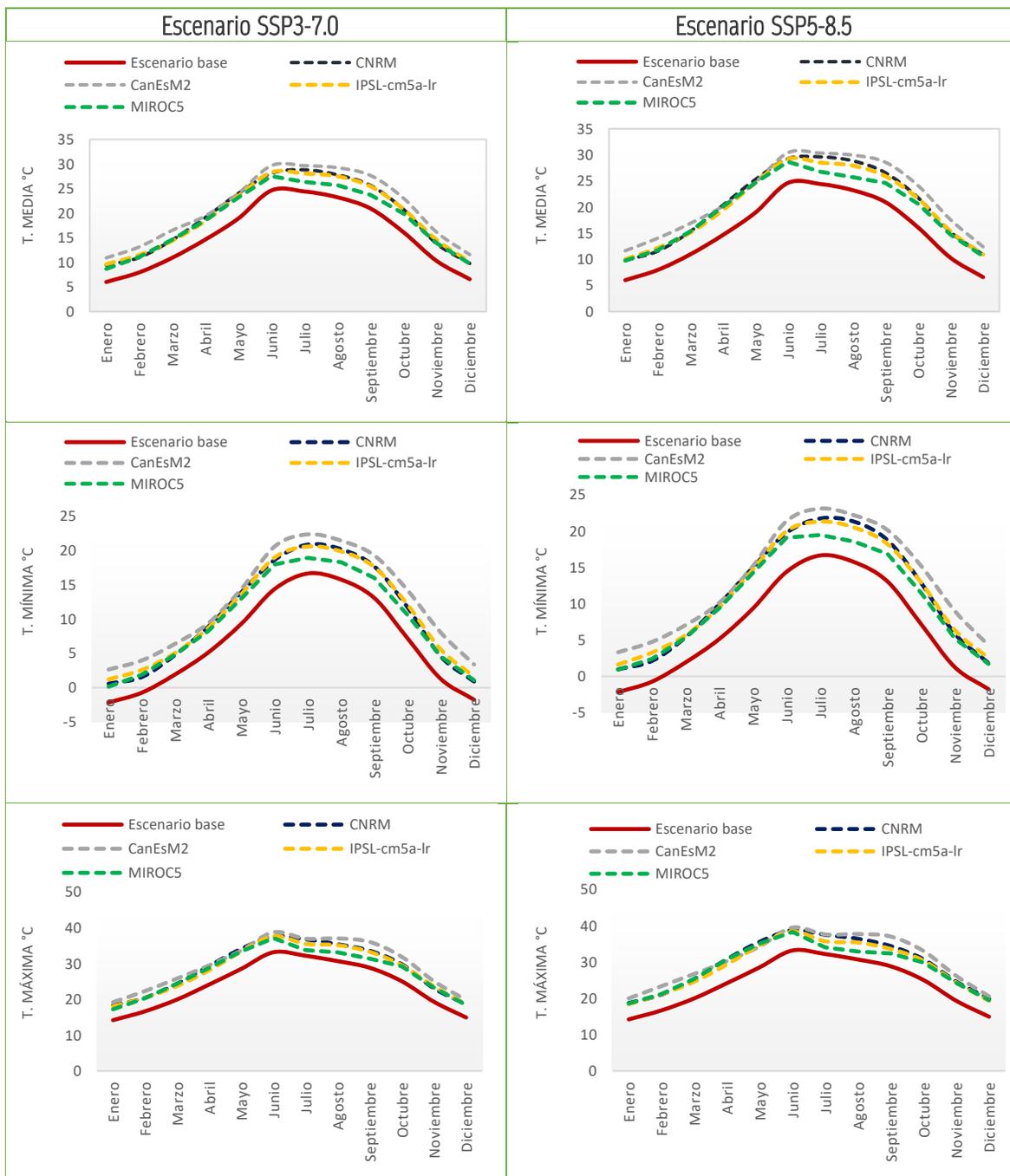


Figura 64. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Casas Grandes.

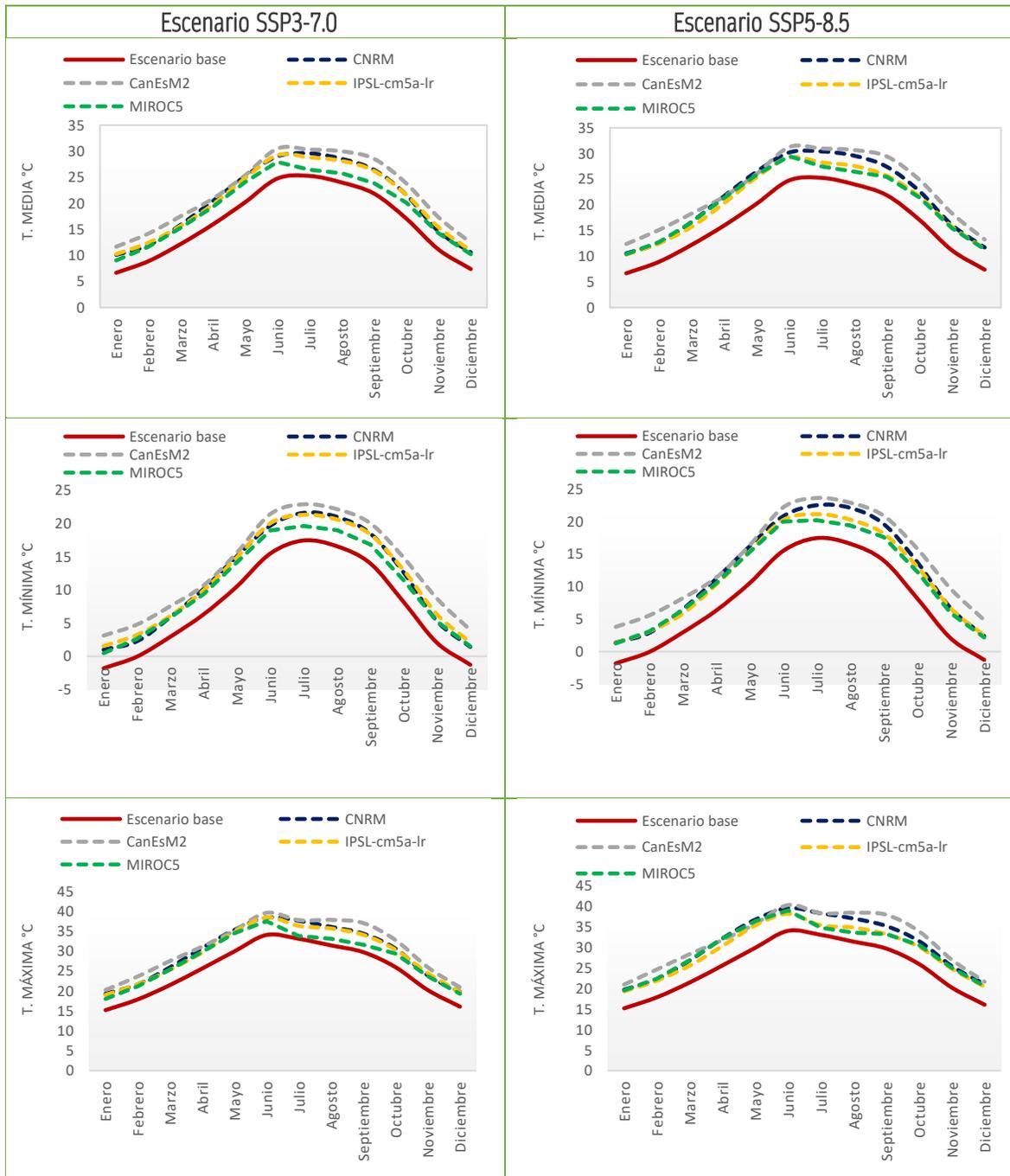


Figura 65. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Santa María.

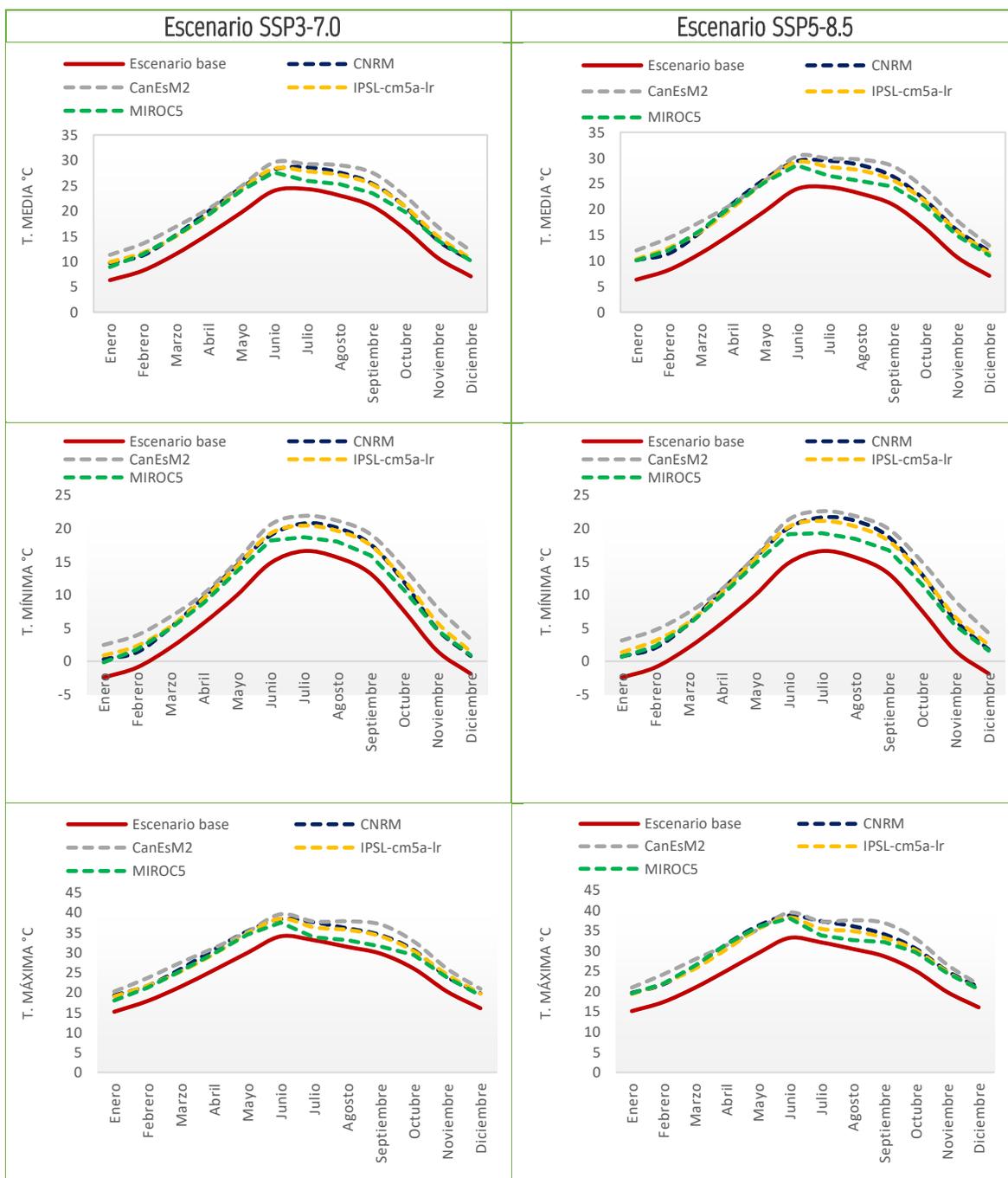


Figura 66. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Del Carmen.



Figura 67. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca El Carrizo y Otros.

III.5.2 PRECIPITACIÓN ESCENARIOS SSP3-7.0 Y SSP5-8.5 (PERIODO 2061-2081)

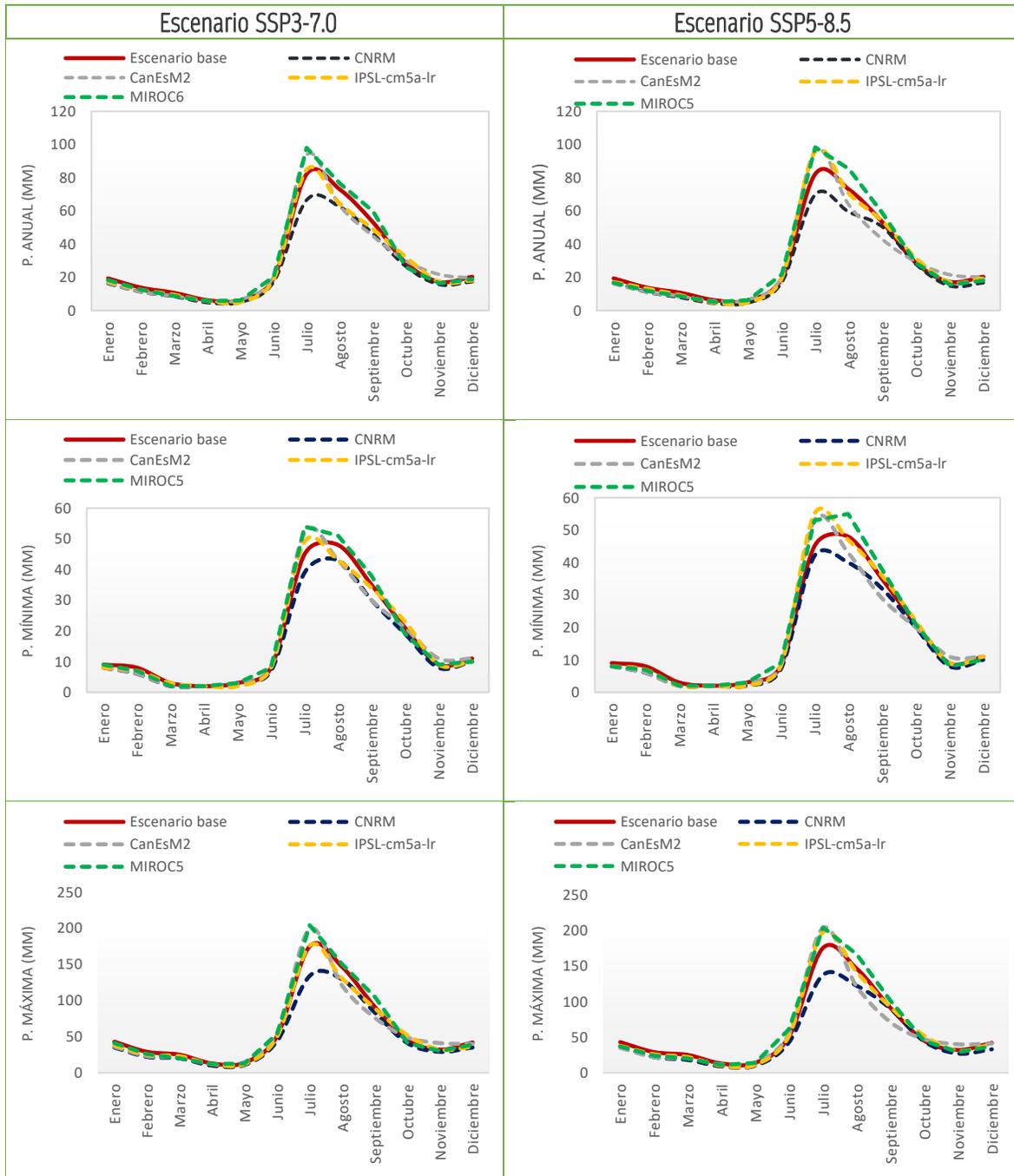


Figura 68. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Casas Grandes.

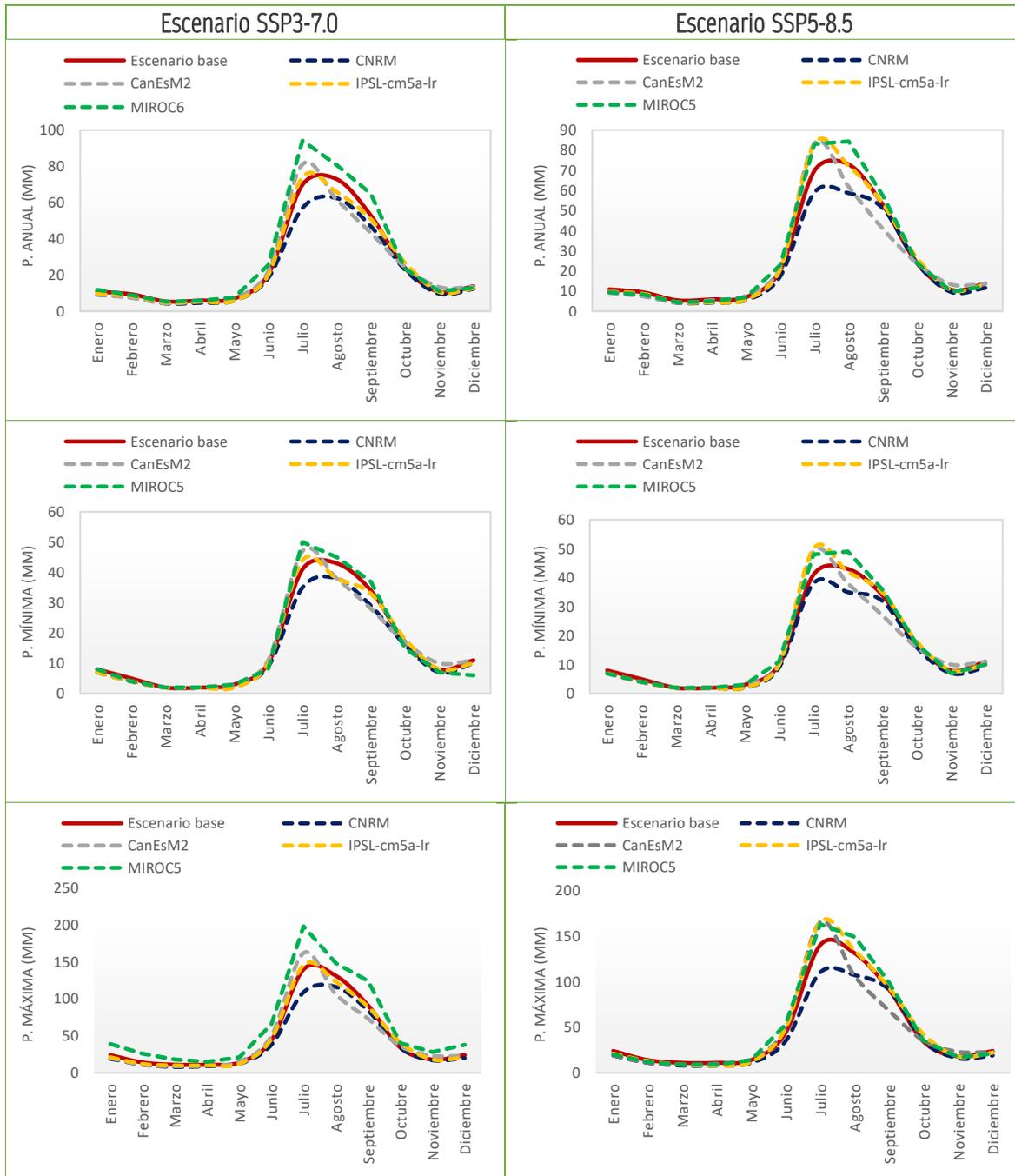


Figura 69. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Santa María.

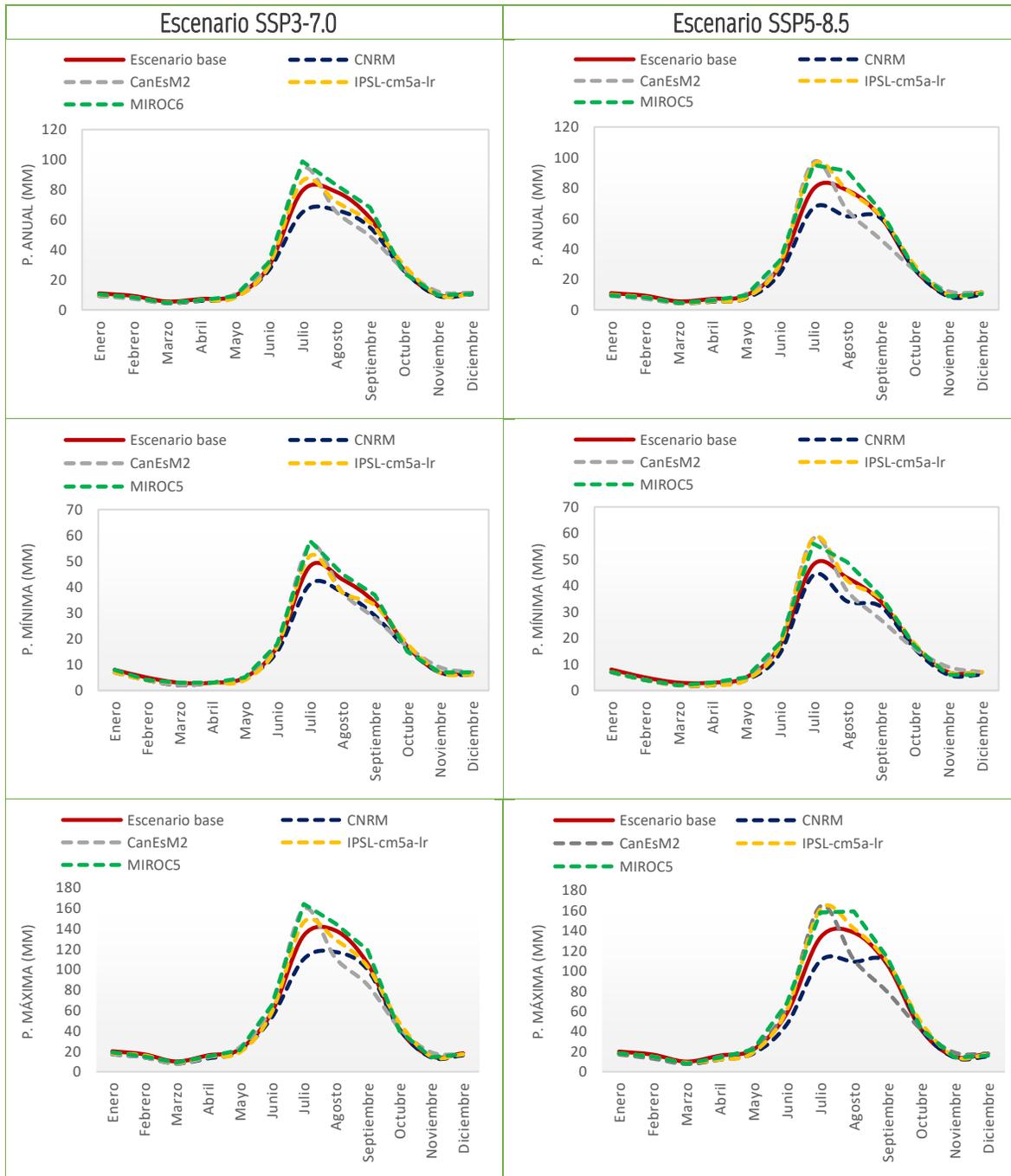


Figura 70. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Del Carmen.

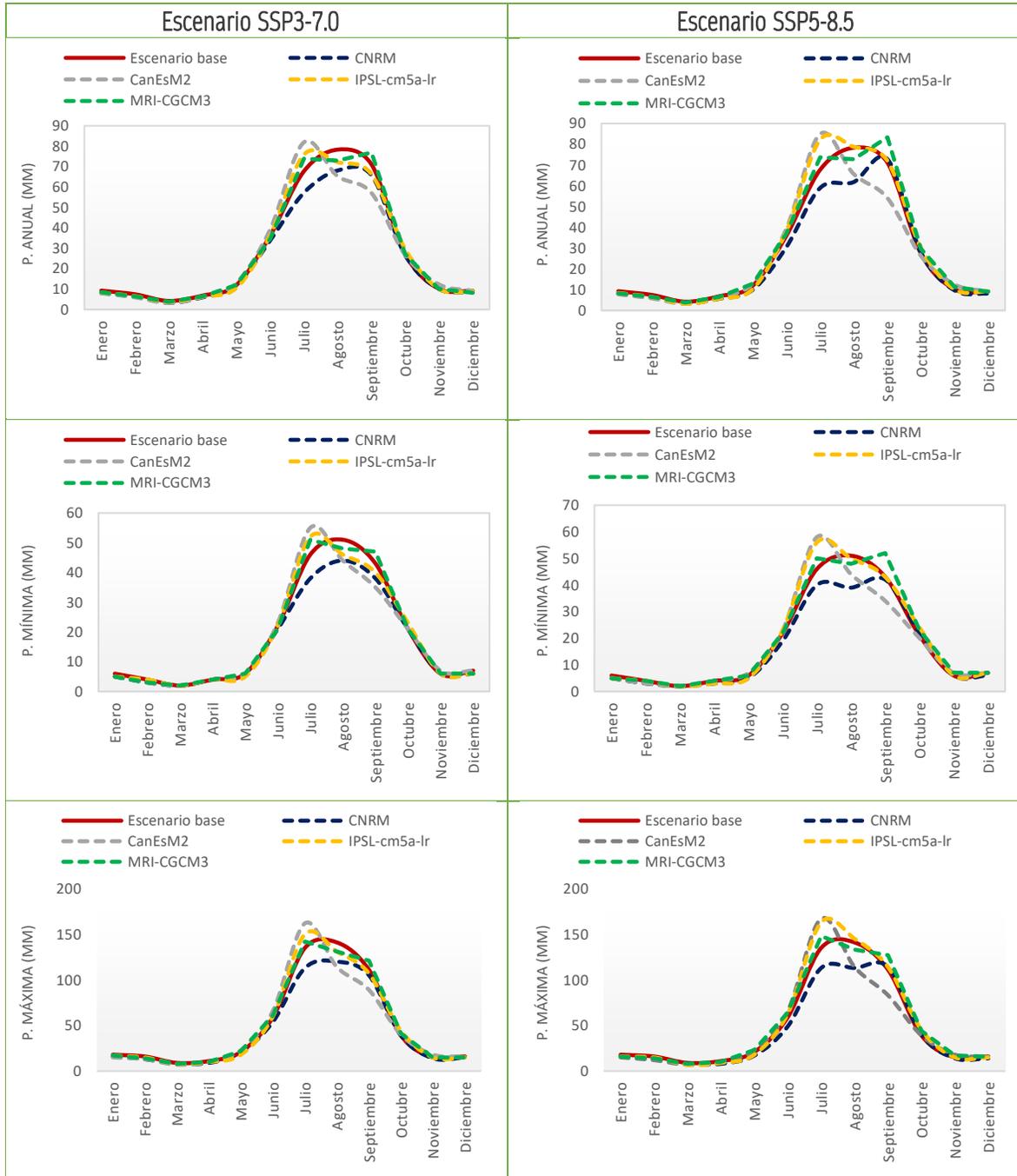


Figura 71. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca el Carrizo y Otros.

III.5.3 TEMPERATURA ESCENARIOS SSP3-7.0 Y SSP5-8.5 (PERIODO 2081-2100)



Figura 72. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Casas Grandes.



Figura 73. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Santa María.

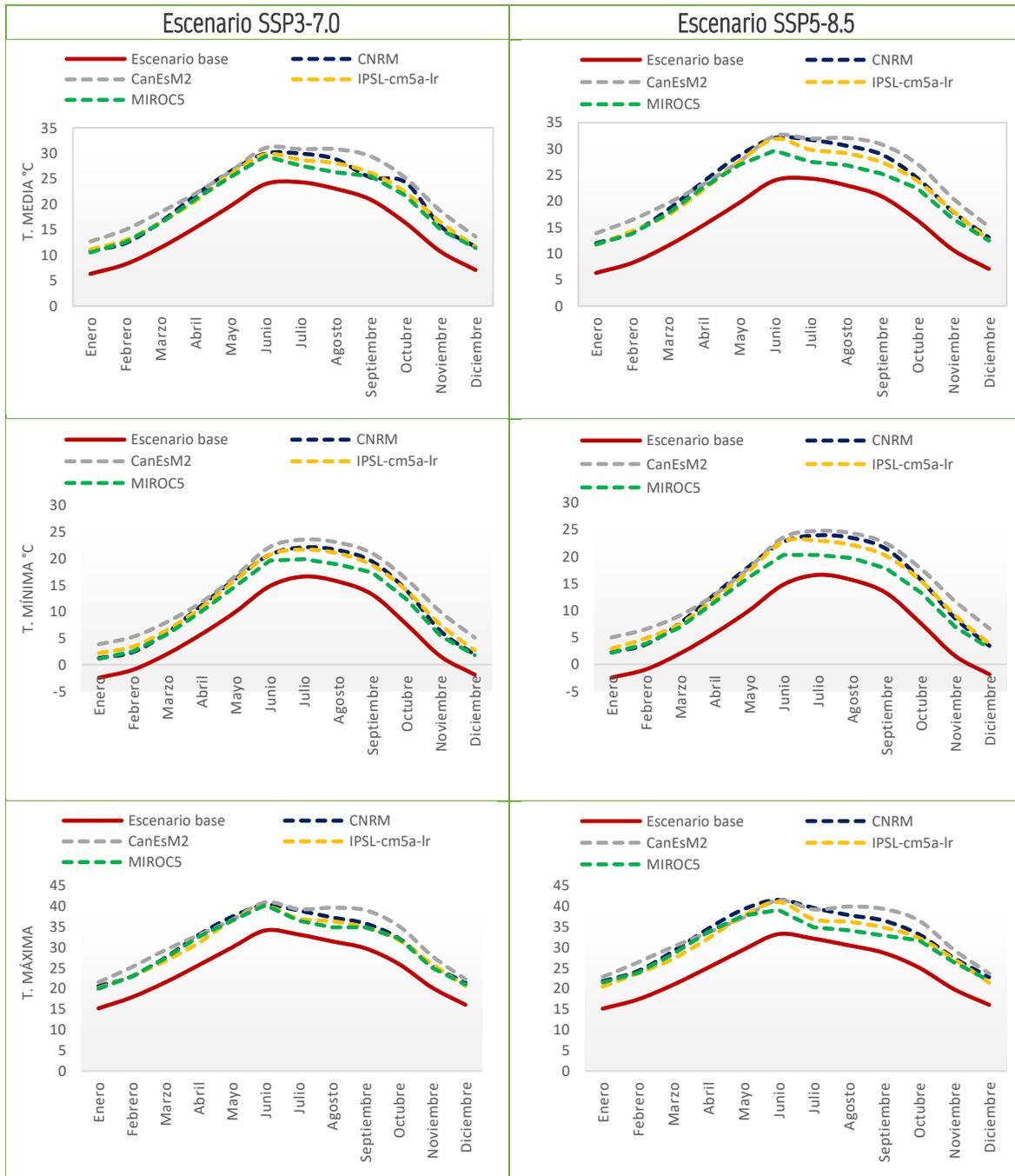


Figura 74. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Del Carmen.



Figura 75. Temperatura media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca El Carrizo y Otros.

III.5.4 PRECIPITACIÓN ESCENARIOS SSP3-7.0 Y SSP5-8.5 (PERIODO 2081-2100)

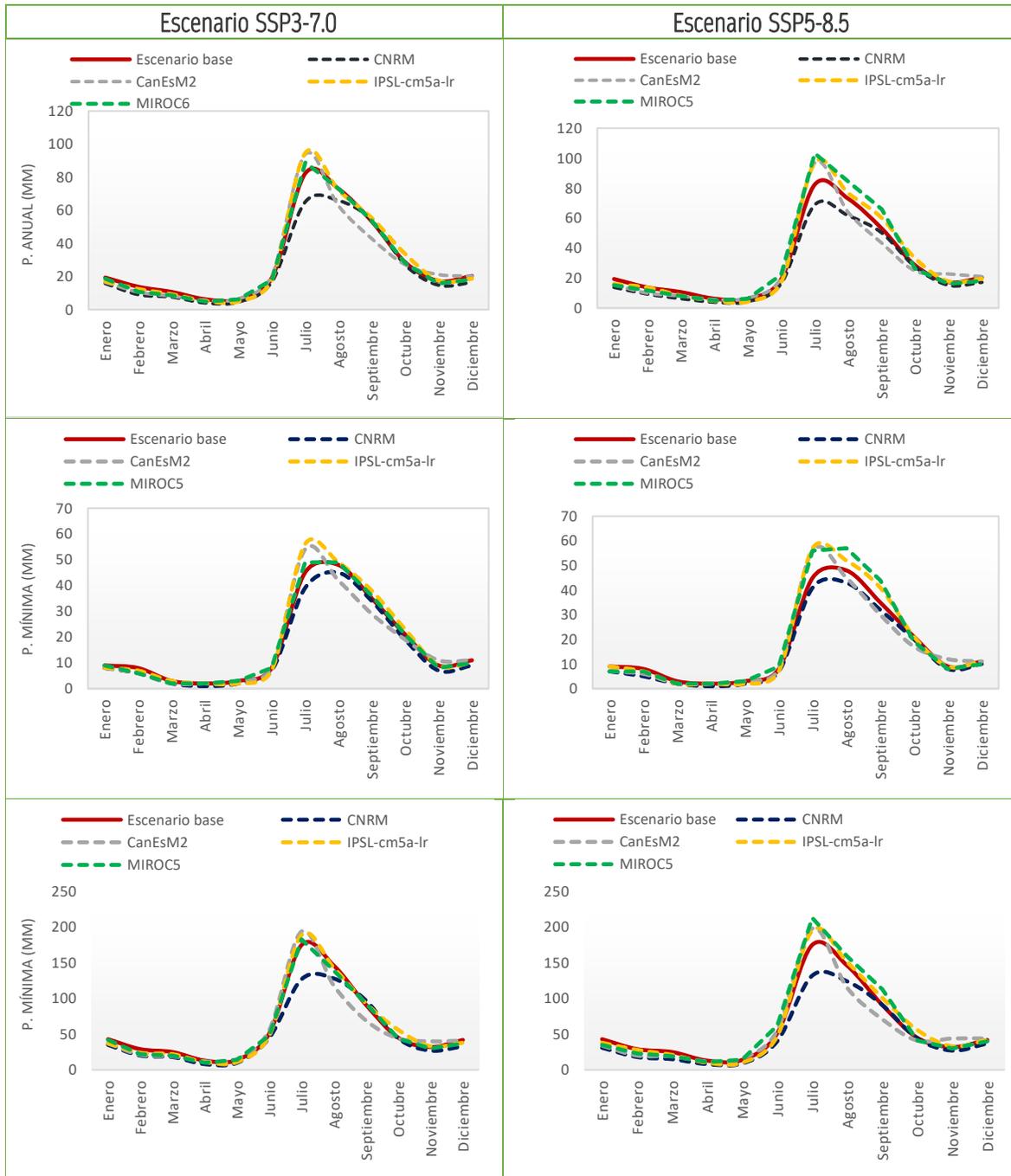


Figura 76. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Casas Grandes.

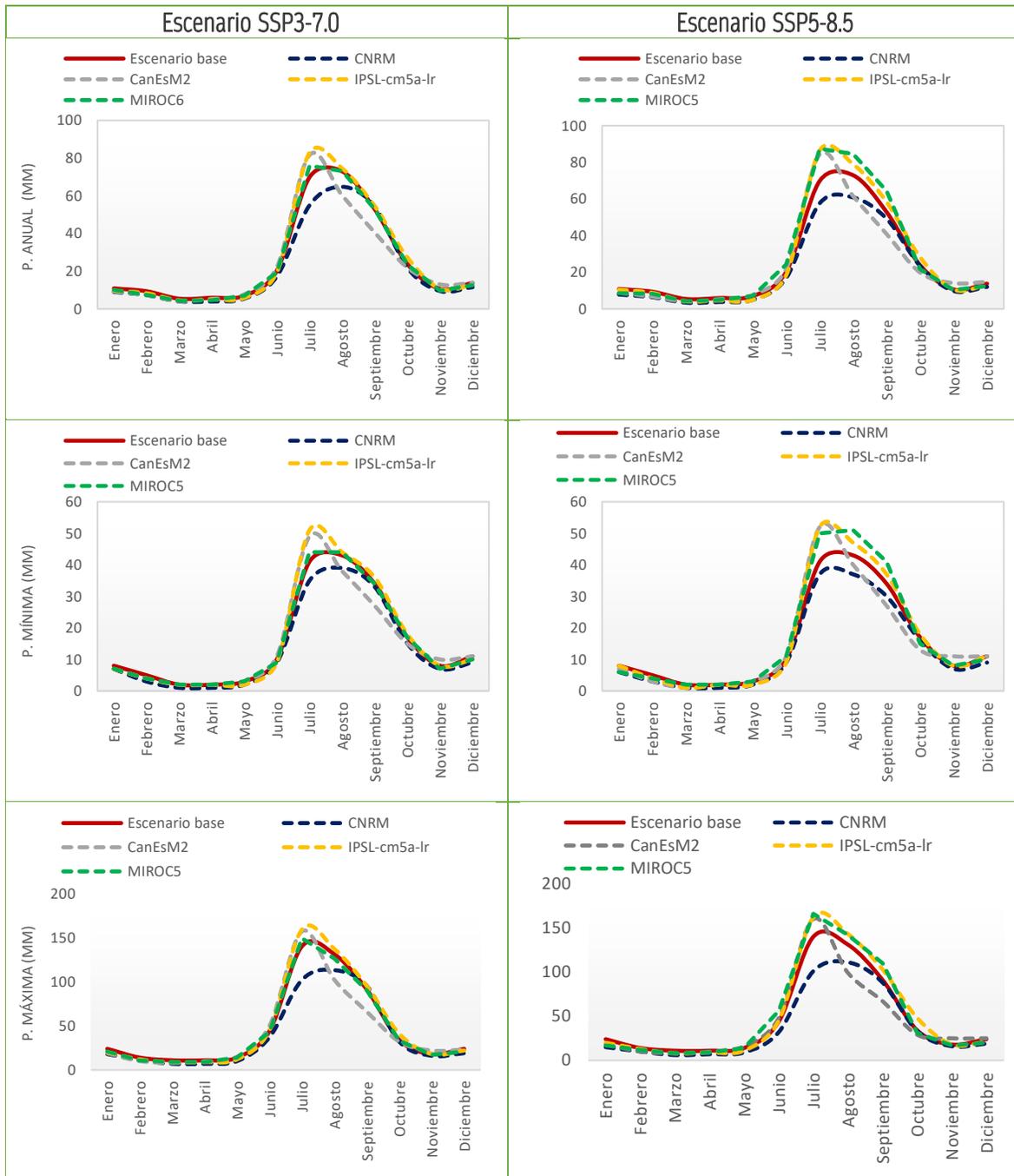


Figura 77. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Santa María.

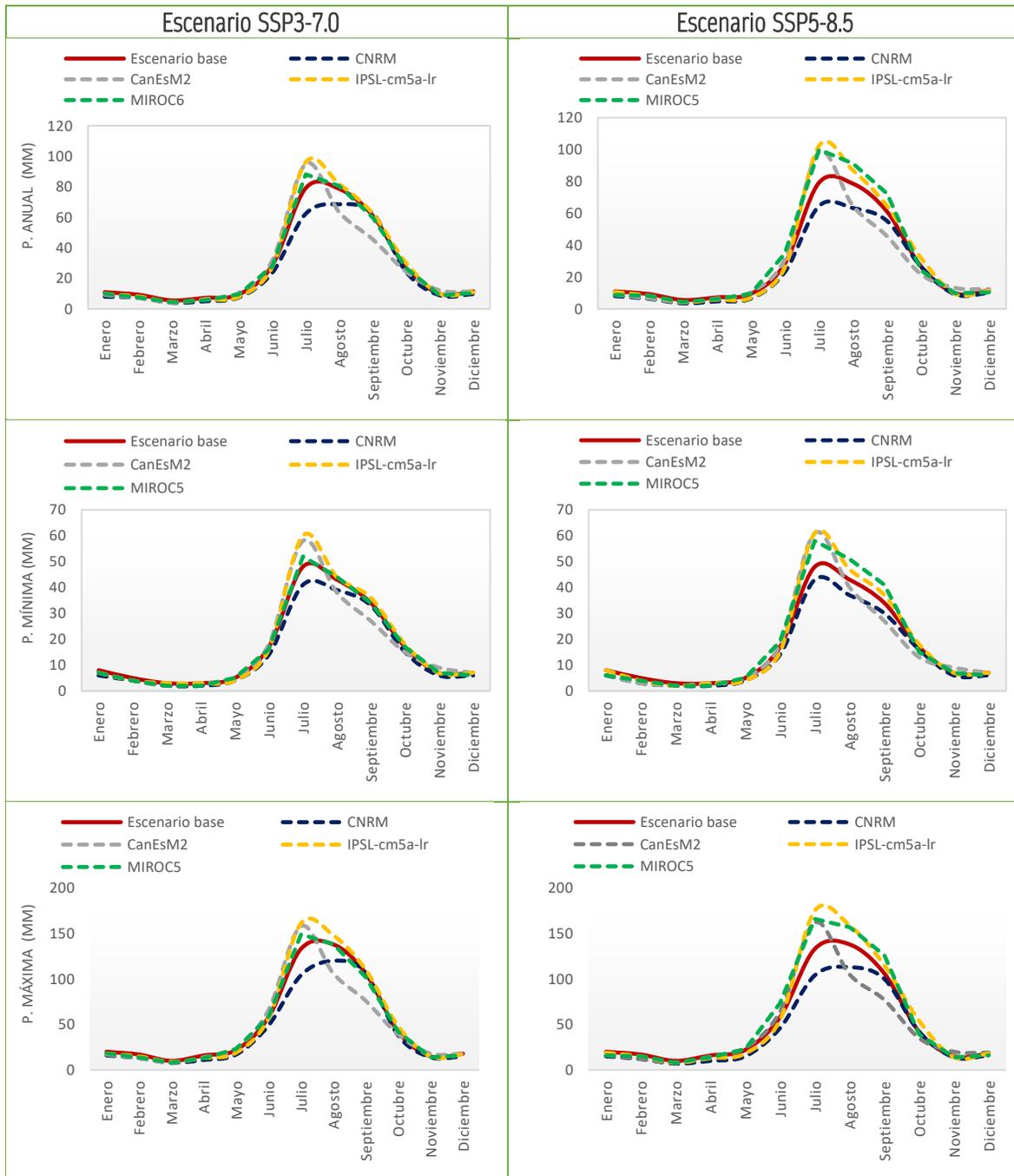


Figura 78. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca Del Carmen.

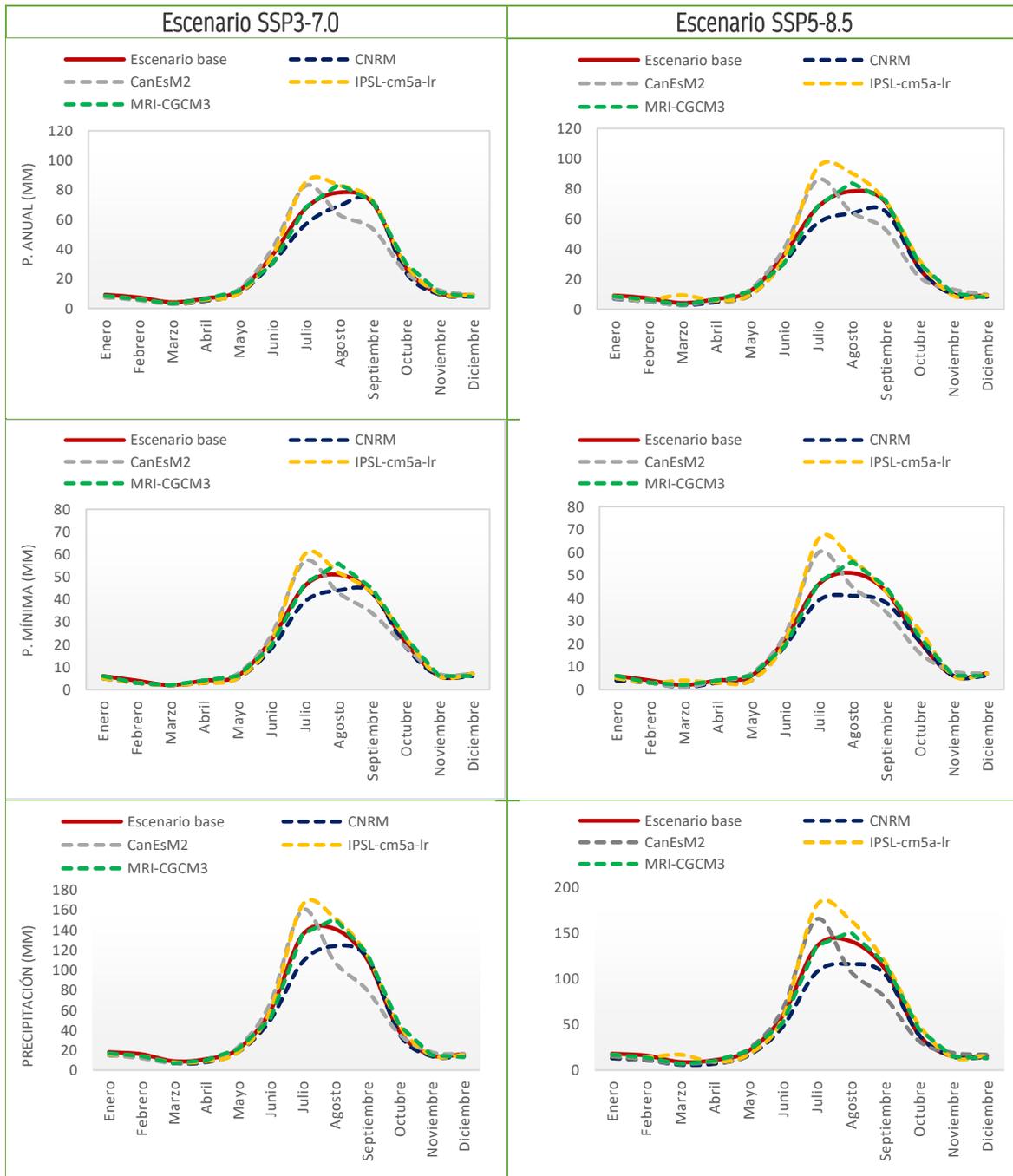


Figura 79. Precipitación media, mínima y máxima bajo los escenarios SSP3-7.0 y SSP5-8.5 en la Cuenca el Carrizo y Otros.

PRODUCTO FINAL 6. ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN GANADERA BOVINA, EN SU CADENA PRODUCTIVA Y DE COMERCIALIZACIÓN, CON ESPECIAL ÉNFASIS EN EL MANEJO TÉCNICO-PRODUCTIVO.

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN
2. CADENAS PRODUCTIVAS
 - A. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CADENA PRODUCTIVA DE CARNE
 - B. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CADENA PRODUCTIVA DE LECHE
 - C. IMPACTO EN RENDIMIENTO DE PASTOS Y ALGUNOS CULTIVOS
3. REFLEXIÓN FINAL
4. REFERENCIAS

1. Presentación

Alonso (2021a) indica que en nuestro país la ganadería (incluyendo todos los tipos de ganado), se realiza en 64,106,426 ha, distribuidas en 1,065,945 terrenos o Unidades de Producción Pecuaría (UPP). Los terrenos dedicados a la ganadería en promedio son más grandes en extensión que los dedicados a las actividades agrícolas. En Chihuahua, la ganadería ocupa 11% de los terrenos, con un porcentaje de la superficie estatal del 44% (10,666.4 ha). De acuerdo con los registros que se tienen de las existencias de ganado bovino, el estado cuenta con 7.11% de los hatos más grandes de ese tipo de ganado en el país (Alonso, 2021b).

Según los reportes de SIAP (2020a), del total de ganado existente en México (35,224,960 de cabezas), el 93% se registró como animales para carne y el 7 % restante como ganado especializado en la producción de leche. En Chihuahua el porcentaje de animales especializados para la producción de leche es mayor al promedio nacional (88% carne y 12% leche). Bajo el sistema doble propósito, producción de leche y carne al mismo tiempo, se sitúa el estado con 2.95%. Lo anterior es comprensible ya que la ganadería es más especializada, ya sea en carne o en leche.

En el presente documento se muestran impactos por cambio climático sobre las cadenas productivas de carne y leche en las cuencas estudiadas en el estado de Chihuahua. La información sobre cadena productiva de carne y leche fue tomada de Alonso (2021a y 2021b). Con base en revisión bibliográfica, experiencia previa en estudios similares y consulta con ganaderos de la región se documenta el impacto de cambio por eslabón de cada cadena productiva.

2. Cadenas productivas

Una cadena se define como la serie de etapas, fases o eslabones por las que pasa un producto hasta llegar al consumidor. Las fases son procesos (o funciones económicas) en los cuales se le incorpora trabajo y recursos al producto e intervienen actores como responsables de cada etapa. Los componentes de una cadena son los eslabones y los actores (o agentes).

Los **eslabones** se definen como el conjunto de agrupaciones de actores de la cadena que realizan actividades económicas afines. Dichos eslabones cumplen funciones dentro de la cadena como producción, transformación, industrialización, comercialización, distribución. En cada eslabón se pueden reconocer **actores**

que demandan u ofrecen productos con diferentes características de calidad, cantidad u oportunidad (Demenus, et.al., 2011).

El análisis de cadena es una herramienta que permite identificar los principales puntos críticos que frenan la competitividad de un producto, para luego definir e impulsar estrategias concertadas entre los principales actores involucrados.

La cadena productiva tiene un enfoque generalmente productivo, con poca atención a las necesidades del cliente o demanda. En este caso tiene una subordinación o relación horizontal entre eslabones. Este tipo de cadenas presentan la limitante de tener un flujo reducido de información, así como un enfoque simplista sobre oferta, precios y costos. La estructura de organización entre actores y eslabones se considera independiente, ya que los actores muestran una interacción limitada y su trabajo es más bien individual (Briz et al., 2010).

En la industria de los productos ganaderos (leche y carne) los productores son el eslabón primario, ya que proveen la principal materia prima a la industria de transformación, que la procesa y le agrega valor, convirtiendo la materia prima en un producto distinto (presentación, empaque, ingredientes) y después lo comercializa de manera directa en puntos de venta propios o a través de distribuidores mayoristas o minoristas.

En esta cadena o flujo de productos los actores que están más cercanos al consumidor presentan un mayor grado de capitalización y de ganancias derivadas, entre otras cosas, de la transformación del producto, del valor agregado que se genera. Los productores primarios, que trabajan de manera individual, tienen una participación indirecta en el mercado. Esto genera descontento y malestar, ya que los productores reciben una menor proporción del valor final que paga un consumidor por el producto, y argumentan que eso baja sus utilidades y por lo mismo tienen problemas de capitalización, aunque cabe aclarar que la mayoría de los productores primarios vende un producto indiferenciado, sin valor agregado y con calidad heterogénea.

Los sistemas de producción están directamente asociados con el clima y con los ecosistemas que tiene cada estado: Se observa que el sistema de doble propósito está más relacionado con los climas cálidos húmedos y semihúmedos además de los ecosistemas como son la selva alta y selva baja, donde prevalece la producción de carne. En cambio, en climas templados y más secos como los climas áridos y semiáridos con ecosistemas

de pastizales y matorrales así como bosques, los sistemas que predominan son los especializados y semi especializados orientados ya sea a la producción de leche o carne (Alonso, 2021b).

A. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CADENA PRODUCTIVA DE CARNE

La ganadería bovina es una actividad presente en todo México, lo que implica que tiene un alto impacto social, económico y ambiental y en algunas regiones se convierte en el motor que dinamiza la vida económica de la población. La producción de bovinos para la venta de carne presenta dos variantes comerciales (Alonso, 2021a):

- Producción y comercialización de ganado en pie (becerros), donde la mayor parte se envía a la fase de engorda (Finalización) y posteriormente al sacrificio para carne en canal, mientras que la otra parte de becerros al destete se manda a exportación.
- Enfoque en producción y venta de carne en canal ya sea de animales finalizados o de animales de desecho para abasto.

La rama de sacrificio, empacado, procesamiento y comercialización de carne en México tiene importancia económica considerable. Por ejemplo, en 2016 representaba el 22% de la industria alimentaria (GEA, 2017), con valores estimados en la producción por arriba de los 3.5 mil millones de pesos en carne en pie y 2 mil millones en carne en canal. Es muy importante remarcar que México es autosuficiente en la producción de carne de res. En los últimos cinco años, el consumo ha representado 91% de la producción nacional, lo que significa que el sector genera una producción excedente que se ha destinado a exportación. Los países a donde se envía la mayor cantidad de carne son Estados Unidos, Japón, Hong Kong y Corea del Sur. Alonso (2021a) indica que para el año 2020 México produjo 33,047,308 cabezas de ganado para producción de carne. Chihuahua presentó una producción de 157,480.39 toneladas de carne en pie y 85,405.17 toneladas de carne en canal (SIAP 2019).

En el país el tipo de cadena que predomina es de tipo “*productiva*”, en este caso, la cadena y actores se orientan más a la producción, a ofertar productos (ganado en pie) con poca atención a las necesidades de los

clientes y consumidores, y con poco cuidado a la calidad (Alonso, 2021a). La relación y colaboración entre actores y eslabones es mínima, aunque hay muestras evidentes de relaciones y flujos comerciales, de carácter tácito y circunstancial entre actores. También se pueden encontrar ejemplos de cadenas de valor integradas y/o asociadas, donde los actores (algunos productores primarios, engordadores y transformadores) tienen el control o participan como socios o en alianzas para asegurar la proveeduría de ganado, sobre todo fortalecer los mecanismos de sacrificio y distribución de carne, de tal manera que se facilite el recorrido de los productos del rancho hasta a los consumidores buscando que haya una mayor derrama económica entre los actores involucrados. En resumen, la cadena productiva de la carne es (Alonso, 2021b):



Figura 80. Cadena productiva de la producción de carne en México. (Adaptado de Alonso 2021b).

PRIMER ESLABÓN DE PROVISIÓN DE INSUMOS

El primer eslabón es el de provisión de los insumos. Los actores de este eslabón son personas físicas y/o empresas formalmente constituidas, como farmacias veterinarias, empresas avícolas (venta de pollinaza), distribuidoras de alimentos y forrajes, productores de maíz, ranchos de ganado de registro (sementales), servicios veterinarios, tiendas de agroquímicos, etc. Los actores también participan en el eslabón de sacrificio y transformación, donde las empresas proveedoras ponen a la venta equipos para sacrificio; para cadena de frío, manejo de residuos, herramientas, material sanitario, así como insumos para empaque, embalajes, entre otras cosas, con el fin de que esta fase pueda realizar sus procesos operativos. Los intercambios comerciales con los clientes de este eslabón suelen realizarse de manera directa en puntos de venta establecidos o a través de promotores que algunas empresas proveedoras tienen en las diferentes regiones.

El cambio climático afectará cuatro elementos del primer eslabón (Figura 2): empresas avícolas, proveedores de alimentos, asistencia técnica y servicios veterinarios.

Empresas avícolas. De acuerdo con los escenarios de cambios climático en el país y en la región aumentará la temperatura y la precipitación será más errática. Los cambios en el clima afectarán la demanda de agua de los cultivos tanto en sistemas de riego como de secano, lo que causará incremento en la demanda y el uso del agua para la producción de alimentos y piensos para el ganado (IPCC, 2014a). El riesgo se observa en la producción de alimento para aves y gallinas, que a su vez podrá significar disminución en la oferta para los ganaderos de la región de Chihuahua. Incluso, podría significar también el aumento de costos de alimentos y transporte desde las empresas avícolas. La agricultura en México es vulnerable, por ejemplo, los cultivos de maíz y trigo disminuirán de forma considerable la proporción de la superficie de las tierras agrícolas (Gómez Díaz et al., 2020). El rendimiento de maíz podría disminuir hasta en 84%, el frijol disminuirá de 10 a 40%, mientras que el trigo será 15% menor (Arce-Romero et al., 2020).

Proveedores de alimentos. El cambio climático afectará la producción de alimento para el ganado. El calentamiento del planeta alargará la temporada de crecimiento del forraje pero disminuirá la calidad de éste debido a los cambios e incertidumbre con las precipitaciones (IPCC, 2014a). Villazón Bustillos et al. (2017) indican que para un escenario a corto plazo (2050) se espera un aumento tanto en la temperatura como en la precipitación, permitiendo en algunos casos, mejorar la producción de avena de 3.57 t/ha a 8.11 t/ha. Sin embargo, a largo plazo (2080) se espera una caída de la producción por el incremento permanente en la temperatura. Incluso, los autores indican que la precipitación no será un factor de importancia, ya que en las actuales regiones productoras de avena no se desarrollarían cultivos para su cosecha. La alfalfa es un cultivo altamente demandante de agua que también su producción estará en riesgo si no se garantiza riego de calidad y cantidad suficientes. Tanto el agua superficial como la subterránea dependen de lluvias para su distribución y recarga.

Asistencia técnica. Los efectos del cambio climático causaran una mayor asistencia técnica, principalmente para la producción de alimento y para mantener y adaptar al ganado al calor u optar por cambiar el ganado por aquella que tolere altas temperaturas (IPCC, 2014b). Las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal y las tasas de crecimiento (André et al., 2012) y es posible que los ganaderos busquen asistencia con el propósito de contrarrestar las pérdidas. Productores agrícolas también podrán recurrir a mayor asistencia técnica privada con el objetivo de buscar aumentar los rendimientos de los cultivos.

Servicios veterinarios. Al incrementarse la temperatura, los sistemas de hospedantes y patógenos en el ganado cambiarán sus rangos debido al cambio climático. La diversidad de especies de algunos patógenos puede

disminuir a medida que aumentan las temperaturas (Mills et al., 2010) o volverse más adecuadas y propagarse con mayor facilidad, como la fiebre del Valle del Rift y la malaria, que son muy sensibles a las condiciones climáticas (Rocque et al., 2008).

SEGUNDO ESLABÓN DE PRODUCTORES GANADEROS.

En el *segundo eslabón* se encuentra a los productores ganaderos, que pueden ser pequeños, medianos o grandes, que producen y venden ganado bovino en pie. El ganado que comercializan los productores del eslabón primario son animales en pie fundamentalmente como:

- Becerros y vaquillas al destete con pesos que van de los 160 a 220 kilos y una edad de 7 a 9 meses en promedio por animal.
- Ganado para el abasto (sacrificio) que no se lleva a la engorda (becerros y a media ceba), además de animales de desecho como son vacas secas, vaquillas, novillonas, animales de trabajo y sementales de diferentes pesos.
- Algunos actores de este eslabón llegan a vender en menor medida animales a media ceba de unos 300 kilos y hasta 18 meses de edad, a engordadores o exportadores.

El cambio climático afectará al segundo eslabón en la disponibilidad de alimentos para el ganado, particularmente el que depende del pastoreo. así como en disponibilidad de agua para beber por el ganado

Pastoreo. Los extensos pastizales son propensos a sufrir sequía. La actividad ganadera utiliza forraje proveniente de diferentes fuentes (Alonso, 2021a). Se estima que en el país el 41.9% del forraje es producido en praderas, el 29.3% en agostadero, el 23.9% a partir de esquilmos agrícolas (silos, pacas, residuos de hojas y tallos que quedan sobre el terreno después de cosechar) y 4.9% en cultivos forrajeros. Las praderas inducidas cuentan con buena aceptación en los ranchos ganaderos más tecnificados, por la calidad, cantidad, corto tiempo de establecimiento y buena aceptación por el ganado de los forrajes seleccionados, pero con la dificultad de adaptación en ciertos climas y suelos. No obstante, la forma más común y económica de alimentar al ganado es a partir del pastoreo de vegetación natural de los agostaderos (González-Padilla, 2015). SEMARNAT identifica cinco regiones ecológicas ganaderas en orden de extensión (de mayor a menor): la región árida, las zonas templadas, las regiones semiáridas, las regiones de trópico seco y el trópico húmedo. Pontifés et al (2018) señalan que la ecorregión del desierto chihuahuense tiene riesgo elevado para transitar

a condiciones de mayor aridez, con incremento en probabilidad de sequías. Terminan llamando la atención con la degradación ambiental que en conjunto con el cambio climático afectarán la disponibilidad de agua.

Disponibilidad hídrica. El suministro de agua para la producción ganadera se volverá más difícil, a través de su impacto en la producción de cultivos y, posteriormente, en la disponibilidad de residuos de cultivos para la alimentación del ganado (IPCC, 2014b). Como antecedente, se reportó que en el año 2020 y el primer semestre de 2021 la cantidad de agua ha sido escasa, afectando fuertemente la disponibilidad de forraje en los agostaderos (Comisión de Desarrollo Rural y Ganadería, 2021). La cuenca del Río Conchos se ha documentado como de muy alta vulnerabilidad sobre el tema ganadero, ya que el incremento de 1.5 °C en la temperatura, causará un decremento máximo de escurrimiento que va del 22% para el 2030, hasta el 28% para el 2100 pastizales (Cervantes Rendón, 2019).

En cuanto al manejo del ganado y de potreros el sistema que predomina en el país y en los estados es el de libre pastoreo (extensivo). Chihuahua tiene un porcentaje de ganado bajo pastoreo extensivo del 63%, 12% de pastoreo controlado y 25% de ganado estabulado y semi estabulado. Con respecto al Índice de Agostadero (IA) los rangos que se muestran son amplios y van de acuerdo con las condiciones agroecológicas de cada entidad, Chihuahua destaca por tener un IA alto debido a su clima seco. Con un peso promedio de 432.43 kg al momento del sacrificio y un rendimiento de canal en promedio de 234.52 kg (Apan-Salcedo, 2019). En el estudio económico realizado por Lara et al., 2020 señala que la producción de carne por hectárea en Chihuahua es de 4.8 kg.

En Chihuahua, el destino principal del ganado en pie destetado o a media ceba es la exportación, de hecho, el estado registra el mayor número de cabezas vendidas a Estados Unidos. De acuerdo con datos del SIAP (2020b), de enero a diciembre de ese año la entidad había mandado 538,528 cabezas a exportación, que representan el 38% de las exportaciones a aquel país. Por otra parte, existe un número significativo de productores de ganado en pie, fundamentalmente de becerros que venden su ganado a la empresa SuKarne a través de los 184 centros de acopio y acondicionamiento que tiene esta empresa, distribuidos en todo el país; en Chihuahua se encuentran 4 centros de acopio.

Los rangos de precios que se observaron entre 2010 y 2020 muestran el mismo comportamiento que a nivel nacional, se identifica un diferencial amplio en los precios del orden de \$18.00 a \$25.00 por kg de acuerdo con la calidad y con la edad del ganado. En Chihuahua el precio promedio es mayor al registrado a nivel nacional con un precio promedio de \$41.27 por kg; con un rango de \$26.66 a \$55.5 pesos/kg (SIAP, 2019).

Cabe aclarar que el precio que reporta el SIAP no especifica la edad, calidad y tipo del ganado (vacas, novillonas, desecho, vaquillas en pie), por lo mismo, en algunas regiones todavía se pueden encontrar precios más bajos o altos de acuerdo con la calidad y edad del ganado. Por ejemplo, en algunas subastas en Chihuahua el precio de una vaca de desecho va de los \$8.00 a los \$16.00 el kilo, para vacas flacas de \$14.00 a \$20.00 por kilo, para una vaca gorda de \$22.00 a \$29.00 por kilo y para las vaquillas mayores de 400 kilos su precio va de \$24.00 a \$31.00 el kilo.

TERCER ESLABÓN DE ACOPIO.

El *tercer eslabón* es el de acopio, participan los llamados intermediarios o introductores, denominados por un lado acopiadores mayoristas y por otro acopiadores minoristas o pepenadores. La función de estos actores es la de comprar ganado en pie, especialmente a los pequeños y medianos ganaderos y después los comercializa (vender) con clientes de otro eslabón (Orantes et al., 2010). Alonso (2021a y 2021b) indica que en Chihuahua los intermediarios participan más en la exportación de ganado en pie a Estados Unidos. Entre los actores de este eslabón de acopio se encuentra la participación de SuKarne como empresa acopiadora de ganado ya sea de becerros o animales para sacrificio. Otras empresas también se identifican como acopiadoras de ganado, pero su presencia es más local se puede mencionar a Empacadora Ganadera de Chihuahua S.A. de C.V., Chihuahua Meat (Grupo Visa del Norte). Por el volumen de ganado que compran y venden empresas como SuKarne y otras de este tipo, su influencia en la definición de precios y para establecer las relaciones comerciales es alta (Alonso 2021b).

El cambio climático afectará el tercer eslabón de la misma forma que al segundo, en la disponibilidad de alimentos para que los acopiadores alimenten el ganado, particularmente el que depende del pastoreo. Hay que agregar la disponibilidad de agua para beber por el ganado.

Con las altas temperaturas los animales experimentan estrés, provocando que los animales reduzcan la producción y reproducción para adaptarse a esta situación. Debido al efecto calórico se puede reducir el porcentaje de preñez entre 29 a 33% con una temperatura ambiental máxima de 42 °C y de 19 a 22% con una temperatura ambiental mínima de -14 °C (Antillón-Ruiz et al., 2012). Por otro lado, el clima ha generado un escenario en el que el crecimiento de los pastizales no ha sido lo suficiente, por lo que se ve en la necesidad de deshacerse de los animales con bajos índices reproductivos (2020).

CUARTO ESLABÓN DE ENGORDA.

En el *cuarto eslabón* el que toca el tema de la engorda se pueden encontrar a los tres actores (desarrollador, engordador y finalizador) que realizan la función de llevar al ganado a los pesos deseados según el cliente al que van a vender.

El cambio climático afectará el cuarto eslabón en la disponibilidad de alimentos y agua para el ganado. El impacto ecológico de la sequía y el mal manejo del ganado en los pastizales de Chihuahua es severo, lo que causa la baja productividad de los pastizales, necesarios para sustentar al ganado (González Villela et al., 2018). Además, las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal y las tasas de crecimiento (André et al., 2012).

Los actores de este eslabón compran de preferencia ganado de registro, especializado o con carga genética de media a alta, con productores primarios de manera directa o a través de intermediarios (Alonso 2021a). Por lo regular adquieren lotes medianamente estandarizados en tipo de raza, peso y edad, para después alimentarlos en diferentes sistemas, por periodos de 90 a 350 días dependiendo del peso de entrada, la ganancia de peso diario y la proyección del peso a sacrificio, así como por el mercado que se va a atender. Los animales pasan por tres sub-fases de crecimiento: la de desarrollo, engorda y la de finalización, que pueden ser realizadas por un mismo actor o por diferentes personas de acuerdo con las posibilidades de los involucrados y de la región o estado en donde se ubica el ganado. En las tres fases de crecimiento un animal inicia con un peso entre 160 y 220 kg, y a través de una alimentación basada en raciones y dietas especializadas se lleva a un peso de 450 o 500 kg, listo para el sacrificio (Calderón, 2018).

La calidad de la carne que se produce es buena y la diferencia está marcada por el proceso de finalización, el cual varía de acuerdo con la genética, sexo, alimentación, días de engorda y el uso de promotores de crecimiento; además de los factores asociados al tipo de sacrificio y tiempos de maduración (Rubio et al., 2013). Se ha logrado estandarizar que el peso mínimo a sacrificio sea superior a los 500 Kg, y una vez que están por arriba de este peso, son comercializados para ser llevados al rastro (Zorrilla y Palma, 2010).

Chihuahua presenta una tendencia similar a la encontrada a nivel nacional 2 (26.1%) cabezas en etapa de desarrollo por 1 (11.01%) cabeza registrada en la etapa de engorda. Cuenta con 1,845,99 cabezas, siendo 240,804 (13.04%) con uno o dos años, 339, 629 cabezas (18.4%) con más de dos a tres años.

QUINTO ESLABÓN DE PROCESAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN.

Se refiere al procesamiento o transformación e incluye a los actores que cuentan con las instalaciones o plantas de sacrificio (rastros o plantas de faena) y frigoríficos especializados para procesar los animales y la carne; bajo prácticas higiénicas acordes a las normas Zoonosológicas Oficiales Mexicanas vigentes como la NOM-033-ZOO-1995 y NOM-009-ZOO-1994, establecidas en la ley sanitaria para el sacrificio y el despiece. En México existen tres tipos de plantas de sacrificio para ganado bovino y otros, los rastros Municipales, los rastros privados y los rastros TIF. Las características generales del ganado que se procesa en este eslabón son:

- Novillos de 450 a 500 kg que recién cumplieron la fase de engorda y finalización, con una edad no mayor de 26 a 28 meses.
- Becerros (as) de desecho o a media ceba, que no se destinaron a la finalización.
- Vacas y vaquillas con pesos mayores de 400 kg, finalizadas o gordas.
- Animales de desecho (gordos, flacos, cornudos de diferentes tipos, ya sean vacas, sementales, becerros, etc.), con diferente peso, edad y condición.

El cambio climático afectará el quinto eslabón en la disponibilidad de agua para los procesos de transformación, así como en elevación de costos de refrigeración y conservación.

Disponibilidad hídrica. Como se ha documentado en los eslabones anteriores al disminuir la disponibilidad de agua en el estado (Cervantes Rendón, 2019; Vazquez-Galvez, 2019) se pone en riesgo la provisión de agua para beber, el proceso de limpieza previa y posterior a la muerte del ganado.

Refrigeración. Como lo indica la NOM-251-SSA1-2009 sobre Prácticas de Higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, es de importancia conservar la cadena de frío para el transporte y conservación de la carne fresca a una temperatura no mayor a 4°C y en carne congelada no mayor a cero grados. El impacto de la temperatura externa a los congeladores impacta de manera negativa tanto en la carne como en el incremento de costos, es decir, cuando las puertas de un refrigerador son abiertas, se da

lugar un flujo de masa por efecto de la diferencia de densidades que existe entre el aire frío interno del compartimiento y el aire exterior que rodea la nevera, este intercambio de masa genera diferentes impactos sobre el funcionamiento de la nevera, desde aumentos de temperatura hasta de 10°C, hasta un incremento del 22% en el consumo de energía (Rio et al., 2014).

No todos los rastros entregan la carne refrigerada de hecho, en muchos lados principalmente, en las áreas rurales, la carne se transporta y se expende a temperatura ambiente lo que reduce sustancialmente la seguridad e higiene de la carne que se consume en el país. A este proceso se le llama de “carne caliente” (Rubio, 2013). La canal fría o caliente puede tener dos rutas de venta, la primera ruta se vende a granel (mayoreo) y se traslada al cliente minorista, la otra ruta va a la empacadora para que se despiece y/o elaboren cortes más pequeños (cuartos, lomos), también son cortes especiales que se empaque al alto vacío y finalmente se envíe la carne empacada al cliente mayoristas y minoristas. En Chihuahua hay una subutilización de los rastros, hay 6 rastros TIF, 43 rastros municipales y 4 rastros privados, de una capacidad instalada/mes de 9680 cabezas solo se utiliza el 49% de su capacidad, 13,264, solo se utiliza 48.6% de su capacidad y de 3,221, se ocupa el 75%, respectivamente en los rastros mencionados que sacrifican menos cabezas de las que podrían sacrificar.

Cabe resaltar que el 70% de las plantas TIF genera cárnicos para el consumo nacional, mientras que el 30% restante se destina a 65 mercados internacionales. Por otro lado, la carne de los rastros municipales y privados está destinada a carnicerías locales y a mercados sobre ruedas, donde el cuidado de la cadena de frío no tiene mucha importancia (Rubio et al., 2013). En cuanto al rendimiento de carne del ganado en pie Chihuahua reporta una media de 432.428 kg, con un rendimiento de carne en canal de 234.52 kg lo que es aproximadamente el 54.23% (SIAP 2019). Los precios que se pagan por la carne en canal también son muy variados y dependen de la calidad de la carne y del volumen. Los precios promedio más altos se registraron en Chihuahua con \$85.52 por kg, con un costo mínimo de \$55.99 y un máximo de \$110.9, (SIAP 2019).

SEXTO ESLABÓN DE COMERCIALIZACIÓN.

El *sexto eslabón* que es la comercialización/distribución se refiere a la etapa que conecta al punto de transformación con los de consumo. La función de este eslabón es hacer llegar a los consumidores los

productos ya transformados en presentaciones individuales a granel o envasadas, después del despiece de la canal.

El cambio climático afectará el sexto eslabón en: exportadores, carniceros, comercializadores, centros de venta y transportación.

Transportación. De acuerdo con los escenarios climáticos la temperatura y precipitación aumentarán, por lo que el costo de transporte incrementará al adecuar y mejorar el transporte para asegurar que el producto llegue en buen estado a los centros de compra. Al mismo tiempo, aumentará la demora causada por eventos meteorológicos extremos que caracterizan a la zona como: granizada, lluvia, nevada, tormenta, por mencionar algunas, incrementando los costos de transporte (DesInventar [Version 9.12.8-2011]).

Refrigeración y almacenamiento. Con el incremento de temperatura se prevee que los sistemas de refrigeración requieran utilizarse por más ganaderos. Tanto en transporte como en almacenamiento es probable que se requiera por mayor tiempo y cantidad. Idealmente se tendrá que invertir la investigación científica y desarrollo de herramientas, técnicas, mejores prácticas y protocolos para mejorar y adaptar los sistemas actuales para poder garantizar la seguridad de la carne, la mala refrigeración dará paso al desarrollo de microorganismos en el producto (Jacxsens et al., 2010)

En la fase de distribución participan tres actores que comercializan la carne en el mismo número de rutas:

- Las empacadoras regionales y las que están integradas a las grandes empresas como SuKarne, RyC y otras, que comercializan la carne directamente en puntos de venta propios o la venden a negocios en canal o empacada a minoristas como carnicerías, supermercados, etc.
- Los comercializadores mayoristas o introductores de carne en canal son aquellos actores que compran volúmenes grandes de carne en canal y después lo llevan a los centros de población para venderlos a las carnicerías y comercios al menudeo como carnicerías, mercados locales, algunos autoservicios.
- Los centros de venta al menudeo son aquellas carnicerías con o sin local fijo, las tiendas de autoservicio, así como los tianguis y mercados locales que despiezan la canal de acuerdo con las necesidades del cliente

En la producción, venta y consumo de carne bovina se puede encontrar un amplio número de circuitos comerciales con los cuales se van conformando distintas cadenas con diferentes eslabones y actores

participantes, desde aquellas que funcionan solo por una relación comercial temporal de sus actores hasta aquellas con un nivel de integración más estrecho, donde los vínculos, las relaciones y la colaboración entre los actores involucrados es formal y en algunos casos permite tener en su poder otras funciones económicas (eslabones) de la cadena como es el caso de la transformación y distribución. En México en general, los circuitos que prevalecen son los más largos, o sea aquellos en los que intervienen varios intermediarios e introductores, lo que origina que los productos que llegan al consumidor final sean más caros, debido a que deben pasar por más actores hasta llegar al consumidor.

Caso especial son los animales que van a exportación ya sea becerros(as) destetados o a media ceba donde su venta se realiza a través de los intermediarios o venta directa al exportador, depende mucho del volumen y ubicación del ganado. En Chihuahua se identifica ventas directas al exportador, aunque no se tiene el porcentaje de animales que se comercializa bajo esta ruta.

SÉPTIMO ESLABÓN DE CONSUMIDOR FINAL.

El *último eslabón*, es el consumidor final. México se ubica dentro de los países que presentan un mayor consumo de carne de bovino a nivel mundial, junto con EE. UU., Brasil, Unión Europea, China, Argentina, Rusia, India, y Pakistán. El consumidor como último eslabón de la cadena, es el actor fundamental que establece en cierta medida la dinámica comercial que tiene la cadena bovina carne a nivel nacional, estatal y regional. Al demandar cortes o piezas de carne, de acuerdo con sus necesidades y economía, permite a los demás eslabones alinearse y actuar en consecuencia, para cubrir esos requerimientos.

El cambio climático afectará el séptimo eslabón, o consumidor, en el probable incremento de precios de la carne.

Precios. Se puede esperar que el cambio climático presente una variedad de nuevos desafíos en el área de la seguridad alimentaria a mediano y largo plazo; como es el caso del cultivo de maíz para las aves, el cual disminuirá de forma considerable la proporción de la superficie de las tierras agrícolas, al mismo tiempo, la producción de avena se reducirá ya que el cultivo no se desarrollará para su cosecha, repercutiendo negativamente en el aprovisionamiento de alimento para el ganado e incrementando costos. Por otro lado, las

sequías y el déficit de agua serán cada vez más frecuentes y duraderas, afectando la producción de forraje para pastoreo y para los bebederos de los animales.

Las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal, las tasas de crecimiento y el porcentaje de preñez, a su vez, algunos patógenos que afectan al ganado tendrán el ambiente adecuado para propagarse con mayor facilidad, trayendo como consecuencia en la disminución del ganado para su distribución.

Una vez superado los primeros desafíos de reproducción, sobrevivencia y alimentación del ganado, el siguiente será la conservación del producto cárnico. Con el incremento de la temperatura, se tendrá que invertir en la mejora de herramientas, técnicas, prácticas y protocolos para garantizar la seguridad de la carne y llevarla al destino final, el consumidor.

Evaluar e identificar qué regiones son vulnerables a los problemas ambientales y al cambio climático es un desafío, porque los sistemas alimentarios representan sistemas en constante evolución en los que los agricultores toman decisiones continuamente para adaptarse a las circunstancias cambiantes.

De acuerdo con el Consejo Mexicano de la Carne (Comecarne), el cambio climático afectará la producción de carne y elevará los costos en la cadena de valor, principalmente en los fletes de hasta 300% y 20% en energéticos, reducido el margen de ganancias (Tarragona, 2021).

Los precios que pagan los clientes por la carne que consumen son muy variados y dependen del tipo de corte, calidad y establecimiento donde lo compran. De acuerdo con las partes de donde se saque la carne se puede encontrar carne o vísceras de res desde los \$27.00 kilo hasta cortes de \$455.00 como lo es el filete de res limpio.

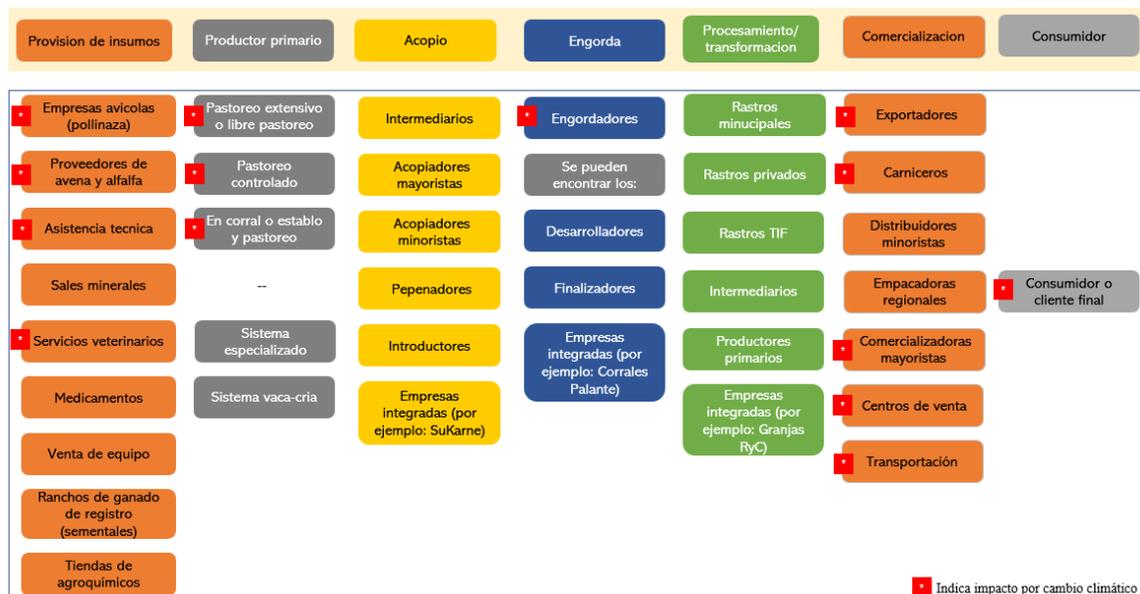


Figura 81. Cadena productiva de carne y eslabones con afectación por cambio climático. Elaboración propia adaptado de Alonso 2021b.

B. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CADENA PRODUCTIVA DE LECHE

En las últimas dos décadas, la producción de leche en México ha tenido un incremento constante hasta llegar a producir 12.5 mil millones de litros en el 2020. Chihuahua ocupa el cuarto lugar por el volumen de leche que produce, 1,110,432 litros (SIAP, 2019).

La leche que se obtiene a través de la ordeña manual o mecanizada toma dos rutas comerciales, una de ellas es cuando se vende como leche caliente y la otra como leche fría (la cual pasa por una fase de frío en tanques enfriamiento de propiedad individual o colectiva). Tanto la leche caliente como fría pueden destinarse a:

- Auto consumo, para vender leche de manera directa a pie de rancho a los consumidores o para que la procesen en derivados como queso y yogurt.
- A empresas procesadoras de lácteos regionales o nacionales (productoras de queso, yogurt, etc.).
- A través de intermediarios que la llevarán a empresas de derivados o venta directa (boteros) en la región.

El canal que más usan los productores de leche caliente son los intermediarios y fábricas de derivados locales, ya que son menos exigentes en la calidad de la leche. En cambio, la leche fría se canaliza en una mayor proporción a las empresas procesadoras de gran escala y tamaño, ya que tienen una mayor exigencia en la calidad del producto. Chihuahua vende principalmente a Liconsa y a una red no formal de acopiadores e intermediarios locales que van a los ranchos o reciben la leche en su centro de acopio; las productoras de leche procesada como Liconsa, Alpura y Lala, o para leche líquida como Alpura y Lala, y las empresas de derivados como Alpura, Lala, o empresas industriales y artesanales de quesos y sus derivados.

En Chihuahua, la mayor parte de la comercialización se hace directamente con la industria y esto se debe a que existe una mayor organización entre los productores, lo cual ayuda a la venta directa. Por lo anterior, la intervención de intermediarios prácticamente está asociada a productores pequeños y de doble propósito que producen y comercializan su leche de manera individual. El padrón de proveedores que maneja LICONSA y que están registrados en su página oficial y donde señala que, de las 209 personas morales convenidas, 46 se encuentran en Chihuahua. A pesar de tener esta organización en Chihuahua, ésta no se refleja en mejores condiciones comerciales y sobre todo en mejores precios para los ganaderos, ya que sigue prevaleciendo la influencia e intereses de la industria de transformación y de los comercializadores.

Chihuahua es uno de los estados que sobresale con mayor porcentaje de vacas especializadas en producción de leche, solo atrás de Jalisco, eso explica los niveles de producción y el por qué son los estados con los registros más altos en la producción del lácteo en el país. 71.5% son vacas de solo ordeña, 28.5% vacas para cría y ordeña. Chihuahua reporta un hato de 191,636 vacas que se utilizan para la producción de leche. La tendencia en el comportamiento de producción de leche y distribución del hato para Chihuahua es similar a la observada a nivel nacional, predomina la producción de leche con vacas especializadas, donde los rendimientos de leche, por vaca al día (especializada) están en 22 litros. En cuanto al precio del litro de leche al productor durante el periodo 2014-2019, Chihuahua registra precios por arriba de la media nacional (\$6.97/l).

Los productos que se obtienen en la cadena leche en Chihuahua son leche en polvo, quesos de tipo comercial (nacionales) como el asadero, cheddar, ranchero, manchego; quesos genuinos locales como el chihuahua menonita y no menonita, y un regional el asadero de Villa Ahumada. Como podemos deducir la mayor cantidad de leche es utilizada para la producción de quesos, donde la industria es muy fuerte por la presencia de varios tipos de quesos, entre ellos los genuinos. Hablando de la proporción de leche para producción de derivados y

leche líquida el 75% es para quesos y derivados y 25% para la industria del secado y el envasado en fresco (Alpura, Lala, Liconsa).

En Chihuahua se identifican los siguientes tipos de cadena:

- Cadena productiva (debido a que la orientación de los participantes es producir y ofertar cada uno la leche de forma individual, dispersa y al mejor cliente, a partir de relaciones no formales, temporales y desarticuladas con sus compradores).
- Red de valor integrada con Alpura y otras regionales de carácter artesanal a nivel familiar y semi industrial para la producción de quesos.
- Cadena de valor asociadas con Liconsa y algunas empresas queseras regionales

En resumen, la cadena productiva de la carne es (Alonso, 2021b):



Figura 82. Cadena productiva de la producción de leche en México. (Adaptado de Alonso 2021b).

PRIMER ESLABÓN DE PROVISIÓN DE INSUMOS

En la cadena de producción los que ocupan el *primer eslabón* son personas o empresas que ofrecen diferentes insumos, materia prima, equipos, granos y forrajes, medicamentos, alimentos balanceados, sales minerales, entre otros. Entre los que podemos mencionar farmacias veterinarias, distribuidoras de alimentos, y forrajes, productores de maíz, ranchos de ganado de registro (sementales), servicios veterinarios, tiendas de agroquímicos, etc.

El cambio climático afectará cuatro elementos del primer eslabón (Figura 2): empresas avícolas, proveedores de alimentos, asistencia técnica y servicios veterinarios.

Empresas avícolas. De acuerdo con los escenarios de cambios climático en el país y en la región aumentará la temperatura y la precipitación será más errática. Los cambios en el clima afectarán la demanda de agua de

los cultivos tanto en sistemas de riego como de secano, lo que causará incremento en la demanda y el uso del agua para la producción de alimentos y piensos para el ganado (IPCC, 2014a). El riesgo se observa en la producción de alimento para aves y gallinas, que a su vez podrá significar disminución en la oferta para los ganaderos de la región de Chihuahua. Incluso, podría significar también el aumento de costos de alimentos y transporte desde las empresas avícolas. La agricultura en México es vulnerable, por ejemplo, los cultivos de maíz y trigo disminuirán de forma considerable la proporción de la superficie de las tierras agrícolas (Gómez Díaz et al., 2020). El rendimiento de maíz podría disminuir hasta en 84%, el frijol disminuirá de 10 a 40%, mientras que el trigo será 15% menor (Arce-Romero et al., 2020).

Proveedores de alimentos. El cambio climático afectará la producción de alimento para el ganado. El calentamiento del planeta alargará la temporada de crecimiento del forraje pero disminuirá la calidad de éste debido a los cambios e incertidumbre con las precipitaciones (IPCC, 2014a). Villazón Bustillos et al. (2017) indican que para un escenario a corto plazo (2050) se espera un aumento tanto en la temperatura como en la precipitación, permitiendo en algunos casos, mejorar la producción de avena de 3.57 t/ha a 8.11 t/ha. Sin embargo, a largo plazo (2080) se espera una caída de la producción por el incremento permanente en la temperatura. Incluso, los autores indican que la precipitación no será un factor de importancia, ya que en las actuales regiones productoras de avena no se desarrollarían cultivos para su cosecha. La alfalfa es un cultivo altamente demandante de agua que también su producción estará en riesgo si no se garantiza riego de calidad y cantidad suficientes. Tanto el agua superficial como la subterránea dependen de lluvias para su distribución y recarga.

Asistencia técnica. Los efectos del cambio climático causaran una mayor asistencia técnica, principalmente para la producción de alimento y para mantener y adaptar al ganado al calor u optar por cambiar el ganado por aquella que tolere altas temperaturas (IPCC, 2014b). Las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal y las tasas de crecimiento (André et al., 2012) y es posible que los ganaderos busquen asistencia con el propósito de contrarrestar las pérdidas. Productores agrícolas también podrán recurrir a mayor asistencia técnica privada con el objetivo de buscar aumentar los rendimientos de los cultivos.

Servicios veterinarios. Al incrementarse la temperatura, los sistemas de hospedantes y patógenos en el ganado cambiarán sus rangos debido al cambio climático. La diversidad de especies de algunos patógenos puede disminuir a medida que aumentan las temperaturas (Mills et al., 2010) o volverse más adecuadas y propagarse

con mayor facilidad, como la fiebre del Valle del Rift y la malaria, que son muy sensibles a las condiciones climáticas (Rocque et al., 2008).

SEGUNDO ESLABÓN DE PRODUCTORES GANADEROS.

El *segundo eslabón* son los productores primarios, o sea los ganaderos, pequeños, medianos o grandes, que producen leche para autoconsumo y/o comercializarla. La calidad de la leche cruda (bronca) es muy heterogénea ya que depende del sistema de producción del que provenga y del proceso al que se someta.

El cambio climático afectará al segundo eslabón en la disponibilidad de alimentos para el ganado, particularmente el que depende del pastoreo. así como en disponibilidad de agua para beber por el ganado

Pastoreo. Los extensos pastizales son propensos a sufrir sequía. La actividad ganadera utiliza forraje proveniente de diferentes fuentes (Alonso, 2021a). Se estima que en el país el 41.9% del forraje es producido en praderas, el 29.3% en agostadero, el 23.9% a partir de esquilmos agrícolas (silos, pacas, residuos de hojas y tallos que quedan sobre el terreno después de cosechar) y 4.9% en cultivos forrajeros. Las praderas inducidas cuentan con buena aceptación en los ranchos ganaderos más tecnificados, por la calidad, cantidad, corto tiempo de establecimiento y buena aceptación por el ganado de los forrajes seleccionados, pero con la dificultad de adaptación en ciertos climas y suelos. No obstante, la forma más común y económica de alimentar al ganado es a partir del pastoreo de vegetación natural de los agostaderos (González-Padilla, 2015). SEMARNAT identifica cinco regiones ecológicas ganaderas en orden de extensión (de mayor a menor): la región árida, las zonas templadas, las regiones semiáridas, las regiones de trópico seco y el trópico húmedo. Pontifés et al (2018) señalan que la ecorregión del desierto chihuahuense tiene riesgo elevado para transitar a condiciones de mayor aridez, con incremento en probabilidad de sequías. Terminan llamando la atención con la degradación ambiental que en conjunto con el cambio climático afectarán la disponibilidad de agua.

Disponibilidad hídrica. El suministro de agua para la producción ganadera se volverá más difícil, a través de su impacto en la producción de cultivos y, posteriormente, en la disponibilidad de residuos de cultivos para la alimentación del ganado (IPCC, 2014b). Como antecedente, se reportó que en el año 2020 y el primer semestre de 2021 la cantidad de agua ha sido escasa, afectando fuertemente la disponibilidad de forraje en los agostaderos (Comisión de Desarrollo Rural y Ganadería, 2021). La cuenca del Río Conchos se ha documentado

como de muy alta vulnerabilidad sobre el tema ganadero, ya que el incremento de 1.5 °C en la temperatura, causará un decremento máximo de escurrimiento que va del 22% para el 2030, hasta el 28% para el 2100 pastizales (Cervantes Rendón, 2019).

TERCER ESLABÓN DE ACOPIO.

En el *tercer eslabón*, el de acopio e intermediación, el país no tiene cuantificada la cantidad de gente que se dedica al acopio y venta de leche, pero es evidente que esta labor la realizan muchas personas, así como organizaciones de productores o empresas formales como es el caso de LICONSA. Los principales clientes a los que el intermediario vende la leche son queserías y empresas locales de derivados. En Chihuahua, Liconsa cuenta con 4 centros de acopio con 3555 productores registrados en el padrón, con 83, 503 vacas en producción y 24, 802 vacas secas. Con respecto a sus compras de leche: de los 579,276,291 litros que LICONSA reportó haber comprado en el 2019 en todo el país, el 30.52% fue en Chihuahua.

El cambio climático afectará el tercer eslabón en enfriamiento, almacenamiento y transportación.

Enfriamiento y almacenamiento. Con el incremento de temperatura se prevé que los sistemas de refrigeración requieran utilizarse por más ganaderos. Las empresas ya cuentan con sistemas de refrigeración de leche. Sin embargo, tanto en transporte como en almacenamiento es probable que se requiera por mayor tiempo y cantidad de frío.

Transportación. De acuerdo con los escenarios climáticos la temperatura y precipitación aumentarán, por lo que el costo de transporte incrementará al adecuar y mejorar el transporte para asegurar que enfriamiento del producto sea eficiente y llegue en buen estado a los centros de transformación, empaque o transformación.

CUARTO ESLABÓN DE TRANSFORMACIÓN.

La transformación/procesamiento, es el *cuarto eslabón* de la cadena de producción. En el país existen tres tipos de agroindustrias lácteas: empresas pasteurizadoras, industrializadoras de leche y empresas elaboradoras de derivados lácteos (Alonso, 2021b). La leche cuando llega a las diferentes plantas puede ser sometida o no a procesos de estandarización, homogeneización, pasteurización y transformación para

convertirla en otro producto. La diversidad de productos que las empresas procesadoras ponen en el mercado es bastante y los canales que tienen son prácticamente dos:

- Se venden a distribuidores minoristas directamente a partir de la red de distribución que cada empresa tiene y muchas tienen sus esquemas de distribución propios.
- lo hacen a través de distribuidores más grandes que se encargan posteriormente de llevar el producto a los negocios minoristas.

El cambio climático afectará el cuarto eslabón en enfriamiento, almacenamiento y transportación.

Enfriamiento y almacenamiento. Con el incremento de temperatura se prevé que los sistemas de refrigeración requieran utilizarse por más ganaderos. Las empresas ya cuentan con sistemas de refrigeración de leche. Sin embargo, en almacenamiento y conservación de lácteos y derivados es probable que se requiera por mayor tiempo y cantidad de frío.

Al ser la leche comercializada sin tratamiento previo y a temperatura ambiente, resulta en un producto altamente perecedero que debe venderse de manera inmediata (el mismo día de la ordeña) para evitar alteraciones fisicoquímicas y bacteriológicas debidas al manejo, temperatura y tiempo de almacenamiento.

QUINTO ESLABÓN DE DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

Los participantes en el *quinto eslabón* de la distribución/comercialización son los detallistas y los Centros de distribución. Los minoristas o empresas detallistas son todos aquellos comercios como los supermercados (cadenas comerciales), las misceláneas y las tiendas que venden al menudeo la diversidad de productos que las empresas procesadoras tienen. Actualmente no se cuenta con datos confiables que señalen la cantidad de producto que se canaliza por tiendas de autoservicio, misceláneas y otros establecimientos minoristas. Para comercializar más lácteos, el reto fundamental del eslabón de comercialización es conservar la calidad de los productos durante el almacenamiento, manejo y venta.

El cambio climático afectará el quinto eslabón en enfriamiento, almacenamiento y transportación.

Enfriamiento y almacenamiento. Con el incremento de temperatura se prevé que los sistemas de refrigeración requieran utilizarse por más ganaderos. Las empresas ya cuentan con sistemas de refrigeración de leche. Sin

embargo, en almacenamiento y conservación de lácteos y derivados es probable que se requiera por mayor tiempo y cantidad de frío.

SEXTO ESLABÓN DE CONSUMIDOR FINAL.

En el *último eslabón*, el de consumo o consumidor final considerando los datos proyectados a nivel de población en México por CONAPO, se estima que el consumo per cápita anual de leche se ubicó en 122 litros en 2018, el consumo de queso en 4.3 kg, el de leche en polvo en 3.6 kg y el de mantequilla en 2.0 kg. En el portal de negocios OPPORTIMES, se menciona que LALA abarca el 52.9% del mercado de leche en México, lo que le permite tener un poder de influencia y preponderancia muy amplio, comparado con otras empresas y otros actores de los diferentes eslabones. Durante el trayecto de transformación de la leche hasta llegar al consumo final participan varios actores que invierten tiempo, tecnología y recursos /económicos, humanos e intelectuales, que agregan valor al producto y derivado de esto logran utilidades y beneficios diferenciados que muchas veces no están acordes a los riesgos, a la inversión y al tiempo que se destina a cada fase.

El cambio climático afectará el sexto eslabón, o consumidor, en el probable incremento de precios de la carne.

Precios. Se puede esperar que el cambio climático presente una variedad de nuevos desafíos en el área de la seguridad alimentaria a mediano y largo plazo; como es el caso del cultivo de maíz para las aves, el cual disminuirá de forma considerable la proporción de la superficie de las tierras agrícolas, al mismo tiempo, la producción de avena se reducirá ya que el cultivo no se desarrollará para su cosecha, repercutiendo negativamente en el aprovisionamiento de alimento para el ganado e incrementando costos. Por otro lado, las sequías y el déficit de agua serán cada vez más frecuentes y duraderas, afectando la producción de forraje para pastoreo y para los bebederos de los animales.

Las altas temperaturas tienden a reducir la alimentación animal, las tasas de crecimiento y el porcentaje de preñez, a su vez, algunos patógenos que afectan al ganado tendrán el ambiente adecuado para propagarse con mayor facilidad, trayendo como consecuencia en la disminución del ganado para su distribución.

Una vez superado los primeros desafíos de reproducción, sobrevivencia y alimentación del ganado, el siguiente será la conservación del producto lácteo. Con el incremento de la temperatura, se tendrá que invertir en la

mejora de herramientas, técnicas, prácticas y protocolos para garantizar la seguridad de la leche y llevarla al destino final, el consumidor.

Evaluar e identificar qué regiones son vulnerables a los problemas ambientales y al cambio climático es un desafío, porque los sistemas alimentarios representan sistemas en constante evolución en los que los agricultores toman decisiones continuamente para adaptarse a las circunstancias cambiantes.

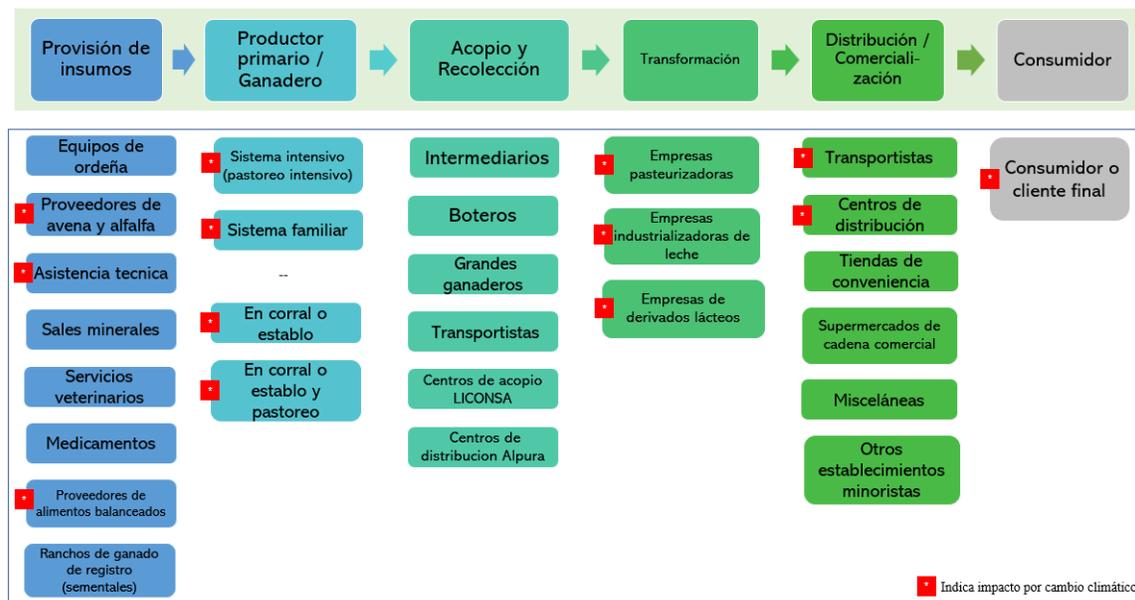


Figura 83. Cadena productiva de leche y eslabones con afectación por cambio climático. Elaboración propia adaptado de Alonso 2021b.

C. IMPACTO EN RENDIMIENTO DE PASTOS Y ALGUNOS CULTIVOS

En Chihuahua se observan principalmente tres regiones agroecológicas, prevaleciendo las de carácter árido y semiárido. El porcentaje de ganado según el manejo del ganado es del 63% libre pastoreo, 12% pastoreo controlado, 11% en corral o establo, 14% en corral o establo y libre pastoreo.

En la producción de carne el estado cuenta con un sistema especializado con manejo extensivo y sistema vaca-cría. El sistema de manejo extensivo es considerado el más tardicional y dominante. Es posible observar que los animales se manejan en potreros a libre pastoreo. En este caso se pueden encontrar la cantidad de

animales y los recorridos de estos. Puede haber o no atención a la carga animal, al tiempo de estancia, sobre todo en aquellas UPP donde la disponibilidad de potreros no sea alta.

En cuanto a su producción de leche Chihuahua, tiene un sistema familiar (se basa en el trabajo de todos sus integrantes, principalmente de las mujeres, quienes se encargan de la organización del traspatio en general. La usan como fuente de ahorro y para la generación de ingresos que les permite satisfacer muchas de sus necesidades materiales básicas); y sistema especializado con manejo intensivo (se utiliza el pastoreo intensivo, donde se cuida la carga animal y el tiempo de estancia en el potrero dentro de un programa de rotación de potreros)

En la producción de carne los objetivos son producción de becerros de destete y a media ceba, y ganado gordo desecho de abasto local. Los sistemas de producción en carne son sistema especializado y sistema vaca-cría, en la producción de leche están presentes los sistemas familiar, semiespecializado, y especializado.

En lo referente al manejo del ganado destinado a la producción de carne,

- Pastoreo extensivo o libre pastoreo
- Pastoreo controlado
- En corral o establo y pastoreo

Para el ganado de leche,

- En corral o establo
- En corral o establo y pastoreo

Para ambos casos se realiza en pastizal y/o matorral. En un clima principalmente semiárido o árido. En cuanto al uso de la tecnología, cada ganadero maneja de manera distinta su rancho en función de sus condiciones ecológicas y disponibilidad de recursos, por lo mismo, incorpora prácticas y tecnologías con la intención de mejorar sus rendimientos y margen de ganancia de acuerdo con la visión y los objetivos que busca de su actividad. En Chihuahua, el porcentaje de UPP que vacuna al ganado es del 94%, el 86% realiza desparasitación interna y a un 64% desparasitación externa. Las UPP que cuentan con sistemas de identificación animal son 94% los marcan con fierro y el 92% con areteado SINIIGA (ENA (2019 f) e INEGI (Datos de octubre de 2018 a septiembre de 2019)).

Con el objeto de identificar más a detalle el impacto del cambio climático se exploró que podría ocurrir con producción agrícola que sirve de alimento para el ganado. Se analizaron los impactos en los rendimientos de

cinco cultivos principales (cacahuete, pastos cultivados, sorgo, girasol y trigo) bajo cambio climático (RCP8.5) en el estado de Chihuahua mediante la herramienta CARD (<https://www.ifad.org/en/web/knowledge/-/climate-adaptation-in-rural-development-cardassessment-tool-1>). La herramienta CARD hace un análisis cuantitativo de los riesgos relacionados con el clima en la actividad agrícola, incluyendo análisis económicos y financieros de cada país. Además de que proporciona información valiosa para inversiones, estudios de seguridad alimentaria y políticas de desarrollo sostenible.

En este apartado se obtuvieron las proyecciones de los cambios en el rendimiento de los cultivos de temporal (pastos cultivados) y de riego (cacahuete, pastos cultivados, sorgo, girasol y trigo) del estado de Chihuahua para el periodo de tiempo 1995-2050 y 2022-2050 bajo el escenario RCP8.5 que supone la mayor concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en el horizonte de tiempo a largo plazo (año 2100). Para la proyección de los cambios en el rendimiento, la herramienta CARD consideró un ensamble de los modelos que reportó el *Coupled Models Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5), así como el modelo conjunto llamado ISIMIP (Proyecto de Intercomparación de Modelos de Impactos Intersectoriales).

Para cada cultivo se consideraron tres escenarios de riesgo:

1. **Medio:** Refleja una mejor suposición de las incertidumbres reflejadas en los modelos de cambio climático.
2. **Pesimista:** Refleja una consideración pesimista de las incertidumbres reflejadas en los modelos.
3. **Optimista:** Refleja una consideración optimista de las incertidumbres reflejada en los modelos.

Los resultados de la proyección del impacto en el rendimiento de los cultivos para el periodo 2022-2050 se presentan de dos maneras: Relativo al cálculo del impacto del año base (1995) y Relativo al año de inicio de la proyección (2022). Mientras que para el periodo 1995-2050 los resultados de la proyección únicamente se presentan relativos al cálculo del impacto del año base que, en este caso, es el mismo que el año de inicio de la proyección (1995).

En la Figura 5 se muestran los impactos en el cambio de rendimiento del pasto cultivado en temporal para el periodo 1995-2050 y para el periodo 2022-2050 relativo al año base (1995) y relativo al año de inicio de la proyección (2022) en los tres escenarios (medio, pesimista y optimista). En el periodo 1995-2050 con el escenario optimista, se observa un cambio positivo en el rendimiento del pasto de temporal, sin embargo, en

el año 2025 el rendimiento caerá de manera importante hasta 13%. En los escenarios medio y pesimista se proyectaron rendimientos negativos desde el año base con una caída de hasta 18% para el año 2050.

En cuanto al periodo 2022-2050 el cambio en el rendimiento relativo al años base (1995) y relativo al año de inicio de la proyección (2022) muestran caídas en los escenarios optimistas y pesimistas de hasta 42%, sin embargo, se observa un ligero incremento (0.19%) en el escenario medio que comienza a inicios del 2032.

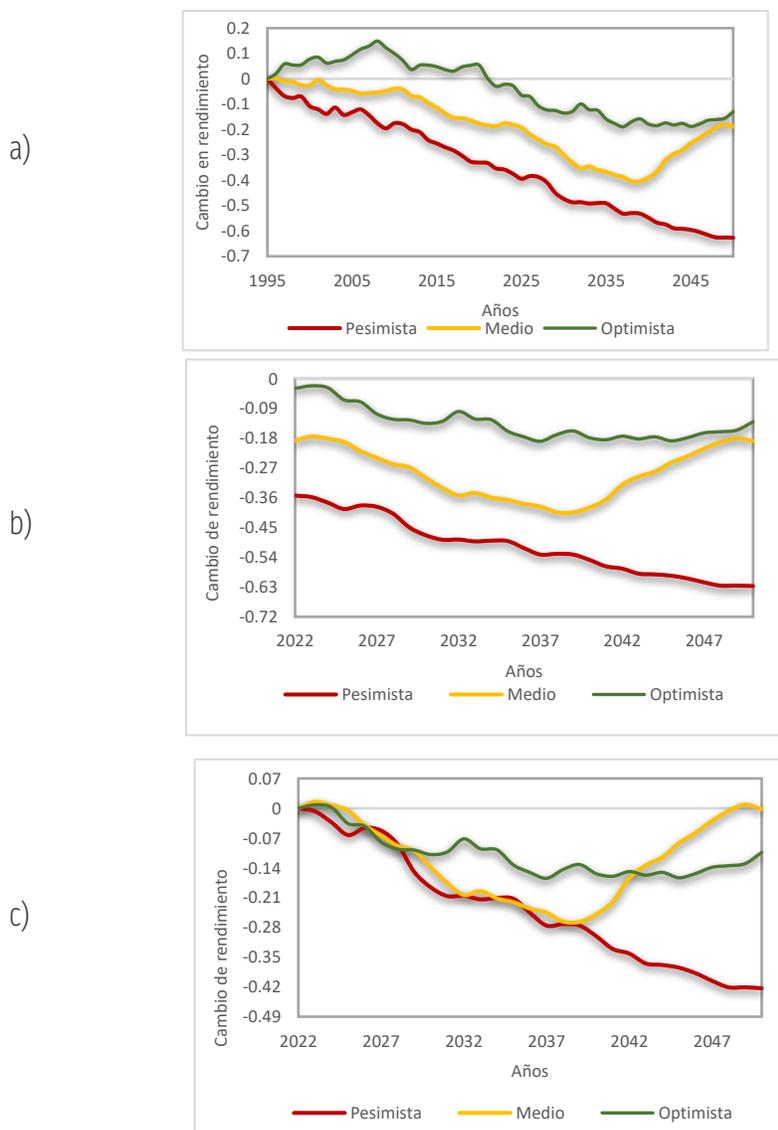
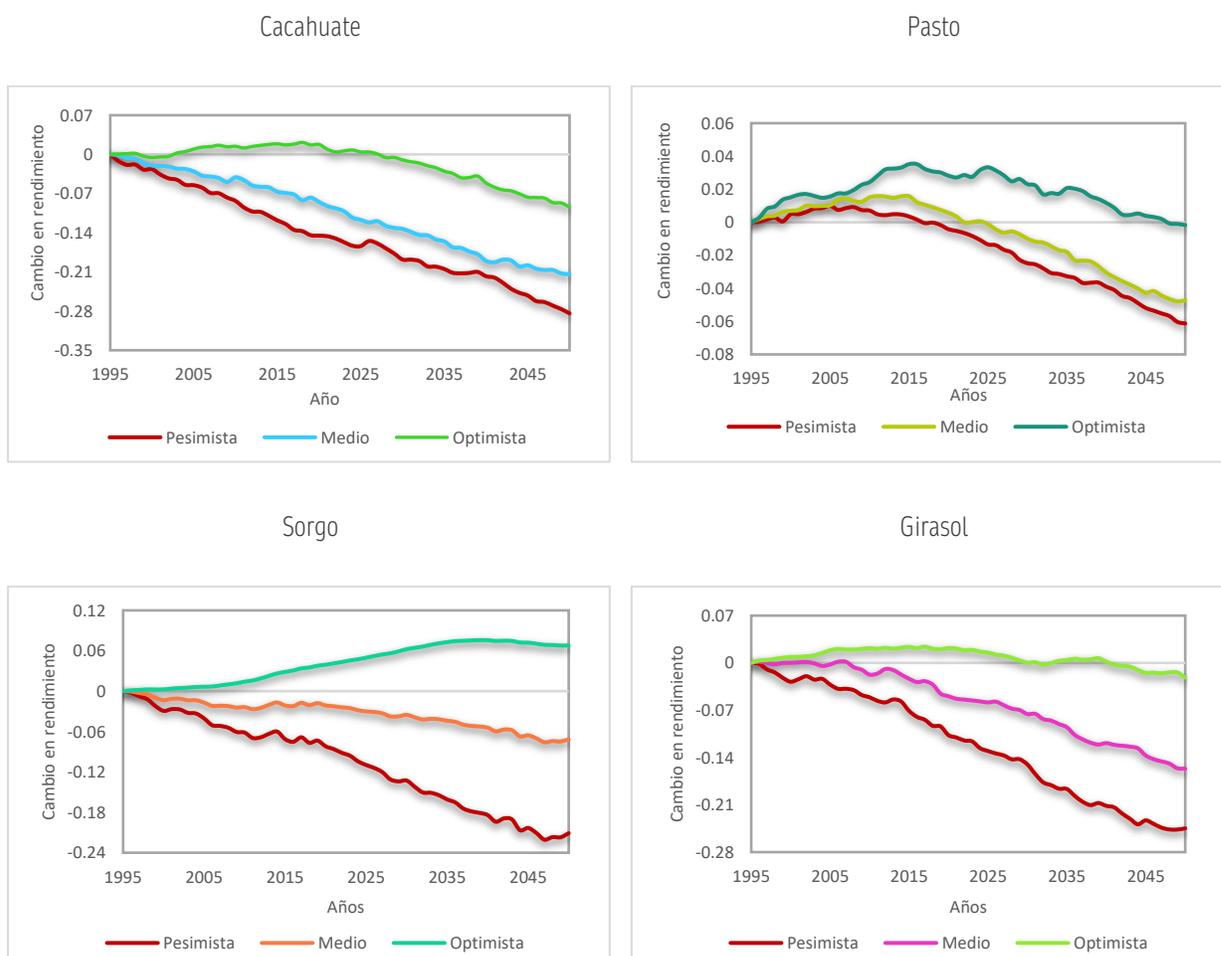


Figura 84. Proyección del cambio en el rendimiento del pasto cultivado en riego de temporal en el estado de Chihuahua para a) el horizonte 1995-2050 respecto al año base (1995) y para el horizonte 2022-2050 b) relativo al año 1995 y c) 2022.

En la Figura 6 se presenta la proyección del cambio en el rendimiento de cinco cultivos de riego (Cacahuate, pasto, sorgo, girasol y trigo) en el estado de Chihuahua para el periodo de tiempo 1995-2050 relativo al año base (1995). Se observó que los cinco cultivos analizados tendrán una disminución importante en el rendimiento con el escenario pesimista de hasta 28% para el caso del cacahuate, 6% en los pastos, 21% en el sorgo, 24% en el girasol y 48% en el caso del trigo. En el escenario medio se proyectó una disminución de hasta 21% para cacahuate, 5% en pastos, 7% en sorgo y 15% en girasol y trigo para el año 2050. El escenario optimista a pesar de no ser tan drástico proyecta disminuciones en los cultivos de cacahuate, pasto, girasol y trigo de hasta de 9%, 0.17%, 2.18% y 8% respectivamente. Este comportamiento no sucede en el cultivo de sorgo, ya que se proyecta un aumento de hasta 7% para el año 2050.



Trigo

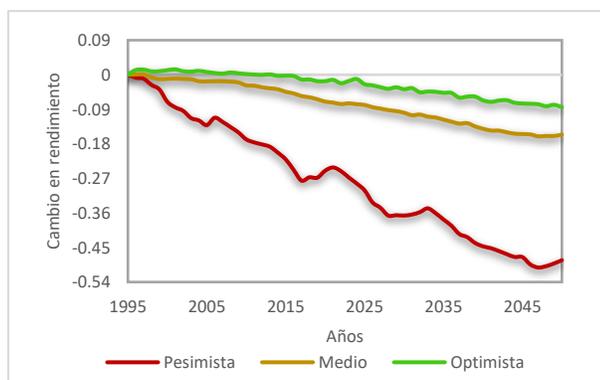
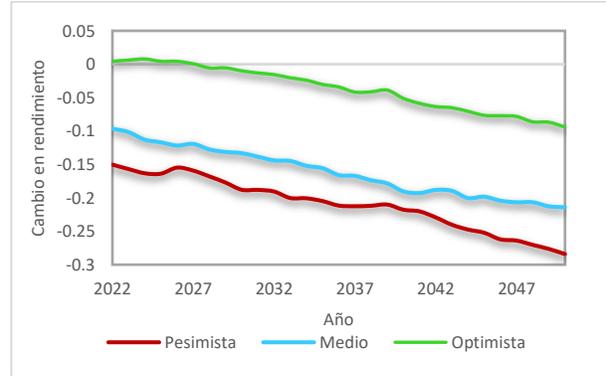
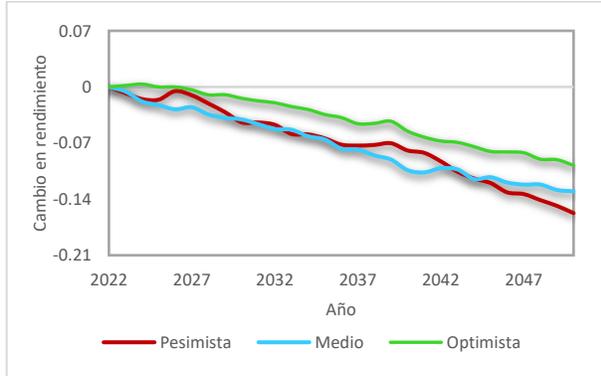


Figura 85. Proyección del cambio en el rendimiento de cultivos de riego (cacahuete, pasto, sorgo, girasol y trigo) en el estado de Chihuahua para el periodo de tiempo 1995-2050 relativo al año base (1995).

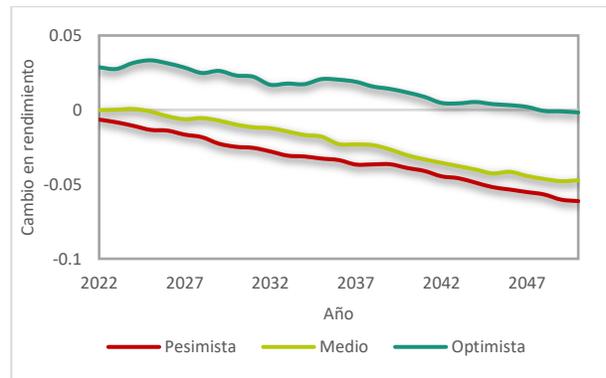
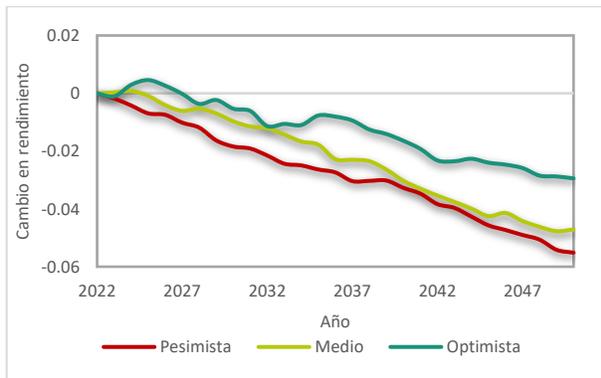
En la figura 7 se muestran las proyecciones de los cinco cultivos analizados para el periodo de tiempo 2022-2050 considerando el cambio en el rendimiento relativo al año base (1995) y relativo al año de inicio de la proyección (2022). El rendimiento del cultivo de cacahuete tendrá una disminución bajo los tres escenarios de impacto tanto en el análisis con cambio relativo al año base (1995) como en el cambio relativo al año de inicio (2022). Los cambios más drásticos podrían ser de hasta 28% en el escenario pesimista y 9% en el escenario optimista.

En el caso de los pastos, el rendimiento del cultivo también disminuirá en los tres escenarios de riesgo considerando el cambio en el rendimiento relativo al año base (1995) y relativo al año de inicio de la proyección (2022) de hasta 6% en el escenario pesimista y 0.17% en el escenario optimista. El rendimiento del sorgo muestra disminuciones en el escenario pesimista y medio tanto en el rendimiento relativo al año base (1995) como en el relativo al año de inicio (2022) de hasta 13% en el escenario pesimista. Pero se observó un incremento de hasta 6% en el escenario optimista. Se proyecta que el rendimiento del girasol disminuirá en los tres escenarios de riesgo tanto en el rendimiento relativo al años base (1995) como en el rendimiento relativo al año de inicio (2022) de hasta 24% en el escenario pesimista y 2% en el escenario optimista. En cuanto al rendimiento del trigo, se proyectan disminuciones importantes en los tres escenarios de riesgo en el rendimiento relativo al años base (1995) y en el rendimiento relativo al año de inicio (2022). El escenario más drástico es el pesimista con una disminución de hasta 48% y 8% en el escenario optimista.

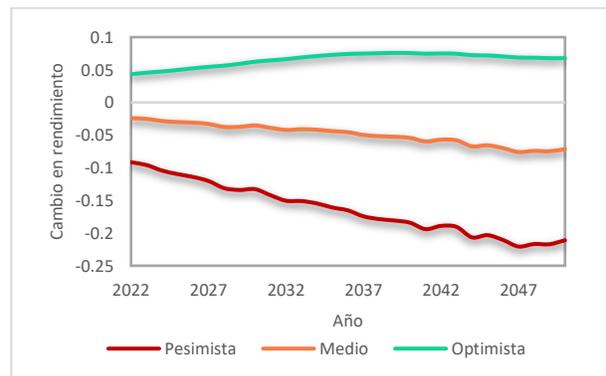
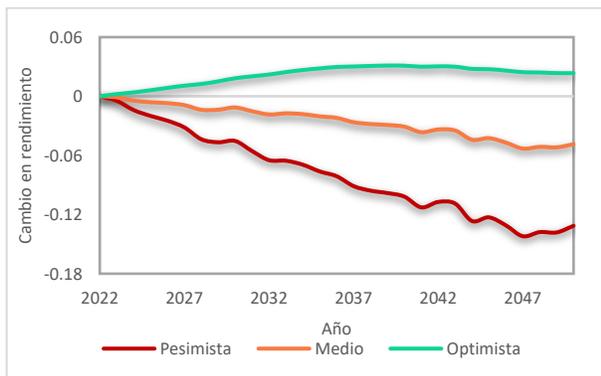
Cacahuates



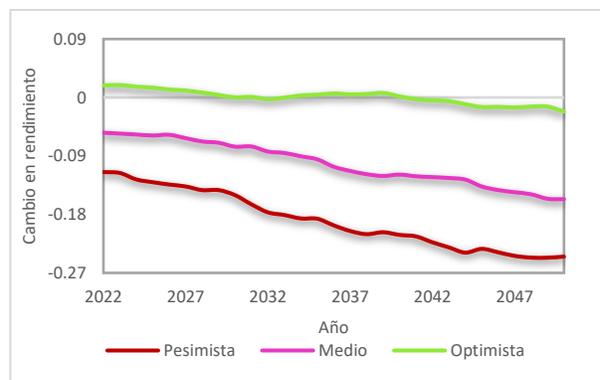
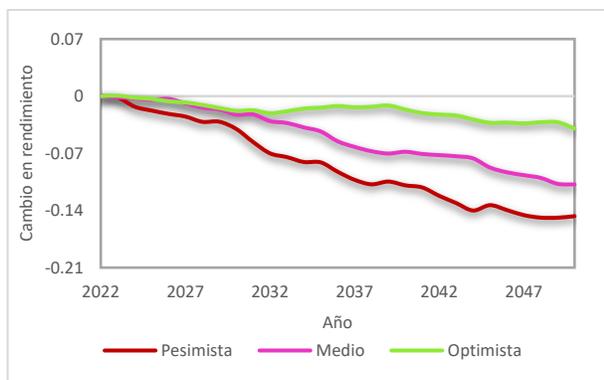
Pasto



Sorgo



Girasol



Trigo

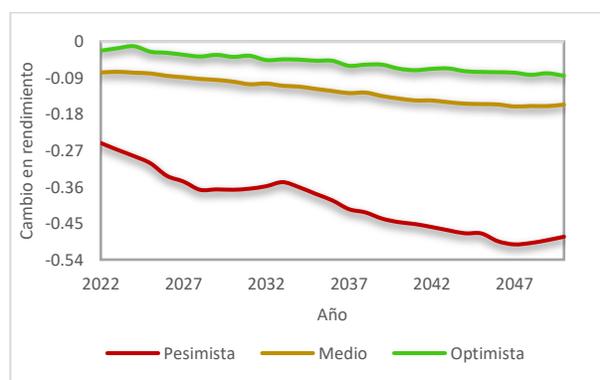
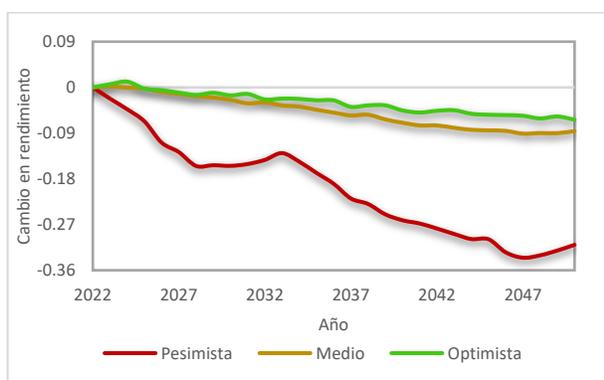


Figura 86. Proyección del cambio en el rendimiento de cultivos de riego (cacahuete, pasto, sorgo, girasol y trigo) en el estado de Chihuahua para el periodo de tiempo 2022-2050 relativo al año base (1995) y relativo al año de inicio de la proyección (2022)

3. Reflexión final

La cadena que predomina en la región es de tipo productiva, donde los actores se orientan a la producción de ganado en pie o en canal. El cambio climático impactará prácticamente en todos los eslabones, pero resalta la provisión de insumos y alimentos (incluida agua), la engorda, así como la transformación y comercialización. La productividad agrícola, de pastizales o matorrales como medio de producción de alimentos para el ganado ya esta siendo afectada por los cambios en los patrones de lluvia. El riesgo es la pérdida de cabezas de ganado y el aumento en los precios que impactará al consumidor final. Por ello, se requiere empezar a trabajar en el diseño e implementación de acciones que conlleven a adaptar la ganadería a los impactos por cambio climático.

4. Referencias

- Adaptation Framework Tools. (23 de abril 2022). <https://www.ifad.org/es/web/knowledge/-/publication/adaptation-framework-tool>
- Alonso B. J. 2021a. Caracterización y análisis de la cadena de valor y de los mercados de la ganadería regenerativa de bovinos en Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, México CONTEXTO NACIONAL Y ESTADOS. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. (FMCN). Ciudad de México. 262p.
- Alonso B. J. 2021b. Caracterización y análisis de la cadena de valor y de los mercados de la ganadería regenerativa de bovinos en Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, México. Diagnóstico Chihuahua. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. (FMCN). Ciudad de México. 99p.
- André, K., Simonsson, L., Swartling, Å. G., y Linnér, B. (2012). Method Development for Identifying and Analysing Stakeholders in Climate Change Adaptation Processes. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 14(3), 243–261. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2012.702562>
- Antillón-Ruíz, J., Barceló-Fimbres, M., Anchondo-Garay, A., y Rodríguez-Almeida, F. A. (2012). Incidencia de estrés calórico y su impacto en la fertilidad en un establo lechero. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2), 94–100.
- Apan-Salcedo G.W. (2019). Diagnóstico Ambiental y Socioeconómico para la Implementación de Procesos de Ganadería Regenerativa en Chiapas. Informe. FONCET (Fondo de Conservación el Triunfo A.C, FMCN, AFD octubre 2019. Inédito.
- Arce-Romero, A., Monterroso-Rivas, A. I., Gómez-Díaz, J. D., Palacios-Mendoza, M. Á., Navarro-Salas, E. N., López-Blanco, J., y Conde-Álvarez, A. C. (2020). Crop yield simulations in Mexican agriculture for climate change adaptation. *Atmosfera*, 33(3), 215–231. <https://doi.org/10.20937/ATM.52430>
- Briz, E.J.; De Felipe, B.I. y Briz, F.T. (2010). La cadena de valor alimentaria: un enfoque metodológico. Disponible en: http://oa.upm.es/8789/1/INVE_MEM_2010_86906.pdf
- Calderón, M. F. L., & Zavaleta, M. E. O. (2018). Manejo de becerros de engorda en semi estabulación en el trópico. *Facultad de Medicina Veterinaria Y Zootecnia. 26º Día del ganadero 2018*. Inédito.
- Cervantes Rendón, E. (2019). Los desafíos y acciones estatales ante un escenario de calentamiento global de 1.5 °C. Caso de estudio: Chihuahua. En J. C. Rueda Abad (Ed.), *¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C? Voces y Visiones sobre el Reporte Especial del IPCC* (pp. 409–424).
- Climate Analytics. (23 de marzo, 2022). <https://www.climateanalytics.org>
- Comisión de Desarrollo Rural y Ganadería. (2021). Dictamen 2021.
- Demenus, W., Crespo Coello, P., Castellón Rodríguez, N., Apaza Ticona, A., Miranda Araúz, A., Gutiérrez, I., Angulo, J. (2011). Cadenas Productivas y Desarrollo Económico Rural En Latinoamérica. Recuperado en: <http://www.sidalc.net/repdoc/A4652e/A4652e.pdf>
- EWS NET. (23 de marzo, 2022). <https://www.fews.net>
- FINRES. (23 de marzo, 2022). <https://www.finres.org>
- Geofolio. (23 de marzo, 2022). <https://www.geofolio.com>
- Gómez Díaz, J. D., Flores Velázquez, R., y Monterroso Rivas, A. I. (2020). Aptitud actual bajo escenarios de cambio climático para tres cultivos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 777–788.
- González Villela, R., Montero Martínez, M. J., y Santana Sepúlveda, J. S. (2018). Effects of climate change on the environmental flows in the Conchos River (Chihuahua, Mexico). *Ecology & Hydrobiology*, 18(4), 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.10.004>

- González-Padilla, E., y J.L. Dávalos 2015. Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. REDGATRO. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). México, 272 pp.
- IPCC. (2014a). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, y L. L. White (eds.)).
- IPCC. (2014b). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, y L. L. White (eds.)).
- Jacxsens, L., Luning, P. A., Vorst, J. G. A. J. Van Der, Devlieghere, F., Leemans, R., y Uyttendaele, M. (2010). Simulation modelling and risk assessment as tools to identify the impact of climate change on microbiological food safety – The case study of fresh produce supply chain. *Food Research International*, 43(7), 1925–1935. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.009>
- Lara-Pulido, J., Guevara, A., y Torres, J. (2020). Análisis económico para la transición a sistemas de producción ganadera regenerativa de bovinos en Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, México. Informe Final Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México.
- Mills, J. N., Gage, K. L., y Khan, A. S. (2010). Review Potential Influence of Climate Change on Vector-Borne and Zoonotic Diseases: A Review and Proposed Research Plan. *Environmental Health Perspectives*, 118(11), 1507–1514. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901389>
- Orantes, Z. M. Á., Arroniz, J. V., Jiménez, E. O., & Ávalos, V. C. (2010). Comportamiento de los comercializadores de ganado bovino en la región Centro del estado de Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas*, 1(9): 51-56.
- Rio, S. del, Isaza, C., Jara, N., Mejía, H., y Ospina, J. (2014). Estudio de la carga térmica en refrigeradores domésticos para climas tropicales. VII Congreso Ibérico de Ciencias y Técnicas del Frío, 8.
- Rocque, S. D. La, Rioux, J. A., y Slingenbergh, J. (2008). Climate change: effects on animal disease systems and Differential impacts are expected. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 27(2), 339–354.
- Rubio, M. de la S., Braña, D., Méndez D., & Delgado, E. (2013). Sistemas de producción y calidad de carne bovina. D.F., México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Disponible: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/18.%20Sistemas%20de%20Producci%C3%B3n%20y%20Calidad%20de%20Carne%20Bovina.pdf>
- SIAP (2019). Inventario de ganado bovino en México. Disponible: <https://www.gob.mx/siap/documentos/población-ganadera-136762>
- SIAP (2020a). Exportación de ganado bovino en pie a los Estados Unidos de América. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/634161/Serie_Historica_de_Bovinos_Enero_a_Marzo_2021.pdf
- SIAP (2020b). Panorama de la lechería en México. Mayo, 2020 Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20Cuarto%20Trimestre%202019.pdf>.
- Tarragona, R. (2021). Buscan absorber alza de hasta 15% en cárnicos. Reforma.
- Theokritoff, E. & D'haen, S. A. L. (2021). How is science making its way into national climate change adaptation policy? Insights from Burkina Faso. *Climate and Development*. DOI: 10.1080/17565529.2021.2018985
- UGRCH. (2020). Expresan Ganaderos de Chihuahua preocupación por intensa sequía. Chihuahua Ganadero. <https://ugrch.org/site/expresan-ganaderos-de-chihuahua-preocupacion-por-intensa-sequia/>

- Vazquez-Galvez, F. (2019). Programa estatal de cambio climático Chihuahua 2019. <http://cathi.uacj.mx/handle/20.500.11961/10896;jsessionid=365858FE6757AB49BF7E582F942D9DA>
- Villazón Bustillos, D., Rubio Arias, H., Ochoa Rivero, J. M., y De la Mora, C. (2017). Pronóstico productivo de la avena forrajera de temporal por efecto del cambio climático en el noroeste de Chihuahua, México. *Nova Scientia*, 9(2), 551-567.
- Zhang X. and F. Yang, 2004: RCLimdex (1.0). Manual del Usuario. Traducción de Santos J. L., 22 pp. Disponible en línea en <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>
- Zorrilla J.M., Palma J.M. (2010). La cadena alimentaria “carne de bovino” en México: factores a considerar en la integración de los eslabones criador y finalizador. *avances de investigación. revista de investigación difusión científica agropecuaria universidad de colima*. 14 (2), 3-28. Disponible en: http://bvirtual.ucol.mx/descargables/570_la_cadena_alimentaria_carne_de_bovino.pdf

PRODUCTO FINAL 7. ESTRATEGIAS DE RESILIENCIA, ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO PARA LA GANADERÍA BOVINA.

CONTENIDO

- I ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO
- II ADAPTACIÓN EN LA GANADERÍA DE CHIHUAHUA
 - II.1 REVISIÓN DE ACCIONES DE ADAPTACIÓN
 - II.2 PROPUESTAS DE ADAPTACIÓN
- III REFLEXIÓN FINAL Y RECOMENDACIONES
- IV REFERENCIAS

I ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Siguiendo al IPCC (2022) y para sistemas humanos, adaptación se refiere al proceso de ajuste al clima actual o esperado, así como sus efectos para moderar el daño u obtener oportunidades benéficas. Para los sistemas naturales se refiere al proceso de ajustar al clima actual y sus efectos, así como las intervenciones humanas que pueden facilitar ajustarse al clima esperado y sus efectos. Así, adaptación se entiende como un proceso de cambio, de ajuste o de transformación (Kashyap, 2004).

Por su parte, las opciones de adaptación se refieren al arreglo de estrategias y medidas disponibles y que son apropiadas para atender la adaptación. Se incluye un amplio rango de acciones que pueden categorizarse como estructurales, institucionales, ecológicas o de comportamiento (IPCC, 2022).

En México y de acuerdo con INECC (2015) es posible identificar los siguientes enfoques en el proceso de adaptación al cambio climático:

Adaptación basada en ecosistemas (AbE). Se refiere al uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. Recientemente se le reconoce también como Adaptación basada en la naturaleza (AbN).

Adaptación basada en comunidades humanas (AbC). Su objetivo primario es mejorar la capacidad de comunidades locales para adaptarse al cambio climático. Requiere un acercamiento integral que combina conocimiento tradicional con estrategias innovadoras, que no solamente buscan reducir vulnerabilidades actuales, sino aumentar la capacidad adaptativa de personas para enfrentarse con retos nuevos y dinámicos. También busca proteger y sostener los ecosistemas de los cuales las personas dependen.

Reducción de riesgo de desastres (AbRRD). Denota el objetivo de política y las medidas estratégicas e instrumentos empleados para anticipar el riesgo de desastres; reducir la exposición, el peligro o la vulnerabilidad existente, así como la mejora de la capacidad de recuperación.

I.1 PROCESO DE ADAPTACIÓN

El proceso de adaptación tiene como antecedente la evaluación de la vulnerabilidad. IPCC (2014) la señala como “la medida en la que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos”. De tal manera que su evaluación “está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación”. Es decir, la vulnerabilidad esta en función de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

La exposición se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis, puede estar representada por cambios en las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática, donde se incluye la magnitud y frecuencia de eventos extremos.

La sensibilidad es el grado en el que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio, interno, externo o un grupo de ellos. Esta medida determina el grado en el que un sistema se puede ver afectado por un estrés, son las condiciones humanas y ambientales que pueden empeorar o disminuir los impactos por un determinado fenómeno.

Capacidad adaptativa se refiere a la capacidad de un sistema de enfrentar los efectos del cambio climático, al potencial de implementar medidas que ayuden a disminuir los posibles impactos identificados. La capacidad adaptativa de una sociedad refleja su capacidad de modificar sus características o comportamientos para enfrentar de una mejor manera o anticiparse a los factores que impulsan el cambio.

De acuerdo con INECC (2015) en el proceso de adaptación se requiere identificación de la problemática climática y territorial (Figura 1), para lo que se puede recurrir a dinámicas de participación pública con expertos y actores clave. Se debe identificar la proyección de cambio climático (observada y proyectada) y si ésta significa reto en la zona de estudio, es decir, estudiar la exposición climática. Es importante ubicar las causas (climáticas y no climáticas) e impactos de manera espacial.

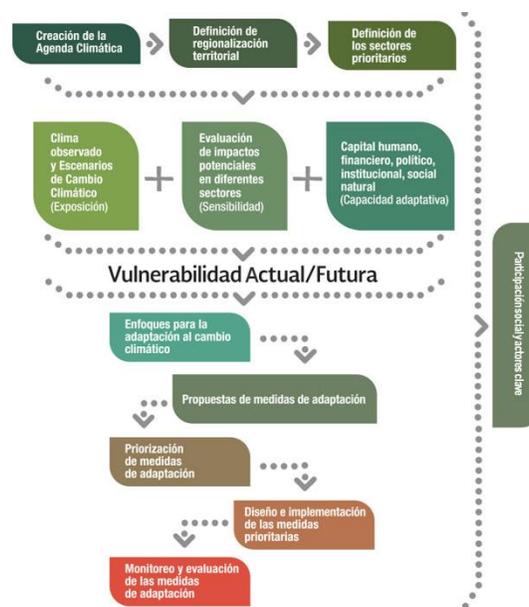


Figura X. Proceso de evaluación de vulnerabilidad y diseño de propuestas de adaptación (Tomado de INECC, 2018).

En todos casos, adaptación al cambio climático debe partir por comunicar a cuáles impactos son los que se pretende atender o adaptar. Debe generar conciencia entre los involucrados y la población en cercanía. También, debe detonar las capacidades a nivel institucional, así como en los sistemas sociales, naturales y económicos.

II Adaptación en la ganadería de Chihuahua

Para identificar acciones de adaptación en la actividad ganadera se siguieron dos líneas de acción. La primera, fue consultar referencias bibliográficas y de estudios previos que analizan y proponen listados de acciones. La segunda, con base en la cadena productiva y el análisis climático. Por la naturaleza de la consultoría no se realizó un estudio de vulnerabilidad (que incluye exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) y tampoco fue posible organizar talleres participativos con los involucrados. En su lugar, se aplicó una encuesta rápida a actores clave de la actividad ganadera en el estado y cuencas estudiadas.

II.1 REVISIÓN DE ACCIONES DE ADAPTACIÓN

Se realizó un listado de las diferentes acciones que reporta la herramienta Adaptation Framework (<https://www.ifad.org/es/web/knowledge/-/publication/adaptation-framework-tool>) que es un repositorio de acciones de adaptación para la agricultura, incluida la ganadería y silvicultura a pequeña escala. Además de que proporciona un enfoque para incorporar prácticas de adaptación en el diseño de proyectos. Esta herramienta también proporciona un sistema de análisis de criterios múltiples para evaluar el costo-beneficio, la relevancia del riesgo climático, las capacidades de los agricultores, así como los cobeneficios de mitigación de cada acción de adaptación propuesta.

También se revisaron las herramientas desarrolladas por www.geofolio.com, www.fews.net, www.climateanalytics.org y www.finres.org para identificar acciones de adaptación que sean útiles para su posterior análisis, presentación de resultados y medidas propuestas en la cuenca Casas Grandes y las diferentes subcuencas (Casas grandes, Santa María, R. del Carmen y El Carrizo y Otros).

II.1.1 ADAPTATION FRAMEWORK TOOLS

En el siguiente cuadro se muestra el listado de las acciones de adaptación que generó la herramienta Adaptation Framework para el sector ganadero a nivel mundial, las cuales podrían usarse en la región de estudio.

Cuadro 1. Acciones de adaptación en el sector ganadero propuestas en *Adaptation Framework Tools*.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Construir mampostería para evitar inundaciones costeras y fluviales cerca de áreas ganaderas vulnerables.2. Construir represas para hacer frente a la sequía |
|--|

3. Mejorar los sistemas de riego existentes para reducir la pérdida de agua.
4. Usar forraje resistente a eventos meteorológicos extremos.
5. Mejorar la infraestructura de captación de agua existente.
6. Introducir razas de ganado tolerantes a la sequía.
7. Construir almacenes de forraje más grandes.
8. Construir nueva infraestructura de almacenamiento de agua.
9. Desarrollar nuevos sistemas de abrevadero para el ganado en áreas donde el suministro de agua es abundante.
10. Diversificar los medios de subsistencia/crear fuentes de ingresos a partir de actividades distintas de la ganadería.
11. Aumentar el alcance de las fuentes de agua (y las instalaciones de recolección/almacenamiento).
12. Diversificar fuentes y tipos de materias primas.
13. Desarrollar productos apropiados para el ganado y las áreas agrícolas.
14. Modificar las técnicas agrícolas para reducir los impactos en ecosistemas vulnerables, como bosques o humedales.
15. Dar mantenimiento frecuente a la infraestructura de las presas.
16. Dar asistencia veterinaria de calidad al ganado.
17. Mejorar las técnicas en la recolección de agua de lluvia para mantener la productividad de los pastos.
18. Aumentar la ganadería de rotación.
19. Reducir la intensidad del pastoreo con el objeto de reducir la erosión del suelo.
20. Trasladar al ganado a terrenos más altos en la estación seca.
21. Reprogramar los patrones de pastoreo.
22. Mejorar la eficiencia del riego.
23. Investigar los riesgos asociados con las enfermedades transmitidas por vectores al ganado.
24. Investigar nuevas razas de ganado y oportunidades/riesgos de introducción en la zona de interés.
25. Cambiar el enfoque del manejo de las tierras agrícolas para trabajar con las inundaciones, en lugar de luchar contra ellas (particularmente en las llanuras aluviales donde los sedimentos de las inundaciones aumentan la productividad de los pastos).
26. Aumentar el número y la disponibilidad de veterinarios zootecnistas.
27. Hacer planes de contingencia para hacer frente a la pérdida de rebaños debido a sequías o inundaciones.
28. Considerar el efecto del cambio climático en la salud y el bienestar de los trabajadores agrícolas.
29. Implementar técnicas Agroforestales
30. Proporcionar información a las instituciones y realizar actividades de sensibilización.
31. Proporcionar a las instituciones gubernamentales el equipo y/o el presupuesto para prestar servicios adicionales
32. Capacitar al personal para desarrollar la comprensión del cambio climático y mejorar el desempeño operativo en el manejo de los riesgos climáticos.
33. Mejorar las prácticas de control de plagas y enfermedades.
34. Planificar actividades de reemplazo de infraestructura de manera más frecuente.

35. Recopilar datos sobre el clima y las inundaciones para el área de interés e identificar las áreas que son vulnerables a los daños relacionados con el clima (sequía, inundación, erosión del suelo).
36. Garantizar una cantidad adecuada de personal agrícola y de las ONG, así como equipo necesario para las reparaciones de emergencia de infraestructura dañada.
37. Desarrollar sistemas de alerta temprana para mejorar la respuesta a los desastres climáticos
38. Diseñar estrategias apropiadas de protección social
39. Reevaluar la viabilidad económica del área ganadera en función de las proyecciones climáticas durante la vida útil del área ganadera.
40. Implementación de sombra dentro del área ganadera para regular la temperatura.
41. Revisar la política del sector para incorporar medidas de adaptación y reducción del riesgo climático.
42. Mejorar la contribución de los mercados y el comercio a la estabilidad de la seguridad alimentaria, por ejemplo, limitando las restricciones comerciales

II.1.2 HERRAMIENTA GEOFOLIO

La herramienta Geofolio disponible en la página www.geofolio.com es muy útil para conocer datos ambientales (cobertura terrestre, topografía, clima, suelo, hidrología y recursos hídricos, y agricultura) de un área de interés de cualquier parte del mundo que no sobrepase los 10,000 km². No se encontró información sobre adaptación al cambio climático en la región de estudio en esta página.

II.1.3 HERRAMIENTA EWS NET

La herramienta EWS NET, (Red de Sistemas de Alerta Temprana de Hambruna) disponible en www.fews.net es una herramienta líder sobre alerta temprana y análisis de la inseguridad alimentaria aguda en todo el mundo. Proporciona análisis imparciales basados en evidencia a los gobiernos y agencias de ayuda que planifican y responden a las crisis humanitarias. Los análisis de FEWS NET también respaldan la resiliencia y la programación del desarrollo. FEWS NET rastrea e informa públicamente sobre las condiciones en los países con mayor inseguridad alimentaria. Esta herramienta proporciona escasa información sobre acciones de adaptación implementadas en el sector ganadero. Lo más relevante que se encontró sobre adaptación fue lo siguiente:

“La mejora de las condiciones del ganado gracias a la recolección de agua de lluvia ayudan a la producción de leche que conduce a mejores ingresos y nutrición para los pastores que enfrentan niveles de inseguridad alimentaria en Malí (África occidental)”.

II.1.4 CLIMATE ANALYTICS

Climate Analytics es una página de internet disponible en www.climateanalytics.org que está conformada por un grupo multidisciplinario de científicos expertos en ciencia climática e impactos, finanzas climáticas, adaptación, negociación climática y políticas de mitigación que ayudan a los tomadores de decisiones a generar políticas de cambio climático a nivel mundial y nacional. En la página de Climate Analytics se encuentran disponibles una serie de publicaciones de los últimos años, relacionadas con los trabajos que han realizado en los aspectos antes mencionados.

El equipo de Climate Analytics sugiere que las posibles acciones de adaptación que se pueden implementar para responder a los riesgos climáticos deben ser exploradas en función del impacto climático específico y/o en el sector de adaptación de interés, ya que la adaptación ocurre principalmente a escala local, pues la adaptación, la resiliencia y la vulnerabilidad pueden verse muy diferentes según el contexto local. Un contexto global de las acciones de adaptación puede conducir a una visión distorsionada y simplificada del progreso de la adaptación y potencialmente canalizar el financiamiento de la adaptación sólo a problemas que son fácilmente cuantificables.

En un estudio en donde se analizaron las diferentes políticas de adaptación a nivel nacional, encontraron que, en general, las políticas nacionales de adaptación solo se basan en una medida limitada en información científica, debido a la disponibilidad insuficiente de información, la capacidad humana, técnica limitada y la falta de financiación (Theokritoff et al., 2021).

II.1.5 FINRES

El Grupo de Investigación FINRES (Finanzas Sostenibles y Responsabilidad Social) trabaja sobre ideas, estrategias y herramientas para gestionar aspectos sociales, medioambientales y de gobernanza desde los negocios, considerando el desarrollo sostenible. Sus investigaciones se centran en el papel relevante que las finanzas juegan a la hora de influir en un comportamiento más responsable de las empresas y en el desarrollo de proyectos y negocios con mayor impacto social y ambiental. En esta página no se encontraron investigaciones relacionadas con la adaptación en el sector ganadero.

II.2 PROPUESTAS DE ADAPTACIÓN

Para integrar las propuestas y estrategias de acciones de adaptación en la actividad ganadera de Chihuahua se consideraron los **siguientes criterios**: que estén alineadas a un impacto previsto, que las acciones sean factibles de realizarse, que consideren un enfoque de adaptación nacional, que sean reversibles, que se puedan evaluar, que indiquen su factibilidad técnica, que muestren cobeneficios y sinergias con mitigación de cambio climático.

En primer orden se presenta el impacto de cambio climático identificado sobre las cadenas de producción de carne y leche en la ganadería de Chihuahua. Ante el impacto previsto se describe cual debería ser la estrategia por seguirse. Aquí, una **estrategia** es entendida como un conjunto de acciones con una orientación común, que trabajan en combinación para reducir los impactos, capitalizar las oportunidades o restaurar los sistemas naturales (Conservation Standard, 2020). Después se enumeran algunas acciones de adaptación desde el enfoque de los sistemas sociales, naturales o económicos así como de fomento de capacidades institucionales. En resumen, se presentan 13 estrategias y 70 acciones de adaptación al cambio climático.

Primer eslabón de provisión de los insumos. Los actores de este eslabón son personas físicas y/o empresas formalmente constituidas, como farmacias veterinarias, empresas avícolas (venta de pollinaza), distribuidoras de alimentos y forrajes, productores de maíz, ranchos de ganado de registro (sementales), servicios veterinarios, tiendas de agroquímicos, etc. El cambio climático afectará cuatro elementos del primer eslabón: empresas avícolas, proveedores de alimentos, asistencia técnica y servicios veterinarios.

Impacto	Disminución de oferta en alimento para empresas avícolas
Estrategia	Disminuir el riesgo de baja oferta de alimentos para empresas avícolas en la región
Acciones	Analizar la adaptabilidad actual y futura de cultivos Aumentar los contenidos de materia orgánica en los suelos Fomentar la captación, almacenamiento y uso de agua de lluvia Mejora o instalación de servicios de información climáticos Fomento de capacidades conjuntas con productores, industria de transformación de productos y distribuidores de alimentos para la toma de decisiones
Descripción	Consiste en acciones de evaluación de tierras, cuidado del suelo y captación de agua de lluvia para anticiparse y disminuir el riesgo, siempre acompañados del fomento de capacidades institucionales para la toma de decisiones.

Enfoque	AbRRD
Reversibilidad	Si
Evaluación	Documento y acuerdo de Planeación del uso de la tierra Monitoreo y seguimiento del Carbono Orgánico en suelos Total de sistemas de captación de agua de lluvia en operación Servicios climáticos en operación
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Medio a alto
Cobeneficios	Aumento de biomasa aérea y en suelos Captura de gases invernadero Mejorar en cantidad y calidad de servicios ecosistémicos Empleo regional
Sinergia con mitigación	Si

Impacto	Disminución de producción de alimento para el ganado
Estrategia	Mantener y mejorar la producción de alimento disponible para el ganado en las cuencas
Acciones	Realizar estudios de requerimientos de pastizales y cultivos Analizar la adaptabilidad actual y futura de pastizales y cultivos Fomento del concepto y elementos de agricultura climáticamente inteligente Integrar en actividad de pastoreo el apego a coeficiente de agostadero Aumentar los contenidos de materia orgánica en los suelos Fomentar la captación, almacenamiento y uso de agua de lluvia
Descripción	Consiste en acciones de evaluación de tierras que buscan compatibilizar el potencial ganadero con el uso actual, a la vez que cuidan el suelo y fomentan la captación de agua de lluvia.
Enfoque	AbN
Reversibilidad	Si
Evaluación	Documento y acuerdo de Planeación del uso de la tierra Cartografía actualizada del coeficiente de agostadero Monitoreo y seguimiento del Carbono Orgánico en suelos Total de sistemas de captación de agua de lluvia en operación
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Bajo a medio
Cobeneficios	Aumento de biomasa aérea y en suelos Captura de gases invernadero Mejorar en cantidad y calidad de servicios ecosistémicos Empleo regional
Sinergia con mitigación	Si

Impacto	Mayor asistencia técnica requerida
----------------	---

Estrategia	Anticiparse a necesidad de asistencia para producir alimentos y mantener o adaptar ganado al aumento de temperatura (calor) y tolerancia a altas temperaturas.
Acciones	Planeación de introducción de forrajes resistentes a sequía Invertir en investigación sobre viabilidad para introducir razas de ganado tolerantes a la sequía Desarrollar nuevos sistemas de abrevadero para el ganado en áreas con ausencia, pero con suministro actual Implementar técnicas agroforestales apropiadas localmente Implementación de sistemas de sombra naturales para regular la temperatura. Fomento de capacidades conjuntas de información temprana entre usuarios e instituciones para actividades de sensibilización.
Descripción	Son acciones que buscan fomentar las capacidades técnicas en asistencia y adaptación del ganado a condiciones más extremas de temperatura.
Enfoque	AbRRD
Reversibilidad	Si
Evaluación	Número de estudios de viabilidad de introducción de forrajes resistentes a sequía Número de estudios de viabilidad para introducir razas de ganado tolerantes a la sequía Número de nuevos sistemas de abrevadero para el ganado en áreas con ausencia, pero con suministro actual Total de técnicas agroforestales implementadas Sistemas de información y alerta temprana en acción
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Medio a alto
Cobeneficios	Mejorar en cantidad y calidad de servicios ecosistémicos Empleo regional
Sinergia con mitigación	Si

Impacto	Servicios veterinarios más frecuentes
Estrategia	Anticiparse a las necesidades de servicios veterinarios sobre hospedantes y patógenos en el ganado.
Acciones	Invertir en investigación de riesgos asociados a enfermedades transmitidas por vectores al ganado Capacitación de personal en mejorar el desempeño operativo en el manejo de los riesgos climáticos Mejorar las prácticas de control de plagas y enfermedades Sistema de recopilación de datos sobre clima y ganadería Aumentar el número y la disponibilidad de médicos veterinarios zootecnistas Garantizar asistencia veterinaria de calidad al ganado
Descripción	Acciones que en conjunto buscan anticiparse al comportamiento de patógenos que pueden volverse mas frecuentes de propagación.

Enfoque	AbRRD
Reversibilidad	Si
Evaluación	Número de investigaciones sobre riesgos asociados a enfermedades transmitidas por vectores al ganado Total de capacitaciones de personal Sistemas de recopilación de datos sobre clima y ganadería Número y disponibilidad de médicos veterinarios zootecnistas
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Alto
Cobeneficios	Empleo Conocimiento y transferencia de tecnología Liderazgo regional y nacional
Sinergia con mitigación	Si

Segundo eslabón de productores ganaderos. Pueden ser pequeños, medianos o grandes, que producen y venden ganado bovino en pie. El cambio climático afectará en la disponibilidad de alimentos para el ganado, particularmente el que depende del pastoreo. así como en disponibilidad de agua para beber por el ganado.

Impacto	Pastoreo
Estrategia	Garantizar las extensiones de pastizal natural, praderas o agostaderos de acuerdo con las condiciones ecológicas naturales y en apego a los coeficientes de agostadero.
Acciones	Reducir la intensidad del pastoreo en áreas de pasto escaso o áreas degradadas Realizar estudios de requerimientos de pastizales y cultivos Analizar la adaptabilidad actual y futura de pastizales y cultivos Integrar en actividad de pastoreo el apego a coeficiente de agostadero Sistemas de alerta temprana para mejorar la respuesta a sequía Revisión de política del sector para incorporar la atención oportuna a la sequía
Descripción	Anticiparse a efectos de sequía así como estricto apego a las condiciones naturales que definen las tasas de agostadero en las regiones ecológicas de interés.
Enfoque	AbN
Reversibilidad	Si
Evaluación	Coefficientes de agostadero actualizados y respetados Estudios de requerimientos ambientales de pastizales y cultivos forrajeros Sistema de alerta temprana
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Alto
Cobeneficios	Servicios ecosistémicos mejorados Fomento de infiltración de agua
Sinergia con mitigación	Si

Impacto	Disponibilidad hídrica
Estrategia	Aplicar el enfoque de cuenca para fomentar la gestión adecuada del agua, que incluya sistemas de captación de agua de lluvia, sitios de intercepción y almacenaje temporal.
Acciones	Construcción de represas de gaviones o nuevas infraestructuras de almacenamiento temporal de agua Desarrollar nuevos sistemas de abrevadero para el ganado en áreas con ausencia, pero con suministro actual Implementar técnicas agroforestales apropiadas localmente Implementación de sistemas de sombra naturales Fomento de sistemas de captación de agua de lluvia
Descripción	Administrar el agua de lluvia para buscar disminuir los efectos de sequía y aumentar la disponibilidad
Enfoque	AbN
Reversibilidad	Si
Evaluación	Número de represas o infraestructura Sistemas de abrevadero con suministro Técnicas agroforestales implementadas Sistemas de captación de agua de lluvia
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Alto
Cobeneficios	Servicios ecosistémicos aumentados Aumento de biomasa Empleos
Sinergia con mitigación	Si

Tercer eslabón de acopio. Participan los intermediarios o introductores, denominados por un lado acopiadores mayoristas y por otro acopiadores minoristas o pepenadores. La función de estos actores es la de comprar ganado en pie, especialmente a los pequeños y medianos ganaderos y después comercializarlos con clientes de otro eslabón. Cambio climático afectará el tercer eslabón de la misma forma que al segundo, en la disponibilidad de alimentos para que los acopiadores alimenten el ganado, particularmente el que depende del pastoreo. Además, sobre la disponibilidad de agua para beber por el ganado.

Impacto	Disponibilidad hídrica para ganado
Estrategia	Desarrollo de sistemas de provisión de agua para el ganado en tanto se comercializa
Acciones	Desarrollar sistemas de abrevadero para el ganado mientras se comercializa Implementación de sistemas de sombra naturales

	Fomento de sistemas de captación de agua de lluvia que provean agua al ganado mientras se comercializa
Descripción	Administrar el agua de lluvia para contar con mas y mejores sistemas de provisión de agua para el ganado
Enfoque	AbN
Reversibilidad	Si
Evaluación	Sistemas de abrevadero con suministro Sistemas de captación de agua de lluvia
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Medio a alto
Cobeneficios	Servicios ecosistémicos aumentados Aumento de biomasa Empleos
Sinergia con mitigación	No

Cuarto eslabón. Sobre la etapa de engorda del ganado y se pueden encontrar a tres actores: desarrollador, engordador y finalizador. Todos realizan la función de llevar al ganado a los pesos deseados según el cliente al que van a vender. El cambio climático afectará el cuarto eslabón en la disponibilidad de alimentos y agua para el ganado.

Impacto	Disminución en disponibilidad de alimento
Estrategia	Disminuir el riesgo de baja oferta de alimentos para empresas avícolas en la región
Acciones	Invertir en análisis de adaptabilidad actual y futura de cultivos Mejorar la salud de la tierra, aumentando los contenidos de materia orgánica en los suelos Fomentar la captación, almacenamiento y uso de agua de lluvia Mejora o instalación de servicios de información climáticos Fomento de capacidades conjuntas con productores, industria de transformación de productos y distribuidores de alimentos para la toma de decisiones
Descripción	Consiste en acciones de evaluación de tierras, cuidado del suelo y captación de agua de lluvia para anticiparse y disminuir el riesgo, siempre acompañados del fomento de capacidades institucionales para la toma de decisiones.
Enfoque	AbRRD
Reversibilidad	Si
Evaluación	Investigaciones sobre adaptabilidad de cultivos Monitoreo y seguimiento del carbono orgánico en suelos Total de sistemas de captación de agua de lluvia en operación Servicios climáticos en operación
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Medio a alto

Cobeneficios	Aumento de biomasa aérea y en suelos Captura de gases invernadero Mejorar en cantidad y calidad de servicios ecosistémicos Empleo regional
Sinergia con mitigación	Si

Impacto	Disponibilidad hídrica para ganado
Estrategia	Desarrollo de sistemas de provisión de agua para el ganado en tanto se comercializa
Acciones	Desarrollar sistemas de abrevadero para el ganado mientras se comercializa Implementación de sistemas de sombra naturales Fomento de sistemas de captación de agua de lluvia que provean agua al ganado mientras se comercializa
Descripción	Administrar el agua de lluvia para contar con más y mejores sistemas de provisión de agua para el ganado
Enfoque	AbN
Reversibilidad	Si
Evaluación	Sistemas de abrevadero con suministro Sistemas de captación de agua de lluvia
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Medio a alto
Cobeneficios	Servicios ecosistémicos aumentados Aumento de biomasa Empleos
Sinergia con mitigación	No

Quinto eslabón de procesamiento y transformación. Se refiere al procesamiento o transformación e incluye a los actores que cuentan con las instalaciones o plantas de sacrificio (rastros o plantas de faena) y frigoríficos especializados para procesar los animales y la carne. El cambio climático afectará el quinto eslabón en la disponibilidad de agua para los procesos de transformación, así como en elevación de costos de refrigeración y conservación.

Impacto	Disponibilidad hídrica para procesos de transformación
Estrategia	Desarrollar sistemas de provisión de agua para los procesos de transformación de productos cárnicos y derivados.
Acciones	Fomento de sistemas de captación de agua de lluvia que provean agua para procesos e industria cárnica y derivados Fomento de sistemas de tratamiento de aguas residuales en la industria Impulso de sistemas de pago por la provisión de servicios ambientales hidrológicos en las cuencas, que fomenten la conservación cuenca arriba

	Implementación de sistemas de alerta temprana y servicios climáticos en acompañamiento con gobiernos locales Impulso de políticas ambientales que fomenten e incentiven capacitación en mejores aprovechamientos de agua
Descripción	Administrar el agua de lluvia para incluir mejores sistemas de provisión de agua para los procesos de transformación
Enfoque	AbN
Reversibilidad	Si
Evaluación	Sistemas de captación de agua de lluvia en industria instalados Sistemas de tratamiento de aguas residuales instalados Estudios que impulsen el pago por servicios ambientales hidrológicos Sistemas de alerta temprana y servicios climáticos
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Alto
Cobeneficios	Servicios ecosistémicos aumentados Aumento de biomasa Empleos
Sinergia con mitigación	No

Impacto	Requerimientos de refrigeración (industria)
Estrategia	Fomentar el uso y desarrollo de sistemas de aprovechamiento de energía solar y enfriamiento natural
Acciones	Fomentar el uso de sistemas de aprovechamiento de energía solar para enfriamiento de instalaciones Reemplazar sistemas de enfriamiento antiguos y poco eficientes Adecuación e instalación de sistemas de conservación en frío eficientes Implementación de sistemas de sombra naturales Considerar el efecto del cambio climático para el ajuste de rutas y horarios de transporte Impulso de políticas ambientales que fomenten e incentiven los sistemas de aprovechamiento de energías solares
Descripción	Acciones que buscan fomentar el uso y aprovechamiento de energía solar y enfriamiento natural para abatir costos ante mayores requerimientos de refrigeración durante y después de los procesos de aprovechamiento de carne y leche
Enfoque	AbN
Reversibilidad	Si
Evaluación	Sistemas de aprovechamiento de energía solar instalados Sistemas de enfriamiento reemplazados o instalados Planes de reajuste de rutas y horarios de transporte
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Alto
Cobeneficios	Servicios ecosistémicos aumentados Empleos

Sinergia con mitigación	No
-------------------------	----

Sexto eslabón de comercialización/distribución. Se refiere a la etapa que conecta al punto de transformación con los de consumo. La función de este eslabón es hacer llegar a los consumidores los productos ya transformados en presentaciones individuales a granel o envasadas, después del despiece de la canal. El cambio climático afectará el sexto eslabón en: exportadores, carniceros, comercializadores, centros de venta y transportación.

Impacto	Requerimientos de refrigeración (transporte y centros de venta)
Estrategia	Fomentar el uso y desarrollo de sistemas de aprovechamiento de energía solar y enfriamiento natural
Acciones	Fomentar el uso de sistemas de aprovechamiento de energía solar para enfriamiento de instalaciones Reemplazar sistemas de enfriamiento antiguos y poco eficientes Adecuación e instalación de sistemas de conservación en frío eficientes Implementación de sistemas de sombra naturales Considerar el efecto del cambio climático para el ajuste de rutas y horarios de transporte Impulso de políticas ambientales que fomenten e incentiven los sistemas de aprovechamiento de energías solares
Descripción	Acciones que buscan fomentar el uso y aprovechamiento de energía solar y enfriamiento natural para abatir costos ante mayores requerimientos de refrigeración durante y después de los procesos de aprovechamiento de carne y leche
Enfoque	AbN
Reversibilidad	Si
Evaluación	Sistemas de aprovechamiento de energía solar instalados Sistemas de enfriamiento reemplazados o instalados Planes de reajuste de rutas y horarios de transporte
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Alto
Cobeneficios	Servicios ecosistémicos aumentados Empleos
Sinergia con mitigación	No

Séptimo eslabón de consumidor final. El último eslabón, es el consumidor final. El consumidor como último eslabón de la cadena, es el actor fundamental que establece en cierta medida la dinámica comercial que tiene la cadena bovina carne a nivel nacional, estatal y regional. Al demandar cortes o piezas de carne, de acuerdo con sus necesidades y economía, permite a los demás eslabones alinearse y actuar en consecuencia, para

cubrir esos requerimientos. El cambio climático afectará el séptimo eslabón, o consumidor, en el probable incremento de precios de la carne. En este eslabón no se proponen acciones de adaptación por la naturaleza misma del consumidor.

Finalmente, se presenta un grupo de acciones de adaptación que buscan construir resiliencia en la ganadería de Chihuahua, fomentando fortaleza en la actividad para hacer mejor frente a los desafíos:

Impacto	Impactos del cambio climático en actividades ganaderas de Chihuahua
Estrategia	Construir resiliencia en ganadería
Acciones	<p>Transformar y modernizar al sector ganadero en todos los procesos y eslabones posibles</p> <p>Expandir y sociabilizar las iniciativas impulsadas al momento y todas las que se impulsen</p> <p>Sistemas de información, base de datos, colecta de información para el monitoreo y fomento de sistemas de información climática y alerta temprana</p> <p>Aplicar normas y regulaciones actuales</p> <p>Desarrollo de trabajo conjunto y asociaciones público-privadas para la ganadería</p> <p>Mejorar la confiabilidad de las instituciones públicas y privadas</p> <p>Resolución de conflictos de forma transparente y eficaz</p> <p>Capacitación a líderes locales en técnicas ambientales y climáticamente inteligentes</p>
Descripción	Acciones que buscan fomentar el uso y aprovechamiento de energía solar y enfriamiento natural para abatir costos ante mayores requerimientos de refrigeración durante y después de los procesos de aprovechamiento de carne y leche
Enfoque	AbN
Reversibilidad	Si
Evaluación	<p>Sistemas de aprovechamiento de energía solar instalados</p> <p>Sistemas de enfriamiento reemplazados o instalados</p> <p>Planes de reajuste de rutas y horarios de transporte</p>
Factibilidad técnica	Si
Presupuesto	Alto
Cobeneficios	<p>Servicios ecosistémicos aumentados</p> <p>Empleos</p>
Sinergia con mitigación	No

III Reflexión final y recomendaciones

La adaptación al cambio climático es un proceso de ajuste. Los escenarios de cambio climático muestran dónde se afecta y en consecuencia dónde debe ajustarse. Para clarificar lo anterior deberá impulsarse un estudio completo de vulnerabilidad al cambio climático en el sector ganadero, que incluya condiciones actuales y futuras. Ya es posible identificar los procesos de producción de carne y leche en sus eslabones. Pero también se requiere impulsar actividades participativas en todos los procesos de adaptación, debe contarse con la participación de la mayor cantidad de involucrados posibles, así como priorizarse las alternativas.

En el análisis de adaptación también deberá especializarse la adaptación. Es decir, identificar y focalizarse en los territorios, resaltando los mejores lugares para aplicar una u otra acción de adaptación. Apegarse a los criterios de adaptación nacionales que indican dar respuesta a la problemática identificada en los diagnósticos correspondientes. Por lo anterior, se sugiere cumplir con las características siguientes (INECC, 2018): Factibles; Presupuestadas; Sinérgicas; Cobeneficios; Alineadas; Evaluables; Equidad; Credibilidad; No arrepentimiento (No Regret); Reversibilidad.

La actividad ganadera debe modernizarse e impulsar el uso de tecnologías verdes y alternativas en todos los procesos. También, es recomendable realizar estudios enfocados a identificar los costos de la adaptación y clarificar los presupuestos con los que se dispone o se estaría en capacidad de otorgar.

Con el presente trabajo se cuenta con más información ambiental, climática y de cambio climático que puede ser utilizada en la toma de decisiones más informadas. La actividad ganadera es de tradición en Chihuahua por lo que los problemas y vulnerabilidades aquí enmarcados sugieren que el problema debe atenderse a brevedad y con urgencia.

IV REFERENCIAS

- Adaptation Framework Tools. (23 de marzo, 2022). <https://www.ifad.org/es/web/knowledge/-/publication/adaptation-framework-tool>.
- Climate Analytics. (23 de marzo, 2022). <https://www.climateanalytics.org>
- Conservation Standard. 2020. Open standards for the practice of conservation. Versión 4.0. Conservation Measures Partnership. 80p.
- EWS NET. (23 de marzo, 2022). <https://www.fews.net>

- FINRES. (23 de marzo, 2022). <https://www.finres.org>
- Geofolio. (23 de marzo, 2022). <https://www.geofolio.com>
- INECC 2015. Elementos mínimos para la elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Ciudad de México. 16p.
- INECC, 2018. Proceso de adaptación. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Ciudad de México. Disponible en <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/proceso-de-adaptacion>
- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Disponible en www.ipcc.ch
- IPCC, 2022. Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Kashyap, Arun (2004). "Water Governance: Learning by Developing Adaptive Capacity to Incorporate Climate Variability and Change". *Water Science and Technology*, 49(7), pp. 141-146. DOI: 10.2166/wst.2004.0439
- Theokritoff, E. & D'haen, S. A. L. (2021). How is science making its way into national climate change adaptation policy? Insights from Burkina Faso. *Climate and Development*. DOI: [10.1080/17565529.2021.2018985](https://doi.org/10.1080/17565529.2021.2018985)