

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**INSTITUTO DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**



**“Riesgos derivados de temperaturas extremas: el caso del valle de Mexicali, B.C., México”**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA**

**YESSICA BEATRÍZ DEBO MONTERO**

**DIRECTORA**

**DRA. JUDITH LEY GARCÍA**

**CODIRECTOR**

**DR. ONOFRE RAFAEL GARCÍA CUETO**

**Mexicali, B. C.**

**Enero 2013**

# ***GRACIAS!!!***

*A mis amados **padres** y mi adorada **pareja** por su tiempo, consejos, apoyo incondicional e infinito amor, quienes me brindan esa felicidad y alegría... que es lo único que importa al final del día.*

*A mi directora de tesis **Dra. Judith Ley García** por su **GRAN** paciencia, apoyo y dedicación a mi trabajo; también quiero agradecerle a ella y al Instituto de Investigaciones Sociales quienes me brindaron la motivación, el lugar, material y apoyo económico para ir a congresos así como para la integral elaboración de esta investigación y su manuscrito. Y claro esta... a **CONACYT** por becarne estos dos años.*

*A mis sinodales: **Dr. Margarito Quintero, Dr. Leonel Avendaño y Dra. Fabiola Denegri...** ha sido todo un placer haberlos tenido primero como críticos interesados en la mejora de esta investigación, por facilitarme y explicarme mucha información que parecía escrita en chino y después, por aceptar participar aún más de lo que ya habían hecho, al ser mis revisores.*

*A dos grandes mujeres que me apoyaron en los momentos más importantes durante mis estudios y mi titulación (**Mary Santos y Abigail Zamora**).*

*A **SAGARPA, OEIDRUS, CONAGUA, CICESE, IMSS, SSA, Michael Schorr, Carlos Zambrano** y muchos más quienes me brindaron su ayuda mediante la facilitación de información, mapas, datos e inolvidables pláticas aclaradoras de dudas de esta investigación.*

*A mi querida escuela y adorados catedráticos a quienes durante la maestría extrañe aprecie y respeté aún más de lo que lo hice durante la licenciatura por todo lo que me han enseñado aun después de haber egresado. Gracias **Facultad de Ciencias Marinas** por ayudarme, escucharme, aconsejarme y en muchas ocasiones a guiarme.*

## **RESUMEN:**

Las temperaturas extremas se convirtieron en caso de estudio en 1960 cuando una helada azotó el este de Siberia, fue entonces que los científicos comenzaron a darse cuenta que el clima del planeta estaba cambiando y con ello las temperaturas. En la actualidad las temperaturas se han vuelto más extremas convirtiéndose en un peligro en las zonas donde se presentan, si al peligro se agrega una sociedad con alta vulnerabilidad entonces el riesgo derivado de dichas temperaturas aumentará. Este trabajo presenta una metodología para estimar los riesgos derivados de las temperaturas extremas en la zona rural, analizando a detalle los asentamientos humanos y la actividad agropecuaria en el valle de Mexicali. La metodología utilizada para el desarrollo de la misma se dividió en tres fases: análisis del peligro, evaluación de la vulnerabilidad y estimación del riesgo. Una vez obtenido el nivel y grado de riesgo se ubicaron las zonas más afectadas para cada elemento analizado. Se encontró que el riesgo es heterogéneo en el valle y en los diferentes elementos analizados.

# ÍNDICE

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>                                                | <b>1</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                                             | <b>1</b>  |
| I.1 TEORÍAS Y CONCEPTOS RELACIONADOS AL RIESGO POR TEMPERATURAS<br>EXTREMAS.....     | 5         |
| I.1.1 El concepto de riesgo .....                                                    | 5         |
| I.1.2 Las temperaturas extremas como peligro .....                                   | 8         |
| I. 2 TIPOS DE VULNERABILIDAD ANTE TEMPERATURAS EXTREMAS<br>ANALIZADAS .....          | 10        |
| I.2.1 Vulnerabilidad ante temperaturas extremas en asentamientos humanos .....       | 10        |
| I.2.2 Vulnerabilidad ante temperaturas extremas en actividad agrícola .....          | 11        |
| I.2.3 Vulnerabilidad ante temperaturas extremas en actividad pecuaria .....          | 12        |
| <b>CAPITULO II: METODOLOGÍA .....</b>                                                | <b>14</b> |
| II.1 IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO POR TEMPERATURAS EXTREMAS                   | 14        |
| II.1.1 Selección de la zona.....                                                     | 14        |
| II.1.2 Selección de base de datos.....                                               | 15        |
| II.1.3 Identificación de año crítico .....                                           | 15        |
| II.1.4 Estandarización del peligro por TE.....                                       | 16        |
| II.1.5 Representación espacial del problema .....                                    | 17        |
| II.2 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD RURAL .....                                        | 17        |
| II.2.1 VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS.....                              | 18        |
| II.2.1.1 Efectos de las temperaturas extremas en asentamientos humanos .....         | 18        |
| II.2.1.2 Selección de indicadores para medir la vulnerabilidad socioeconómica .....  | 18        |
| II.2.1.3 Evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica .....                        | 20        |
| II.2.1.4 Representación espacial del problema .....                                  | 21        |
| II.2.2 VULNERABILIDAD AGRÍCOLA.....                                                  | 21        |
| II.2.2.1 Identificar y analizar productos agrícolas en la región .....               | 21        |
| II.2.2.2 Evaluación de vulnerabilidad por temperaturas extremas en agricultura ..... | 22        |
| II.2.2.3 Obtención de Unidades Calor (UC).....                                       | 23        |
| II.2.2.4 Representación espacial del problema .....                                  | 24        |
| II.2.3 VULNERABILIDAD PECUARIA .....                                                 | 24        |
| II.2.3.1 Identificar y analizar productos agrícolas en la región .....               | 24        |
| II.2.3.2 Vulnerabilidad por bajas temperaturas extremas en actividad pecuaria.....   | 24        |
| II.2.3.3 Obtención de estrés calórico .....                                          | 25        |
| II.2.3.4 Representación espacial del problema .....                                  | 27        |
| II.3 ESTIMACIÓN DE RIESGO .....                                                      | 27        |
| II.3.1 Estimación del riesgo por temperaturas extremas en asentamientos humanos..... | 27        |
| II.3.2 Estimación del riesgo por temperaturas extremas en agricultura .....          | 27        |
| II.3.3 Estimación del riesgo por temperatura máxima extrema en ganadería bovina..... | 28        |
| II.3.4 Representación espacial del problema .....                                    | 29        |
| <b>CAPITULO III: RESULTADOS .....</b>                                                | <b>30</b> |
| III.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO .....                                  | 30        |
| III.2 TEMPERATURAS EXTREMAS (TE) .....                                               | 33        |

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| III.3 DESCRIPCIÓN DE AÑOS EXTREMOS (CRÍTICO) .....                             | 36        |
| III.3.1 Año crítico por TME (2006).....                                        | 36        |
| III.3.2 Año crítico por TmE (2007).....                                        | 39        |
| III.4 VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS.....                         | 42        |
| III.4.1 Descripción de los asentamientos humanos en el valle de Mexicali ..... | 42        |
| III.4.2 Estimación del riesgo en asentamientos humanos .....                   | 48        |
| III.5 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN EL VALLE DE<br>MEXICALI..... | 51        |
| III.6 VULNERABILIDAD AGRÍCOLA .....                                            | 54        |
| III.6.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO ALGODÓN .....                                 | 54        |
| III.6.2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO TRIGO.....                                   | 62        |
| III.7 VULNERABILIDAD PECUARIA .....                                            | 70        |
| III.7.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO PECUARIO .....                                | 70        |
| <b>IV CONCLUSIONES .....</b>                                                   | <b>80</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                                                        | <b>82</b> |
| Referencias citadas.....                                                       | 82        |
| Lecturas Sugeridas .....                                                       | 88        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Gráfica de algunos tipos de peligros naturales que impactaron a la humanidad a nivel mundial hasta 2010. ....         | 1  |
| Figura 2. Diagrama de estimación de riesgos químicos, biológicos o naturales. ....                                              | 8  |
| Figura 3. Tabla del Índice temperatura-humedad (ITH).....                                                                       | 26 |
| Figura 4. Mapa de la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales (°C) en México.. ....                                | 30 |
| Figura 5. Ubicación del valle de Mexicali, Baja California, México.. ....                                                       | 31 |
| Figura 6. Vegetación del municipio de Mexicali.....                                                                             | 32 |
| Figura 7. Gráfica de temperaturas medias para las estaciones del valle de Mexicali....                                          | 32 |
| Figura 8. Ubicación de las estaciones meteorológicas que se seleccionaron en el valle de Mexicali.....                          | 33 |
| Figura 9. TME por estación para el valle de Mexicali (1999-2009).....                                                           | 34 |
| Figura 10. TmE por estación para el valle de Mexicali. ....                                                                     | 35 |
| Figura 11. TM y Tm medias para las estaciones del valle de Mexicali (1999-2009).....                                            | 35 |
| Figura 12. Gráfica de TM promedio y Tm promedio para los años 2006 y 2007 en el valle de Mexicali (1999-2009).....              | 36 |
| Figura 13. Gráfica de TME por estación por mes de 2006 de todas las estaciones del ciclo corto.. ....                           | 37 |
| Figura 14. Mapa espacial del peligro por TME en el mes de julio en el valle de Mexicali para el año 2006.....                   | 38 |
| Figura 15. Mapa espacial de oscilación de TME en el mes de julio en el valle de Mexicali para el año 2006.....                  | 39 |
| Figura 16. Gráfica de TmE por mes que se presentó durante el 2007. ....                                                         | 40 |
| Figura 17. Mapa espacial de peligro por TmE en el mes de enero en el valle de Mexicali para el año 2007.....                    | 41 |
| Figura 18. Distribución de la vulnerabilidad del índice de salud. ....                                                          | 44 |
| Figura 19. Distribución de la vulnerabilidad del índice de educación. ....                                                      | 45 |
| Figura 20. Distribución de la vulnerabilidad del índice de vivienda.....                                                        | 46 |
| Figura 21. Distribución de la vulnerabilidad del índice de empleo e ingresos. ....                                              | 47 |
| Figura 22. Distribución de la vulnerabilidad del índice de población ....                                                       | 48 |
| Figura 23. Variación espacial del riesgo por TME en el valle de Mexicali. ....                                                  | 49 |
| Figura 24. Variación espacial del riesgo por TmE en el valle de Mexicali. ....                                                  | 50 |
| Figura 25. Valor de producción por producto sembrado durante el ciclo PV en valle de Mexicali durante el periodo 2002-2010..... | 52 |

|                                                                                                                                                     |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Figura 26. Valor de producción por producto sembrado durante el ciclo OI en valle de Mexicali durante el periodo 2002-2010.....                     | 52                                   |
| Figura 27. Valor de producción por producto pecuario en valle de Mexicali durante el periodo 2002-2010. ....                                        | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 28. Comportamiento de las toneladas por superficie cosechada (Ha) de producto algodón.....                                                   | 56                                   |
| Figura 29. Comportamiento del precio de venta del producto algodón .....                                                                            | 56                                   |
| Figura 30. Comportamiento del valor de la producción del producto algodón .....                                                                     | 57                                   |
| Figura 31. Fenología del algodón .....                                                                                                              | 60                                   |
| Figura 32. Gráfica de UC total por mes del algodón en el año 2006 .....                                                                             | 60                                   |
| Figura 33. Gráfica de UC acumulativa del algodón en el año 2006.....                                                                                | 61                                   |
| Figura 34. Variación espacial del riesgo por TME en el algodón;                                                                                     | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 35. Comportamiento de las toneladas por superficie cosechada (Ha) de producto trigo .....                                                    | 64                                   |
| Figura 36. Comportamiento del precio de venta del producto trigo .....                                                                              | 64                                   |
| Figura 37. Comportamiento del valor de la producción del producto trigo.....                                                                        | 65                                   |
| Figura 38. Fenología del trigo.....                                                                                                                 | 67                                   |
| Figura 39. Gráfica de UC total por mes del trigo en el año 2007;                                                                                    | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 40. Gráfica de UC acumulativa del trigo en el año 2007.;                                                                                     | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 41. Variación espacial del riesgo por TmE en el trigo.....                                                                                   | 70                                   |
| Figura 42. Comportamiento de la producción en tonelada de los productos carne canal, carne pie y leche del ganado bovino en valle de Mexicali. .... | 72                                   |
| Figura 43. Comportamiento de la ganancia por kilo de los productos carne canal, carne pie y leche del ganado bovino en valle de Mexicali. ....      | 73                                   |
| Figura 44. Comportamiento del valor de la producción de los productos carne canal, carne pie y leche del ganado bovino en valle de Mexicali. ....   | 74                                   |
| Figura 45. Gráfica de ITH por mes para el 2006 en el valle de Mexicali .....                                                                        | 77                                   |
| Figura 46. Variación espacial del riesgo por TME en el ganado bovino;                                                                               | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla I. Nivel de peligro por temperaturas máximas extremas en el valle de Mexicali. .                                                                     | 17 |
| Tabla II. Nivel de peligro por temperaturas mínimas extremas en el valle de Mexicali..                                                                     | 17 |
| Tabla III. Indicadores para generar la vulnerabilidad socioeconómica. ....                                                                                 | 19 |
| Tabla IV. Ponderación de la vulnerabilidad socioeconómica.....                                                                                             | 20 |
| Tabla V. Indicadores de la vulnerabilidad agrícola. ....                                                                                                   | 22 |
| Tabla VI. Indicadores de la vulnerabilidad ganadera. ....                                                                                                  | 25 |
| Tabla VII. Ponderación del riesgo por temperatura extrema en la agricultura. ....                                                                          | 28 |
| Tabla VIII. Ponderación del riesgo por temperatura extrema en la ganadería. ....                                                                           | 28 |
| Tabla IX. Descripción del valor de producción y porcentaje respecto a la producción estatal de los productos pecuarios del valle de Mexicali en 2010. .... | 53 |

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

Las temperaturas extremas (TE) son comunes en diversos lugares del planeta, desde las extremas mínimas en los polos (como en el polo sur que alcanza los  $-76^{\circ}\text{C}$ ) hasta las extremas máximas en zonas desérticas (como el desierto de Libia que alcanza los  $57^{\circ}\text{C}$ ). Se considera temperatura extrema a la temperatura del aire que rebasa el rango en que se mantiene la salud de los seres vivos (flora y fauna), por lo que en general se conoce como calor excesivo o frío intenso (Fuentes, 2000; Organización Meteorológica Mundial, 2002; Reyes, 2001).

Las temperaturas extremas afectan a la sociedad y la economía mundial, por ejemplo, para el año 2010 la Base de Datos Internacional de Desastres (EM-DAT, 2012) registró alrededor de 73 millones de personas afectadas por este fenómeno. Por su parte, esta misma fuente muestra que en el periodo comprendido entre los años 2000 y 2009 sucedieron 22 eventos que ocasionaron la muerte de 9,109 personas, mientras para el año 2010 se presentaron 29 eventos por temperaturas extremas cuya consecuencia fue 56,891 muertes. Estos datos hacen evidente el aumento considerable en la ocurrencia de eventos por temperaturas extremas y, sobre todo, de sus consecuencias (ver figura 1).

Figura 1. Gráfica de algunos tipos de peligros naturales que impactaron a la humanidad a nivel mundial hasta 2010.



Fuente: Elaboración propia a partir de EM-DAT (2012).

Además de las lesiones y muertes que ocasionan las temperaturas extremas a la población, éstas también afectan a la economía de los lugares donde se presentan cuando provocan pérdidas directas en la producción agrícola y pecuaria; o bien, cuando disminuye la productividad de los trabajadores por daños a la salud o por la suspensión de las labores de transportación (debido al cierre de vías terrestres y aéreas), por lo que se entiende que el impacto de estas temperaturas en la sociedad es mayor que lo registrado en la actualidad. Al respecto el EM-DAT (2012) reportó una pérdida de 21,100,000 dólares a nivel mundial para el año 2011 por causa de las temperaturas extremas, mientras que el Banco Mundial (2002) informó que algunos países en desarrollo están perdiendo entre 4 y 8% de su producto interno bruto (PIB) debido a las pérdidas en producción y de capital relacionadas con este peligro.

En México, recientemente (de mediados del 2011 a inicios del 2012), las pérdidas por este fenómeno alcanzaron cerca de los 500 millones de dólares y el daño de 120 mil personas (EM-DAT, 2012). Gran parte de las afectaciones se presentaron en las zonas rurales de los estados de la frontera norte, las cuales corresponden a las zonas identificadas por García, E. y Vidal R., (1992) con las mayores oscilaciones de temperatura (mayor a 18°C) entre los meses más caliente y más frío por lo cual, se pueden considerar como las zonas con mayor peligro por temperaturas extremas.

Si bien las temperaturas extremas son un peligro latente para la economía y la población en general, de acuerdo con el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2007), el aumento de la temperatura previsto para los próximos 5 años afectará principalmente a la actividad primaria (agropecuaria) y a las zonas con menos desarrollo (zona rural). Dichas zonas son frágiles ante los efectos del cambio climático y el aumento de las temperaturas extremas debido a que no cuentan con todos los servicios básicos (electricidad, agua potable, drenaje) y los habitantes carecen de las condiciones de seguridad (actividades económicas, empleo y vivienda adecuados al clima, acceso a servicios de salud, entre otras) que les permita enfrentar o recuperarse de su exposición a dicho peligro, es decir, son más vulnerables a las temperaturas extremas, y por ello, se encuentran en mayor riesgo.

En un estudio realizado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2012) se encontró que la pobreza en México ha aumentado considerablemente a causa de las crisis económicas, resultando las zonas rurales las más pobres y con mayor rezago social, debido a la escasa diversificación de las actividades productivas, las carencias en los servicios en las viviendas y la falta de servicios de salud, consecuentemente más de dos terceras partes de la población con pobreza extrema del país habita en localidades rurales (Chiapa, 2009) y son vulnerables a los efectos de las temperaturas extremas.

El valle de Mexicali es una zona agropecuaria que aporta más de la mitad de los ingresos del estado de Baja California (OEIDRUS, 2012) y donde reside más del 24% de la población municipal (INEGI, 2010), por lo que se considera una zona de importancia económica, sin embargo, en este valle se presentan temperaturas que superan los 50°C en verano y temperaturas menores a los 6°C en invierno, pues se ubica en una de las zonas de más alta peligrosidad por temperaturas extremas en el país. Esta peligrosidad se ha manifestado en el tiempo en defunciones por frío ó calor extremo<sup>1</sup> y en los cultivos <sup>2</sup>, por lo anterior, algunos autores han estudiado los efectos de la temperatura en el municipio de Mexicali respecto al tipo de material de construcción (Solís, 2010; González, López, Cervantes y Estela, 2011), a los efectos en la ganadería (Avendaño, Álvarez, Correa, Saucedo y Robinson, 2010) o como escenarios bajo condiciones de cambio climático (García, Santillán, Ojeda y Quintero, 2012), incluso se han elaborado atlas de riesgos (Ley *et al.* 2006 y 2011). A pesar de que estos trabajos aportan información valiosa, sólo abordan algún aspecto del riesgo por temperaturas extremas o se enfocan exclusivamente al análisis de los efectos en la ciudad de Mexicali y no de la zona rural del municipio, es decir, en la revisión de literatura no se ha identificado un estudio integral que relacione el peligro que

---

<sup>1</sup> De acuerdo con Ley *et al.* (2011) si bien cada año hay afectaciones y pérdidas, en el verano de 1971 se presentaron 26 muertos por insolación y deshidratación; en 1974 fueron atendidas 905 personas por deshidratación, en 2005 se presentaron 52 casos de deshidratación, golpe de calor y quemaduras solares, en 2006 hubo 26 muertos por golpe de calor, entre otros daños.

<sup>2</sup> En 2011se reportaron daños por heladas en el trigo en más de 20 mil hectáreas en el valle de Mexicali de acuerdo a J. Trejo responsable de Sistema Producto Trigo en la localidad,

representan las temperaturas extremas con la capacidad que cuentan para enfrentarlas los asentamientos humanos y la actividad económica del valle de Mexicali. Por lo que cabe preguntarse ¿Cuál es el nivel de riesgo asociado a las temperaturas extremas en el valle de Mexicali?

De la pregunta anterior se deriva la siguiente hipótesis: Las temperaturas extremas afectan de manera heterogénea a los asentamientos humanos y la actividad agropecuaria en el valle de Mexicali debido a las distintas capacidades de resistencia y recuperación que éstos presentan.

Por lo anterior, el objetivo general de la investigación es evaluar los riesgos asociados a las temperaturas extremas en los asentamientos humanos y la actividad agropecuaria en el valle de Mexicali en años críticos por temperaturas extremas.

Para cumplir tal objetivo se realizó la identificación de los años críticos o más peligrosos por temperatura máxima y mínima (identificación del peligro), se evaluó la vulnerabilidad de los asentamientos humanos y los productos agropecuarios más importantes (económicamente) y, a partir de lo anterior, se estimó el nivel de riesgo y su distribución espacial. En este ejercicio, se tuvo como principal limitante la disponibilidad y calidad de la información meteorológica, y el nivel de desagregación de los datos de INEGI sobre asentamientos humanos.

El presente documento consta de tres capítulos: en el primero se exploran las teorías y conceptos relacionados al riesgo por temperaturas extremas; en el segundo se expone la metodología propuesta para la identificación del peligro, evaluación de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo; finalmente en el tercer capítulo se presentan los resultados obtenidos, y las conclusiones generadas que incluyen una serie de recomendaciones para aumentar la capacidad de resistencia ante temperaturas extremas en los elementos analizados del valle de Mexicali.

## **I.1 TEORÍAS Y CONCEPTOS RELACIONADOS AL RIESGO POR TEMPERATURAS EXTREMAS**

### **I.1.1 El concepto de riesgo**

De acuerdo con la Real Academia Española (2012), riesgo es una contingencia o proximidad de un daño, es decir, la posibilidad de que un perjuicio o efecto negativo suceda o no, por ello se entiende como “una probabilidad amenazante” (Gallais en Aneas, 2000); mientras que en el ámbito científico existen diversas formas de entender el riesgo, una de ellas es la que Hewitt (1983) denomina “visión dominante” y otra es la que el mismo autor nombra “visión alternativa”, las cuales serán revisadas en los párrafos siguientes.

Durante décadas, en el ámbito técnico y científico se ha considerado a los fenómenos naturales (sismos, huracanes, tornados, lluvias intensas, temperaturas extremas, etc.) como la causa del desastre, por ello, Hewitt (1983) señala que desde la visión “dominante” se ha buscado predecir y controlar a la naturaleza a través de: la comprensión y el seguimiento de los procesos geofísicos; la planificación y gestión para contener los procesos naturales donde es posible mediante obras de ingeniería; y la atención de las emergencias que incluye la elaboración de planes de auxilio y el establecimiento de organizaciones de ayuda y rehabilitación.

Maskrey (en Calderón, 2001) señala que “es común confundir el uso de los términos fenómeno natural y desastre natural”, un ejemplo de ello es el trabajo de Briones (2008), quien clasifica los riesgos en dos tipos: natural y social. Con el término riesgo natural se refiere al daño producido por los fenómenos ambientales (naturales); mientras que con el término riesgo social se refiere a las actividades que realiza la sociedad (riesgo laboral, económico, geográfico, psicológico, entre otros), es decir, el autor no sólo maneja el término de riesgo natural como sinónimo de fenómeno natural, sino que considera que los fenómenos sociales no tienen relación con la naturaleza.

De esta manera la visión dominante que “rige el pensamiento de la mayoría de los gobiernos y científicos” (Calderón, 2001) caracteriza al desastre como un suceso

provocado por fuerzas extremas de la naturaleza donde la población no tiene la oportunidad de intervenir para disminuir los posibles daños o pérdidas (Buch y Turcios, 2003; Sahahuja, 1999).

Hewitt (1983) considera que el estudio del fenómeno natural por sí sólo no permite explicar el riesgo de desastre, razón por la cual propone una “visión alternativa” donde los fenómenos naturales son característicos de los lugares y las sociedades donde ocurren, en otras palabras, cada lugar posee múltiples peligros o amenazas, pero en ellos las comunidades desarrollan capacidades distintas para resistirlas (Ley, 2011). Por lo que la concentración de diferentes peligros aumenta la peligrosidad del lugar, ya que representa múltiples formas de daño a una misma población (Zeigler, Johnson y Brunn, 1983).

Para Foschiatti (2011) el peligro es un agente dinámico, ya sea de carácter natural o social que amenaza a la población, los bienes y el medio ambiente, mientras que para el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred, 2004), el peligro es la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad durante un periodo de tiempo y en un sitio. Como puede observarse, la diferencia entre los dos conceptos anteriores es que el primero se refiere al peligro como un agente, mientras que el segundo, trata de medir la peligrosidad de éste.

Por su parte Magrin y Osvaldo (2007) consideran que el grado de exposición y fragilidad de un sistema, conformado por economía, sociedad y ambiente, permitirá que éste pueda ser capaz de recuperarse con mayor o menor facilidad a un peligro determinado o a un conjunto de peligros. En esta misma dirección, Blaikie, Cannon, Davis y Wisner (1996) entienden la vulnerabilidad como susceptibilidad de daño o perjuicio, es decir como “las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural”.

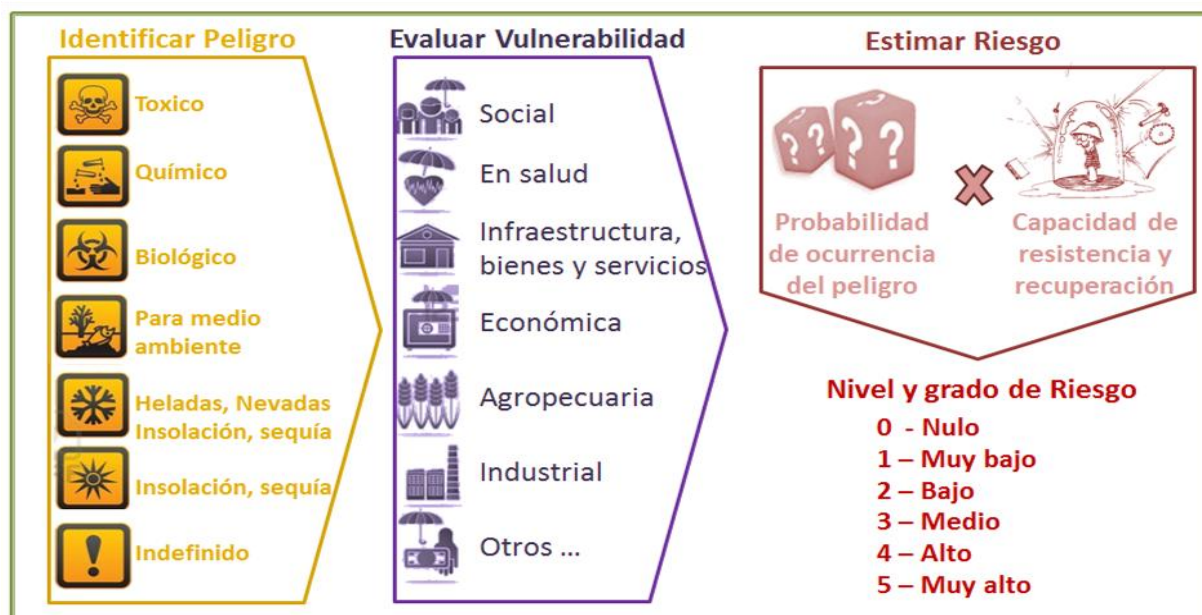
Al respecto, un estudio realizado por la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ISDR, 2002) considera que el aumento de la vulnerabilidad es, en gran parte, el resultado de la creciente pobreza, que provoca que los asentamientos humanos y la actividad productiva se expandan o localicen en lugares expuestos a peligros. Por su parte, Chiapa (2009) encontró que las zonas pobres son las áreas más afectadas cuando ocurre un evento extremo porque presentan el mayor grado de vulnerabilidad. Esto es porque estas zonas presentan escasos o nulos servicios básicos, de salud y de vivienda que les permita resistir los fenómenos naturales o porque los habitantes carecen de recursos para recuperarse de las pérdidas.

De esta manera el desastre (pérdidas y daños) es, según Blaikie *et al.* (1996), la intersección de dos fuerzas opuestas: aquellos procesos que intensifican los peligros naturales, por un lado, y los procesos (sociales) que generan vulnerabilidad, por el otro. De ahí que propongan el modelo de presión y liberación para explicar que la vulnerabilidad se presenta como una serie de condiciones inseguras ante un peligro determinado y que ésta se transforma con el paso del tiempo a partir de los procesos económicos y políticos de un lugar.

Por lo anterior, Calderón (2001) plantea que el riesgo es producto de la relación entre el peligro y la vulnerabilidad ( $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$ ), por lo que la estimación del riesgo debe considerar la presencia de uno o varios peligros extremos y la vulnerabilidad que presenta el sistema local (ver figura 2).

En la evaluación de riesgos en diferentes componentes del sistema local (actividades económicas, agropecuarias e industriales, asentamientos humanos, entre otros elementos), se debe identificar el peligro o peligros que se presentan en el lugar y evaluar la fragilidad de los componentes o subsistemas para estimar la intensidad del riesgo (figura 2).

Figura 2. Diagrama de estimación de riesgos químicos, biológicos o naturales.



Fuente: Elaboración propia modificado de CENAPRED (2004).

A pesar de lo anterior es difícil realizar una evaluación integral (que incluya todos los subsistemas y peligros), por lo que esta evaluación será parcial al no existir hasta el momento un esquema que integre todas las variables que participan en la conformación del riesgo del lugar, por lo cual cada autor modifica la metodología a sus necesidades y área de estudio (Romo, 1996), ordenando sistemáticamente la ocurrencia de fenómenos o agentes perturbadores y/o elementos afectables.

### I.1.2 Las temperaturas extremas como peligro

La temperatura no es un dato que pueda ser observado de manera directa, por ello, cuando se dice que “se mide la temperatura”, lo que realmente se mide es un volumen o presión (termómetro de gases), o la dilatación del mercurio (termómetro de mercurio) (Gutiérrez, 1985). La temperatura puede variar con la presencia de procesos físico químicos que alteran la superficie del cuerpo o del ambiente en que se presenta (Glénans, 1995). En la climatología, la variación en la temperatura se explica por los cambios de presión, altitud y latitud (Reyes, 2001), y a partir de la combinación de estos factores (junto con otros elementos) se generan diferentes climas en el planeta.

Köppen realizó en 1884 el primer mapa mundial de zonas climáticas en el que consideró la temperatura, la precipitación pluvial y la vegetación predominante de las zonas de estudio como las variables que modificarán el clima de un lugar. Así, al relacionar la información de estas tres variables a la altitud y latitud se puede tener una mejor comprensión del tipo de clima y de las variaciones de la temperatura que se presentan en un lugar (Reyes y Troncoso, 2004; Álvarez, 2003).

La temperatura “morum” es el valor máximo de las temperaturas máximas o el valor mínimo de las temperaturas mínimas (maximorum o minimorum, respectivamente) presentadas durante una serie histórica de datos climatológicos (INIFAP, 2010; Ley, Venegas y García, 2006). Estas temperaturas se consideran extremas cuando son menores de 0°C o mayores a los 38°C, porque a partir de este límite térmico los organismos vivos comienzan a sufrir daños, problemas físicos o la muerte (Reyes, 2001; Nelson y Cox, 2010; Secretaría de Salud, 2012), es decir, es cuando las temperaturas representan un peligro para algún elemento del sistema.

De acuerdo con el estudio de cambio climático que realiza Porrúa (2008), una de las razones que hace importante estudiar las temperaturas extremas actualmente es porque su capacidad de dañar está aumentando (y con ello la peligrosidad), esto puede suceder, de acuerdo con el mismo autor, por las alteraciones graduales o repentinas que las actividades socioeconómicas realizan en el medio en que se encuentran (deforestación, crecimiento industrial, emisión de contaminantes, entre otras) de acuerdo a Coles y Scott (2009). Otra razón es que los elementos que conforman las actividades sociales y económicas (asentamientos humanos, industria, transporte, agricultura, pesca, etc.) han modificado su capacidad adaptativa a los fenómenos naturales, volviéndose cada vez más vulnerables (Lidth de Jeude, 2005; Coles y Scott, 2009).

## **I. 2 TIPOS DE VULNERABILIDAD ANTE TEMPERATURAS EXTREMAS ANALIZADAS**

### **I.2.1 Vulnerabilidad ante temperaturas extremas en asentamientos humanos**

Aun cuando las temperaturas extremas son recurrentes en un lugar, éstas se consideran un peligro para la salud humana cuando el hombre se expone a ellas bajo ciertas condiciones. El cuerpo humano, al encontrarse expuesto a una temperatura mayor a los 38°C, comienza a presentar problemas (fatiga, mareo, deshidratación, desmayo) o incluso llegar a la muerte<sup>3</sup>. Por su parte, la exposición a temperaturas mínimas afecta la actividad muscular (el cuerpo comienza a temblar, (esto es un mecanismo de defensa que el cuerpo realiza para producir calor), los vasos de la piel se contraen para que la sangre se mueva a tejidos profundos y reducir la pérdida de calor llevando a la hipotermia (cuando el cuerpo presenta una temperatura menor a los 34°C) y puede producir la muerte (Guyton 1998; Pocock, 2005).

Cardós Barrera y Sanz, (2004) utilizan los conceptos de olas de calor y olas de frío para relacionar las temperaturas extremas con la salud, y encuentran que el incremento en la humedad hace más dañinas las temperaturas extremas provocando mayores afectaciones en la salud y mayor número de muertes<sup>4</sup>. Sin embargo, dentro de una comunidad hay grupos que son más frágiles ante las temperaturas extremas, en este sentido, Le Vay (2004) señala que las personas menores a los 5 años (niños) y mayores a 60 años (adultos mayores) resultan más afectados por las temperaturas extremas, las cuales provocan que estén más propensos a sufrir golpes de calor o que se agraven las enfermedades respiratorias que padecen, esto es, los niños menores a 5 años comienzan a generar defensas en su sistema inmunológico y los adultos mayores ya carecen de la gran mayoría de dichas defensas necesarias para resistir las TE.

---

<sup>3</sup> Particularmente cuando no se ha tomado líquidos y se sufre de problemas que aumenten la afectación al organismo donde el primer problema se presenta en el sistema nervioso central ejerciendo su efecto con una baja metabólica, aumento de la sudoración y disminución vasomotora.

<sup>4</sup> Este trabajo se realizó en Canarias donde se presentan más de 100 muertes al año provocadas por temperaturas extremas.

Por lo anterior, el ser humano debe acondicionar los lugares donde habita para protegerse o recuperarse de la exposición a las temperaturas extremas; en este sentido los asentamientos humanos, como espacios construidos (población, infraestructura, vivienda, redes y servicios) se consideran vulnerables cuando los elementos que lo integran no brindan la protección suficiente a sus habitantes ante dichas temperaturas.

### **I.2.2 Vulnerabilidad ante temperaturas extremas en actividad agrícola**

La agricultura es una actividad que provee a las poblaciones humanas de alimentos, materias primas para su vestido, medicinas y otros productos necesarios para su bienestar, así como de servicios eco-sistemáticos vitales, tales como biodiversidad, formación de suelo, regulación de los ciclos hídricos y secuestro de carbono, entre otros (Luers, 2005).

Para analizar la relación entre esta actividad y las temperaturas extremas, Hernández y García- (2004) estudiaron la relación entre las temperaturas y las condiciones de la planta con la finalidad de proponer un manejo que permita aumentar la producción hortícola (Estos autores proponen el cultivo “protegido” para obtener en invierno la misma cantidad de producción de tomate y espárrago -que en verano). Por otro lado, las temperaturas extremas pueden iniciar o intensificar la generación de plagas en los cultivos, por lo que Fields y Muir (1996) realizaron estudios para controlar la población de insectos en olivicultura al sur de España y proponen medidas (Es así como los agricultores exponen sus semillas al ambiente en época de invierno para reducir la tasa de desarrollo, alimentación, fecundidad de los insectos entre temperaturas menores a 13°C y mayores a 35°C) para evitar su reproducción.

De acuerdo con Torres, Cruz y Acosta (2011), habitualmente en la agricultura las especies vegetales sobreviven a las temperaturas que van del rango de 10 a 41°C, no así la producción agrícola, la cual se ve afectada por la pérdida de tamaño, cantidad y calidad del producto cosechado. Los efectos de las bajas temperaturas no son negativos en todos los cultivos, por ejemplo, algunas especies de cereales requieren de

la acumulación de cierta cantidad de temperaturas bajas durante el lapso invernal (letargo) para poder continuar su desarrollo en la próxima primavera sin anomalías fenológicas o sin mermas en su rendimiento (Romo y Arteaga, 1989), por lo tanto, la vulnerabilidad aumentará de acuerdo a la especie y a la etapa fenológica en que se encuentre.

### **I.2.3 Vulnerabilidad ante temperaturas extremas en actividad pecuaria**

La actividad pecuaria representa el 45% del valor de producción agropecuaria a nivel nacional con aproximadamente 3.4 millones de unidades de producción ganadera, convirtiéndose en las últimas décadas en la actividad con mayor importancia económica (SAGARPA, Programa Nacional Pecuario 2007-2008), por lo cual es una de las actividades económicas que genera más empleos y aumenta las divisas de un país, por lo cual se debe tener cuidado en los factores que pueden causar estrés al ganado como las temperaturas extremas (Pérez, 2008).

En ganadería, la afectación de las temperaturas se mide a través del estrés calórico que sufre el organismo, en función de la humedad relativa y la temperatura del aire (Índice Temperatura-Humedad ó ITH). Cada especie y raza tiene una manera distinta de responder al estrés calórico (porque algunas especies son nativas de zonas frías), por ello, es importante el manejo que se realice al ganado en periodos de temperaturas extremas, al respecto Avendaño *et al.* (2010) mencionan que se presenta mayor estrés calórico en animales que viven en agostaderos (Terreno donde se produce naturalmente pasto y planta que satisface la alimentación de un hato) que en los que viven en ranchos con sombra.

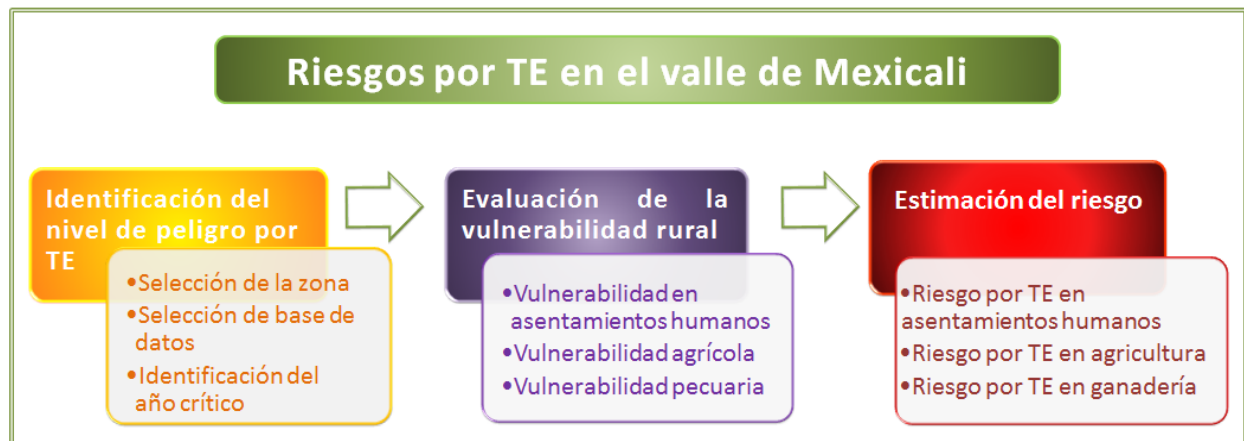
El estrés calórico también se presenta cuando la cantidad de animales (hato: conjunto de animales, sea de ganado mayor o menor tamaño, puede ser productor de leche o carne) que hay en un rancho es tan grande que no hay espacio suficiente entre ellos. Los animales en estado de preñez o de lactancia se encuentran generando mayor calor metabólico debido a su estado fisiológico, lo cual aunado a un elevado (ITH), hace que el estrés calórico aumente y se considere severo; en esta categoría, el estrés calórico

produce una serie de cambios en los mecanismos fisiológicos del animal que provocan una disminución en la productividad de los animales domésticos, lo cual se traduce en una menor tasa de crecimiento, una baja eficiencia reproductiva y una baja producción de carne o leche. Por tanto, es de gran importancia el manejo ambiental del hato para contrarrestar los efectos por temperaturas extremas.

## CAPITULO II: METODOLOGÍA

El objetivo de este trabajo es evaluar los riesgos asociados a las temperaturas extremas (TE) en asentamientos humanos y en la actividad agropecuaria en el valle de Mexicali, para ello se propone la metodología descrita en los próximos párrafos de acuerdo a la figura 3.

Figura 3. Diagrama de la metodología utilizada para estimar el riesgo derivado de las TE en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de la guía CENAPRED (2006).

### II.1 IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO POR TEMPERATURAS EXTREMAS

A partir de la modificación de la guía CENAPRED (2006), la consulta de los mapas correspondientes al tema de temperaturas extremas del Atlas Nacional de México (García y Vidal, 1992), y la recopilación y procesamiento de información climatológica disponible en el banco de datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011), se identificaron las zonas con mayor peligrosidad por TE en el valle de Mexicali, en los siguientes apartados se describen los pasos realizados para lograr tal propósito.

#### II.1.1 Selección de la zona

En base a la compilación de mapas sobre el tema de temperaturas extremas del Atlas Nacional de México (García y Vidal, 1992), se identifica el nivel de peligro en que se

encuentra la zona que se desea evaluar, y el tipo de peligro por temperatura mínima y/o máxima en un mes determinado o anual, temperatura extrema absoluta, temperatura media y por oscilación térmica.

### **II.1.2 Selección de base de datos**

Se identificaron las estaciones climatológicas que se encontraban en el valle, de las cuales existía información de estaciones pertenecientes al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2012) y estaciones pertenecientes al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Al analizar las tres bases de datos se observó que la base de datos de CONAGUA contenía el mayor número de registros, más actualizados y con mayor confiabilidad<sup>5</sup>, por lo que se eligió dicha base para realizar la caracterización climática.

### **II.1.3 Identificación de año crítico**

El primer filtrado de datos se realizó obteniendo el porcentaje de datos con los que cuenta cada mes cada estación y se eliminaron los años que contengan menos del 40% de los datos o cuando los datos que no posea la base sea de los meses de invierno o verano (debido a que se busca realizar la identificación del peligro por temperaturas extremas).

Después del primer filtro se realizaron cinco tablas<sup>6</sup> con los datos históricos (desde el primero hasta el último dato obtenido en cada estación), considerando todas las estaciones de la zona, por lo que dichas tablas contendrán:

1. La temperatura máxima registrada en el mes, el día en que se registró y el número de veces que se registró esa temperatura por mes, por año y por estación resaltando cuando la temperatura se presentó en días seguidos en un rango de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

---

<sup>5</sup> Datos validados y actualizados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en octubre de 2011.

<sup>6</sup> Con las primeras dos tablas se obtiene la máxima maximorum y mínima minimorum por año y por estación.

2. La temperatura mínima registrada en el mes, el día en que se registró y el número de veces que se registró esa temperatura por mes, por año y por estación, resaltando cuando la temperatura se presentó en días seguidos en un rango de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .
3. La temperatura media máxima registrada por mes, por año y por estación.
4. La temperatura media máxima registrada por mes, por año y por estación.

El segundo filtro consintió en elegir los años en que se contó con el mayor número de estaciones con datos registrados considerando un mínimo de 10 años seguidos para realizar la caracterización climática. En caso de no requerir hacer una caracterización climática se podría realizar solamente el primer filtro y con ello ahorrar tiempo en la identificación del año crítico.

El tercer filtro consiste en identificar los años morum<sup>7</sup>, para lo cual se seleccionó el año con la máximas maximorum, y mayor frecuencia de las mismas. Se repite el filtro 3 con las temperaturas mínimas minimorum.

#### **II.1.4 Estandarización del peligro por TE**

Se realizaron dos tablas (una para cada año morum) con rangos de 0 a 5, siendo 5 el de mayor peligro. Dado que CENAPRED (2006) describe que los seres humanos se ven afectados a partir de los  $38^{\circ}\text{C}$  y por debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$ , se consideró éstas temperaturas como el límite para definir considerar un peligro por TE. La presencia o ausencia del peligro se consideró de acuerdo a un rango de 0 a 5 el cual se basa en las temperaturas y días en que se tiene registrado que una persona puede soportar la temperatura extrema sin perder el sentido, un miembro o la vida<sup>8</sup> de acuerdo a la siguiente valoración de criterios:

---

<sup>7</sup> Al hablar del conjunto de los años seleccionados con TMm y Tmm se les llamara años morum en éste trabajo

<sup>8</sup> Tabla realizada en base a la información del libro “fisiología humana de Pocock<sup>7</sup> (2005), Silcerthom, (2009) y apuntes del curso “como establecer una emergencia de salud ante factores naturales” impartido en el hospital No. 1 del IMSS.

Tabla I. Nivel de peligro por temperaturas máximas extremas en el valle de Mexicali.

| Grado | Nivel    | Descripción                                                                                                          |
|-------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0     | nulo     | Cuando no existe presencia de temperatura máxima extrema                                                             |
| 1     | Muy bajo | Cuando la temperatura máxima extrema alcanza los 38 °C.                                                              |
| 2     | Bajo     | Cuando la temperatura máxima extrema se encuentra en un rango de 38 °C a los 40 °C                                   |
| 3     | Medio    | Cuando la temperatura máxima extrema se encuentra en un rango de 41 °C a los 45 °C por más de 2 horas de exposición. |
| 4     | Alto     | Cuando la temperatura máxima extrema alcanza los 50°C por más de 2 horas de exposición.                              |
| 5     | Muy alto | Cuando la temperatura máxima extrema rebasa los 50°C por más de 4 horas de exposición.                               |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla II. Nivel de peligro por temperaturas mínimas extremas en el valle de Mexicali.

| Grado | Nivel    | Descripción                                                                                                  |
|-------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0     | nulo     | Cuando no existe presencia de temperatura mínimas extrema                                                    |
| 1     | Muy bajo | Cuando la temperatura mínimas extrema alcanza los 0 °C.                                                      |
| 2     | Bajo     | Cuando la temperatura mínimas extrema se encuentra por debajo de los 0 °C por menos de 4 horas de exposición |
| 3     | Medio    | Cuando la temperatura mínimas extrema se encuentra por debajo de los 0 °C por dos días de exposición         |
| 4     | Alto     | Cuando la temperatura mínimas extrema se encuentra por debajo de los 0 °C por más de dos días de exposición  |
| 5     | Muy alto | Cuando la temperatura mínimas extrema se encuentra rebasa los -5 °C                                          |

Fuente: Elaboración propia.

### II.1.5 Representación espacial del problema

Se realizó un mapa de isotermas para temperatura máxima extrema y otro mapa para temperatura mínima extrema así como para las oscilaciones de TME y TmE del mes más caliente del año maximorum y para el mes más frío del año minimorum.

## II.2 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD RURAL

La vulnerabilidad rural fue evaluada a partir de tres elementos: los asentamientos humanos, la actividad agrícola y la actividad pecuaria como se describe a continuación.

## **II.2.1 VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS**

La vulnerabilidad de los asentamientos humanos se calculó tomando como base el índice de vulnerabilidad social de la metodología de CENAPRED (2006) con la información del censo de población y vivienda por localidad (INEGI, 2010) y de Ley *et al.* (2011).

### **II.2.1.1 Efectos de las temperaturas extremas en asentamientos humanos**

Se realizó una tabla con las posibles afectaciones en la salud de la población y el grado de vulnerabilidad que pueden alcanzar al exponerse a temperaturas extremas en la región. Se investiga si la población ha sido afectada en el pasado por las temperaturas extremas y las consecuencias a partir de información hemerográfica debido a la escasez de información por instituciones gubernamentales.

### **II.2.1.2 Selección de indicadores para medir la vulnerabilidad socioeconómica**

Dado que la vulnerabilidad está relacionada con diferentes factores como bienes, servicios, salario percibido, características de vivienda y cantidad de población que reside en un lugar, entre otros, se analiza dicha vulnerabilidad desde un enfoque cualitativo, estadístico o indicador que permita analizar los diversos escenarios de vulnerabilidad. Por lo que se realiza una tabla con los indicadores y las variables que se consideran necesarios para medir la vulnerabilidad socioeconómica.

Para este trabajo se generaron algunas variables de los diferentes indicadores<sup>9</sup> (tabla III) y otras variables se tomaron como constantes del documento “Actualización del Atlas de riesgo del municipio de Mexicali” el cual fue entregado en 2011. Las variables

---

<sup>9</sup> Los indicadores se realizaron a partir de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Capítulo III Análisis del peligro y vulnerabilidad por bajas temperaturas y nevadas, esta guía fue elaborada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), 2006.

que se generaron fueron más de las que marca CENAPRED al considerarlas necesarias por ser una zona rural el caso de estudio.

Tabla III. Indicadores para generar la vulnerabilidad socioeconómica.

| Indicador y fórmula para generarlo                  | Variable | Descripción                                           | Dato      | Fuente                                          |
|-----------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------|
| Salud<br>$S = (S1 + S2 + S3) / 3$                   | S1       | Proporción de médicos por c/1000 habitantes           | Constante | Atlas de riesgos del municipio de Mexicali 2011 |
|                                                     | S2       | Mortalidad infantil                                   | Constante | Atlas de riesgos del municipio de Mexicali 2011 |
|                                                     | S3       | Porcentaje de población s/derechohabencia             | Generado  | INEGI 2010                                      |
| Educación<br>$E = (E1 + E2 + E3) / 3$               | E1       | Porcentaje de analfabetismo                           | Generado  | INEGI 2010                                      |
|                                                     | E2       | Porcentaje demanda de educación básica                | Generado  | INEGI 2010                                      |
|                                                     | E3       | Grado promedio de escolaridad                         | Generado  | INEGI 2010                                      |
| Vivienda<br>$V = (V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6) / 6$ | V1       | Vivienda s/agua entubada                              | Generado  | INEGI 2010                                      |
|                                                     | V2       | Vivienda s/drenaje                                    | Generado  | INEGI 2010                                      |
|                                                     | V3       | Vivienda s/electricidad                               | Generado  | INEGI 2010                                      |
|                                                     | V4       | Vivienda c/paredes de material de desecho y lamina    | Constante | Atlas de riesgos del municipio de Mexicali 2011 |
|                                                     | V5       | Vivienda c/piso de tierra                             | Generado  | INEGI 2010                                      |
|                                                     | V6       | Déficit de vivienda                                   | Generado  | INEGI 2010                                      |
|                                                     | El1      | Porcentaje de población c/menos de 2 salarios mínimos | Constante | Atlas de riesgos del municipio de Mexicali 2011 |
| Empleo e ingresos<br>$EI = (EI1 + EI2 + EI3) / 3$   | EI2      | Razón de dependencia                                  | Constante | Atlas de riesgos del municipio de Mexicali 2011 |
|                                                     | EI3      | Tasa de desempleo abierto                             | Generado  | INEGI 2010                                      |
|                                                     | P1       | Densidad de la población                              | Generado  | INEGI 2010                                      |
| Población<br>$P = (P1 + P2 + P3) / 3$               | P2       | Densidad de población de habla indígena               | Generado  | INEGI 2010                                      |
|                                                     | P3       | Dispersión poblacional                                | Generado  | INEGI 2010                                      |

Fuente: Elaboración propia.

### II.2.1.3 Evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica

Una vez definidos y generados los índices se realizó una sencilla operación por la cual se obtiene la vulnerabilidad socioeconómica (VSE) por medio de la siguiente ecuación:

$$VSE=(S+E+V+EI+P)/5.....Ecuación 1$$

El valor obtenido se encontrará en el rango de 0 a 100. Para manejar todos los resultados de vulnerabilidad sin importar lo analizado, el resultado final se estandarizó en un rango de 0 a 5, donde el 5 es la mayor vulnerabilidad de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla IV. Ponderación de la vulnerabilidad socioeconómica.

| Grado | Nivel    | Descripción                                                       |
|-------|----------|-------------------------------------------------------------------|
| 0     | nulo     | Cuando no exista vulnerabilidad                                   |
| 1     | Muy bajo | Cuando la vulnerabilidad se encuentre en el rango de 0.1 a 20 %   |
| 2     | Bajo     | Cuando la vulnerabilidad se encuentre en el rango de 20.1 a 40 %. |
| 3     | Medio    | Cuando la vulnerabilidad se encuentre en el rango de 40.1 a 60 %  |
| 4     | Alto     | Cuando la vulnerabilidad se encuentre en el rango de 60.1 a 80 %  |
| 5     | Muy alto | Cuando la vulnerabilidad se encuentre en el rango de 80.1 a 100 % |

Fuente: Elaboración propia.

Los rangos establecidos presentan las siguientes características de acuerdo a CENAPRED, 2006.

- *Vulnerabilidad muy baja*: Manifiesta excelentes condiciones en la estructura social y económica de la población, que permiten resistir a las bajas temperaturas.
- *Vulnerabilidad baja*: Tiene condiciones favorables en su estructura social, principalmente en la vivienda y servicios básicos, que permiten afrontar las consecuencias ocasionadas por bajas temperaturas.
- *Vulnerabilidad media*: Expone valores intermedios en la estructura social de la población, que resulta en algunas dificultades como su organización para asimilar los estragos de las bajas temperaturas.

- *Vulnerabilidad alta*: Muestra las carencias existentes en la estructura social y económica de la población, para afrontar bajas temperaturas. Además, requiere de ayuda y de periodos largos para solucionar sus necesidades básicas.
- *Vulnerabilidad muy alta*: Presenta a la población con sus niveles más bajos en el sector educación, salud, vivienda e ingresos. Por ello, demanda de ayuda externa para recuperarse del desastre, así como de varios años para recobrar la estabilidad en la comunidad. Además, quedan secuelas de largo plazo. Esto implica la tarea de trabajar arduamente en programas de prevención y desarrollo social.

#### **II.2.1.4 Representación espacial del problema**

Como paso final se realizó un mapa de distribución para cada indicador evaluado, así como un mapa de la vulnerabilidad socioeconómica por localidad.

### **II.2.2 VULNERABILIDAD AGRÍCOLA**

Para identificar la capacidad de resistencia (vulnerabilidad) agrícola a las TE se siguieron los pasos que a continuación se describen:

#### **II.2.2.1 Identificar y analizar productos agrícolas en la región**

Se realizó una identificación de todos los productos que se siembran en la región y cual genera los mayores ingresos a la economía del lugar, seleccionando un producto para el ciclo Primavera-Verano (P-V) que corresponde a los meses con las TMEy otro producto para el ciclo Otoño-Invierno (O-I) correspondiente a los meses con las TmE. Para dicha identificación se recurrió a la base de datos generada por el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2011) y de los anuarios del Servicio de Información Agropecuaria y Pesca (SIAP, 2011) dichas bases contienen datos estadísticos de la actividad agrícola, pecuaria y pesquera que se genera en el país desde 1980 hasta el 2010. Se debe verificar que dichos productos siguen siendo los de mayor derrama con la información en línea de OEIDRUS. (2012). Para éste trabajo se analizó el producto algodón para el ciclo (P-V) y el producto trigo para el ciclo (O-I).

### II.2.2.2 Evaluación de vulnerabilidad por temperaturas extremas en agricultura

Se realiza una tabla donde se identifica los daños directos o indirectos por TE a la fisiología de la planta. Después se observa si las TE de la región se encuentran en los puntos críticos en que la planta seleccionada deja de tener un crecimiento óptimo considerando que si su siembra es desprotegida (fuera de invernadero) se deben analizar las plagas que pueden repercutir en la planta por causa de las TE de la región y se investiga el tipo de riego<sup>10</sup>, la genética de la semilla<sup>11</sup> y la etapa de crecimiento en la cual se presentan las TE. Dichos indicadores se muestran en la tabla V.

Tabla V. Indicadores de la vulnerabilidad agrícola.

| Etapa                             | Descripción                                                                                                               | Variables                                                                                                |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etapa de crecimiento de la planta | Para este elemento se toma en cuenta cada una de las etapas en que la planta es susceptible a temperaturas extremas       | Fecha de siembra<br>Etapas fenológica                                                                    |
| Variables climáticas              | Aquí se analizan las unidades de calor requeridas para el crecimiento adecuado de la planta de acuerdo al método residual | Temperatura máxima<br>Temperatura mínima<br>Temperatura basal                                            |
| Costos                            | Indicar las ganancias que se recaban de cada producto                                                                     | Número de hectáreas cosechadas<br>Ganancias monetarias por tonelada<br>Ganancias monetarias por hectárea |

Fuente: Elaboración propia.

<sup>10</sup> Si el riego es estacional se requiere hacer un estudio hídrico y de evapotranspiración.

<sup>11</sup> En la actualidad OEIDRUS provee a los agricultores de semillas que pueden soportar mejor las necesidades de cada zona, sin embargo solamente el 32% del valle utiliza dicha tecnología, por lo que la obtención de UC se realizó en base a las modificaciones recomendadas por el Instituto de Ciencias Agrícolas y utilizadas por SAGARPA regional.

### II.2.2.3 Obtención de Unidades Calor (UC)

Se prosigue a obtener la UC que es la unidad por medio de la cual se mide el crecimiento de una planta y consiste en la cantidad de calor natural y/o artificial que absorbe dicha planta, dichas UC pueden variar en la época en que se siembre debido a la mayor variación de temperatura que se presenta en los meses cálidos que en los meses fríos.

El método residual permite identificar la ganancia de unidades calor arriba de una cierta temperatura base, llamada cero biológico empleando la ecuación 2<sup>12</sup>, para confirmar la información obtenida se utiliza el programa Degree-days (2011) de la universidad de California (2012) que se basa en la ecuación 2.

$$U.C. = (T_M + T_m - T_B)/2 \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

T<sub>M</sub>: Temperatura máxima

T<sub>m</sub>: Temperatura mínima

T<sub>B</sub>: Temperatura base

En éste estudio se consideran dos temperaturas base:

14°C para la planta del algodón y 0°C para la planta de trigo

Las UC se tabulan y grafican primero por UC acumuladas en el mes y luego para UC acumuladas durante el ciclo al que pertenece la planta, con dicha información se observa si se alcanzaron las UC requeridas para cosechar (el algodón necesita 2300 UC y el trigo 1500 UC en ésta latitud). Es preciso recordar que cada planta tiene un requerimiento diferente dependiendo de la latitud en que se encuentre, la especie a la que pertenece y si la semilla está modificada genéticamente lo que le permitirá resistir un umbral más amplio de temperaturas.

---

<sup>12</sup>Se consideró una temperatura base y rango óptimo de crecimiento en que se encuentra el tipo de semilla y tecnología genética que se maneja en la región.

#### **II.2.2.4 Representación espacial del problema**

Como paso final se realizó un mapa con la distribución espacial de la ganancia de unidades calor para el valle de Mexicali y se digitalizan la ubicación de las parcelas de los cultivos seleccionados para identificar si en las zonas de mayor vulnerabilidad por UC de acuerdo a los datos climatológicos se encuentran las parcelas donde se siembran los productos seleccionados. Por lo que se realizó un mapa que contenga las UC y las parcelas por producto seleccionado. La ubicación de dichas parcelas se generó por medio de la digitalización de un mapa de cultivos en el valle de Mexicali realizado por Comisión Nacional del Agua en 2010.

### **II.2.3 VULNERABILIDAD PECUARIA**

Para identificar la capacidad de resistencia (vulnerabilidad) pecuaria a las TE se siguieron los pasos que a continuación se describen:

#### **II.2.3.1 Identificar y analizar productos agrícolas en la región**

Se realizó una identificación de todos los productos pecuarios de la región y cual genera los mayores ingresos a la economía del lugar, Para dicha identificación se recurrió a la base de datos generada por el SIACON (2011) y SIAP (2011). Se debe verificar que dicho producto siga siendo el de mayor derrama con la información en línea de, OEIDRUS. (2012). Para éste trabajo se analizó el producto bovino.

#### **II.2.3.2 Vulnerabilidad por bajas temperaturas extremas en actividad pecuaria**

Considerando que la salud del hato lechero y/o de carne es vulnerable a los cambios del clima, particularmente si no existen sombras artificiales o naturales, también es importante tomar en cuenta la etapa de desarrollo, y si está preñada una gran cantidad de vacas, ya que ante temperaturas máximas extremas pueden llegar a abortar. Por lo anterior se realiza una tabla de indicadores donde se identifica los daños directos o indirectos por TE a la fisiología del ganado bovino así como su producción de leche y engorda por ser ganado de doble uso (ver tabla VI).

Tabla VI. Indicadores de la vulnerabilidad ganadera.

| Etapa                           | Descripción                                                                                                           | Variables                                                                                |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etapa de crecimiento del ganado | Para este elemento se toma en cuenta cada etapa de desarrollo en que el ganado es susceptible a temperaturas extremas | Etapas de crecimiento, saber si esta preñado el organismo<br>Fisiología                  |
| Estrés calórico                 | Aquí se analizan el rango del índice de estrés calórico en el ganado para la zona.                                    | Temperatura extrema<br>Temperatura de confort<br>Sombra natural o artificial             |
| Costos                          | Indicar las ganancias que se recaban de cada producto generado por el ganado Holstein                                 | Ganancias monetarias por tonelada en carne<br>Ganancias monetarias por litros en lechera |

Fuente: Elaboración propia.

### II.2.3.3 Obtención de estrés calórico

El estrés al que está sometido el ganado bovino se mide de acuerdo al índice de Temperatura – Humedad (ITH), para calcularlo se recurre a la siguiente ecuación<sup>13</sup>:

$$\text{THI} = (.81 \times \text{TAVE}) + \text{RHUM} (\text{TAVE} - 14.4) + 46.4 \dots \dots \dots \text{Ecuación 3}$$

TAVE: promedio de la temperatura ambiente (°C)

RHUM: promedio de la humedad relativa (%)

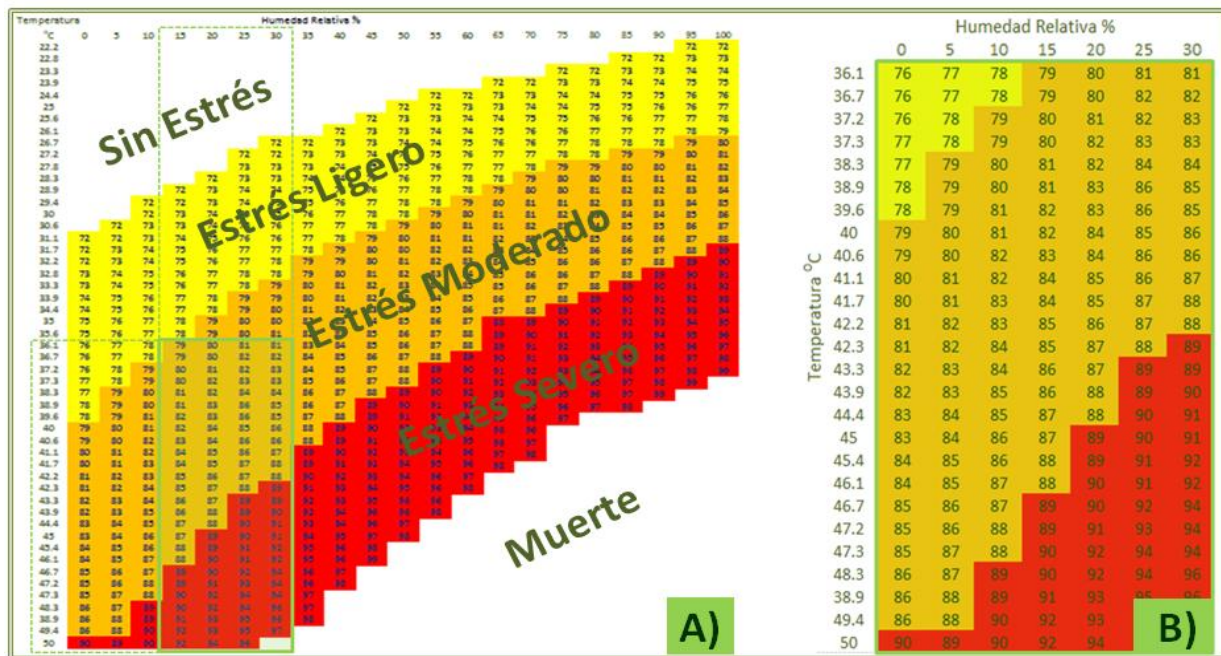
El resultado de dicha ecuación se divide en horas día (8:00 am a 20:00pm) y horas noche (21:00pm a 7:00 am) para identificar si el ganado puede recuperarse del estrés sufrido durante el día, cuando el estrés durante la noche sea mínimo o nulo. Por lo que se tabula y grafica la información de acuerdo a las horas noche y horas día, observándose la oscilación que existe entre sí e identificar los meses en que la oscilación es mayor. Si no se cuenta con la humedad relativa se puede manejar como

<sup>13</sup> Se seleccionó ésta ecuación por estar adaptada a las características del valle de Mexicali, en base a estudios realizados por Avendaño (2010) del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA).

valor constante para toda la zona de estudio debido a que es un valle y no hay presencia de cuerpos de agua siempre que una estación tenga la información de humedad para ese año por hora por día y después se ubica el nivel de estrés en la figura 4.

Debido a que las estaciones del valle no contaban con el valor de humedad, dicho valor se estandarizo con el dato obtenido de la estación de la ciudad de Mexicali dicho procedimiento fue el recomendado por el experto en el tema (Dr. Leonel Avendaño investigador del Instituto de Ciencias Agrícolas).

Figura 4. Tabla del Índice temperatura-humedad ó ITH (A), recuadro ampliado del rango de ITH donde se encuentra el valle de Mexicali en verano (B).



Fuente: Elaboración propia a partir de Armstrong (1994).

#### **II.2.3.4 Representación espacial del problema**

Como paso final se realizó un mapa con la distribución espacial de del estrés calórico en el valle de Mexicali y se digitalizó la ubicación de los ranchos ganaderos identificando los lecheros de los de engorda para identificar si en las zonas de mayor vulnerabilidad por ITH de acuerdo a los datos climatológicos se encuentran los ranchos ganaderos. La ubicación de los ranchos bovinos se generó por medio de la digitalización de un mapa de cultivos en el valle de Mexicali realizado por OEIDRUS en 2011.

### **II.3 ESTIMACIÓN DE RIESGO**

A partir de la información generada en la identificación del peligro y el análisis de la vulnerabilidad se estimó el riesgo a partir de la relación entre el peligro y la vulnerabilidad ( $\text{Riesgo} = \text{peligro} + \text{vulnerabilidad}$ ) y se expresó en una escala estandarizada (con rango de 0 a 5) que indica la intensidad del riesgo.

#### **II.3.1 Estimación del riesgo por temperaturas extremas en asentamientos humanos**

De acuerdo a CENAPRED (2006) con la información espacial del peligro por temperatura extrema y de la vulnerabilidad socioeconómica se generó un mapa para temperatura máxima extrema y otro para temperatura mínima extrema lo que permitió ubicar las localidades y cantidad de población que se ve afectada por cada temperatura extrema.

#### **II.3.2 Estimación del riesgo por temperaturas extremas en agricultura**

Con el análisis de las temperaturas mínimas extremas y la acumulación de UC se ubica cada parcela en un rango de riesgo mediante la estandarización de la información de UC, para lo anterior se seleccionó una escala numérica de 0 a 5 de acuerdo a la siguiente valoración de criterios:

Tabla VII. Ponderación del riesgo por temperatura extrema en la agricultura.

| Grado | Nivel    | Descripción                                                                                                                        |
|-------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0     | Nulo     | Cuando la presencia de TmE no afecte al cultivo                                                                                    |
| 1     | Muy bajo | Cuando la presencia de TmE produzca daño mínimo a la planta provocando retraso en el crecimiento de la planta.                     |
| 2     | Bajo     | Cuando la presencia de TmE produzca daño mínimo en la planta provocando pérdida mínima del cultivo pero se puede volver a sembrar. |
| 3     | Medio    | Cuando la presencia de TmE produzca daño mínimo en la planta provocando pérdida mínima del cultivo sin poder volver a sembrar.     |
| 4     | Alto     | Cuando la presencia de TmE produzca un fuerte daño en la planta provocando daño parcial del cultivo.                               |
| 5     | Muy alto | Cuando la presencia de TmE produzca pérdida total del cultivo.                                                                     |

Fuente: Elaboración propia.

### II.3.3 Estimación del riesgo por temperatura máxima extrema en ganadería bovina

Con el análisis de las TE y el estrés calórico se ubica cada corral en un rango de riesgo mediante la estandarización de la información, para lo anterior se seleccionó una escala numérica de 0 a 5 de acuerdo a la siguiente valoración de criterios:

Tabla VIII. Ponderación del riesgo por temperatura extrema en la ganadería.

| Grado | Nivel    | Descripción                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0     | Nulo     | Cuando la presencia de TME no afecte al ganado.                                                                                                                                                                                            |
| 1     | Muy bajo | Cuando la presencia de TME provoca un efecto mínimo en la conducta y en la productividad de los animales.                                                                                                                                  |
| 2     | Bajo     | Cuando la presencia de TME provoca una reducción en el consumo de alimento, se observa jadeo y aumento en la temperatura corporal.                                                                                                         |
| 3     | Medio    | Cuando la presencia de TME el consumo de alimento se reduce notablemente y el de agua aumenta. La tasa respiratoria es agitada y el animal babea. La producción de leche y la ganancia de peso disminuyen hasta en 30%                     |
| 4     | Alto     | Cuando la presencia de TME afecta negativamente la fertilidad del ganado. La producción de leche y la ganancia de peso disminuyen hasta en 50%. El animal puede experimentar acidosis respiratoria y su consumo de alimento es minimizado. |
| 5     | Muy alto | Cuando la presencia de TME produzca la muerte del ganado.                                                                                                                                                                                  |

Fuente: Elaboración propia sugerida por el Dr. Avendaño.

### **II.3.4 Representación espacial del problema**

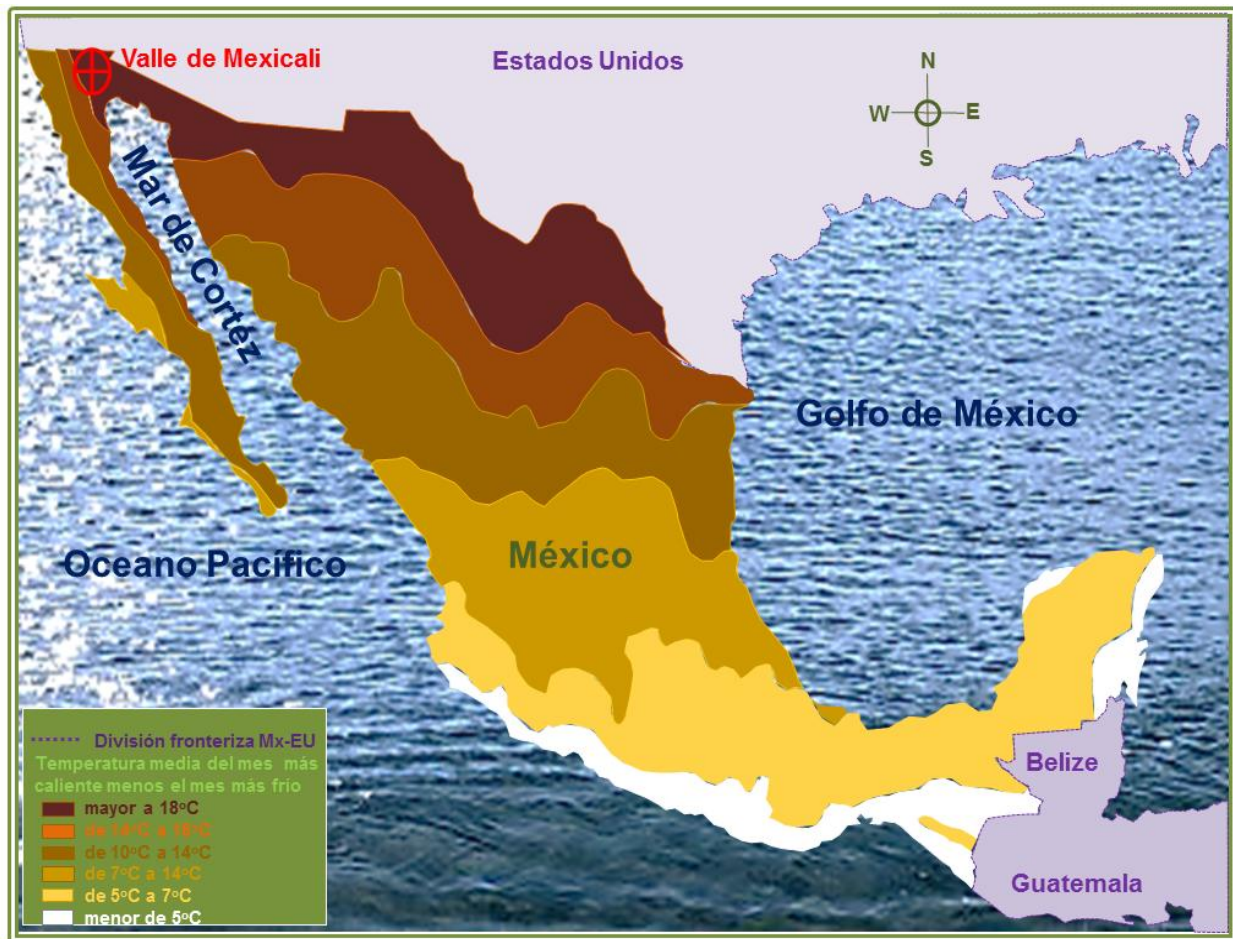
Para finalizar este proceso se realizaron dos mapas con la distribución espacial del riesgo derivado de las TmE, uno para los asentamientos humanos y otro para producto trigo la ganadería bovina no se consideró por que la raza que predomina en el área de estudio es más afectada por las TME que por las TmE . Para la distribución de riesgo derivado de TME se realizaron tres mapas, para: asentamientos humanos, producto algodón y ganadería bovina.

## CAPITULO III: RESULTADOS

### III.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo al García y Vidal (1992) el valle de Mexicali se localiza en una zona de alta peligrosidad por oscilación térmica (temperatura media del mes más caliente menos la del mes más frío del año), como se muestra en la siguiente figura 5.

Figura 5. Mapa de la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales (°C) en México.

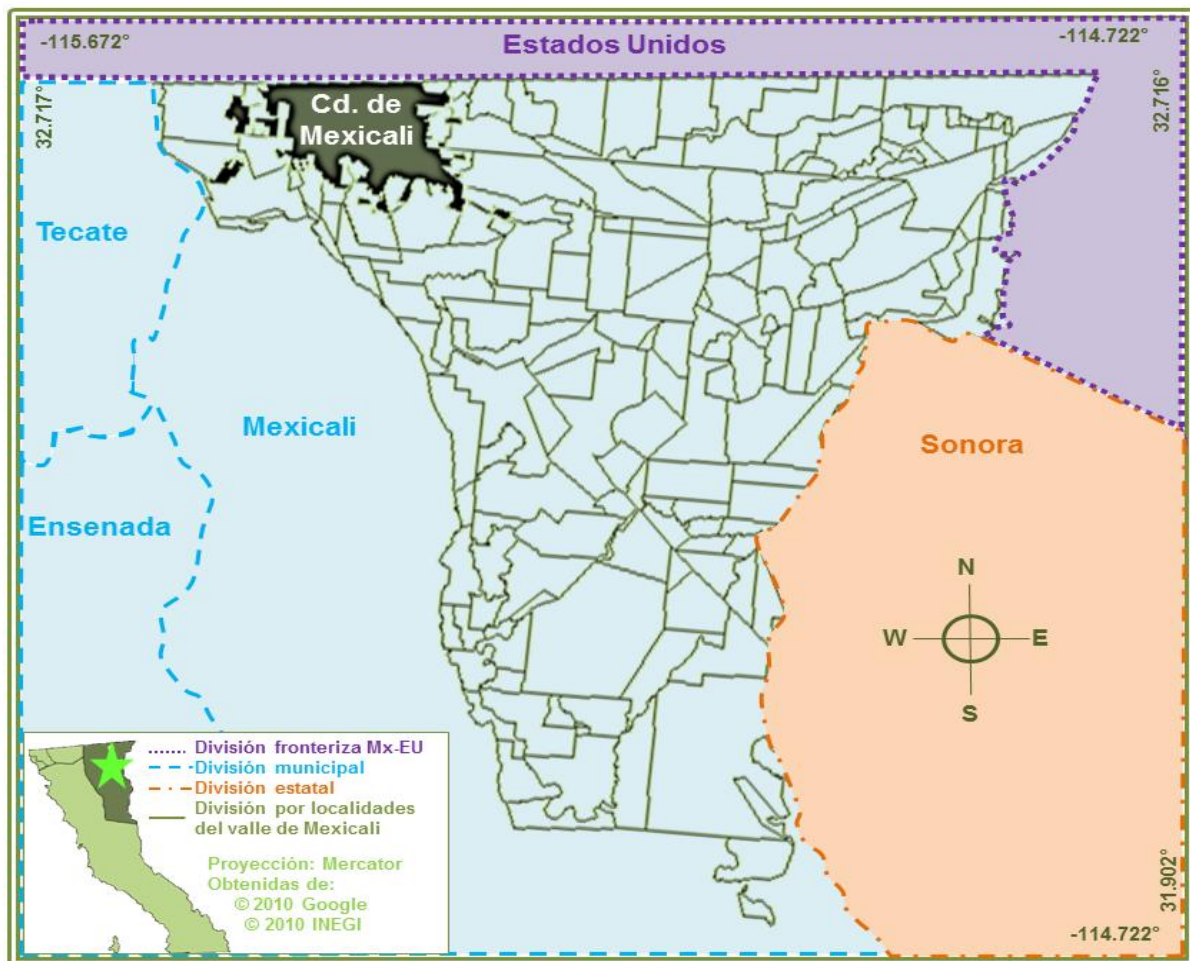


Fuente: Modificado de García y Vidal (1992).

El valle de Mexicali (figura 6) comprende el 35% de la superficie del municipio de acuerdo a Gobierno del Estado de Baja California (GobBC, 2011). Se ubica en la región fisiográfica del Delta del Río Colorado, el valle pertenece a la región del Desierto de Sonora, sobresaliendo tres accidentes fisiográficos: la sierra Cucapá con una altitud de

1,080m disminuyendo abruptamente hasta alcanzar el abanico aluvial de la misma y el cerro del Centinela con una altura de 760 m; la tercera elevación es Cerro Prieto el cual se localiza en la planicie del valle a 27 km al sur de la ciudad con una altura de 260 m el resto del valle presenta una altitud media de 10 m (Ley *et al.*, 2006; Reyes Miranda y García, 1991; Graef, 2008).

Figura 6. Ubicación del valle de Mexicali, Baja California, México.



Fuente: Elaboración propia.

El valle presenta una vegetación de zona semidesértica en el 80% del área, predominando las especies: *Ambrosia dumosa*, *Ephedra sp.* (itamo), *Hilaria rigida* (zacate galleta), *Larrea tridentata* (gobernadora) y el 20% de la flora restante es considerada de zona desértica micrófila, representado por plantas de hojas pequeñas

entre las que destacan, *Acacia berlandieri* (largorcillo), *Prosopis velutina* (mezquite), y en menor proporción cactáceas del tipo cilindropuntia (chollas, también predomina la vegetación desértica micrófila). En ambos casos abunda el nopal rastrero (*Opuntia rastrera*), y tasajillo (*Opuntia leptocauliss*) de acuerdo al Instituto Nacional de Ecología (INE, 1999) (ver figura 7).

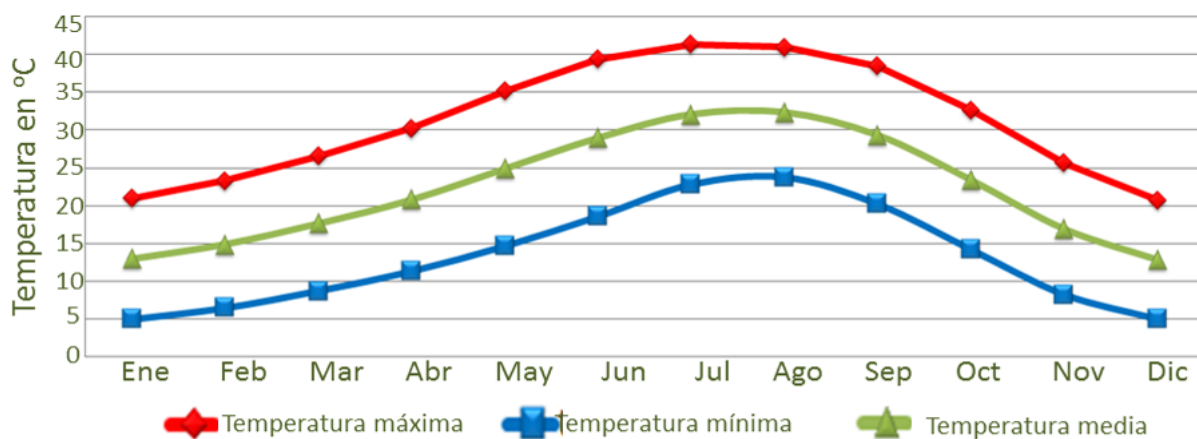
Figura 7. Vegetación del municipio de Mexicali: hierba del burro A), itamo B), zacate galleta C), gobernadora D), largorcillo E), mezquite F), chollas G), nopal rastrero H) y tasajillo I).



Fuente: Elaboración propia a partir de información de INE (1999).

La temperatura media anual en el valle es de 15°C con temperatura extrema mínima de 1°C en invierno (diciembre - marzo) y en verano (junio-septiembre) de la temperatura media es de 40°C alcanzando una máxima extrema de 50°C. Las oscilaciones térmicas fueron cercanas a los 18°C (diferencia de temperatura entre el mes más caliente y el mes más frío) como se observa en la figura 8.

Figura 8. Grafica de temperaturas medias para las estaciones del valle de Mexicali.

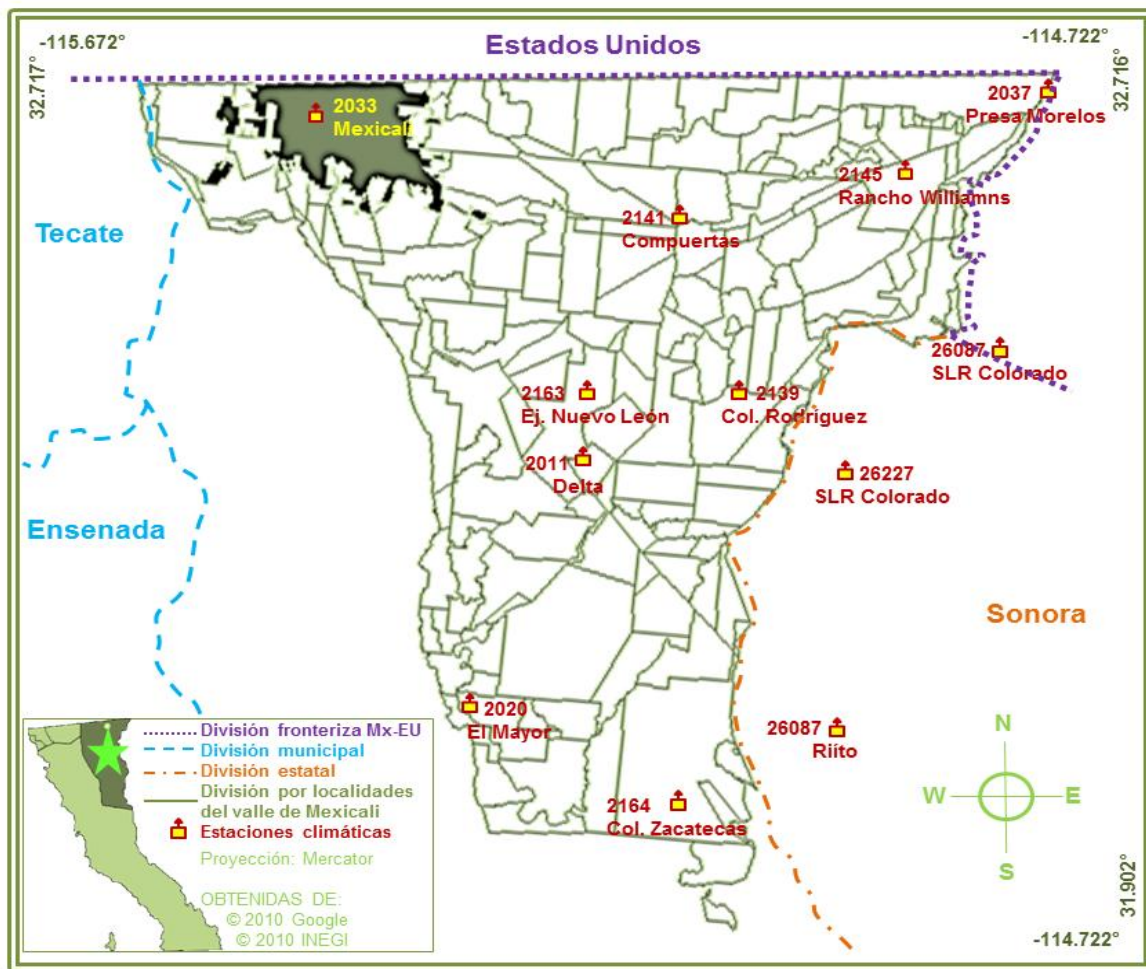


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos históricos de CONAGUA (2011).

### III.2 TEMPERATURAS EXTREMAS (TE)

Después de realizar el filtrado de datos de acuerdo a la metodología para la identificación del peligro, se seleccionaron 12 estaciones pertenecientes a CONAGUA que se muestran en la figura 8, de las cuales se realizó la caracterización térmica del valle de Mexicali en el periodo comprendido de 1999 a 2009 (figura 9).

Figura 9. Ubicación de las estaciones meteorológicas que se seleccionaron en el valle de Mexicali.

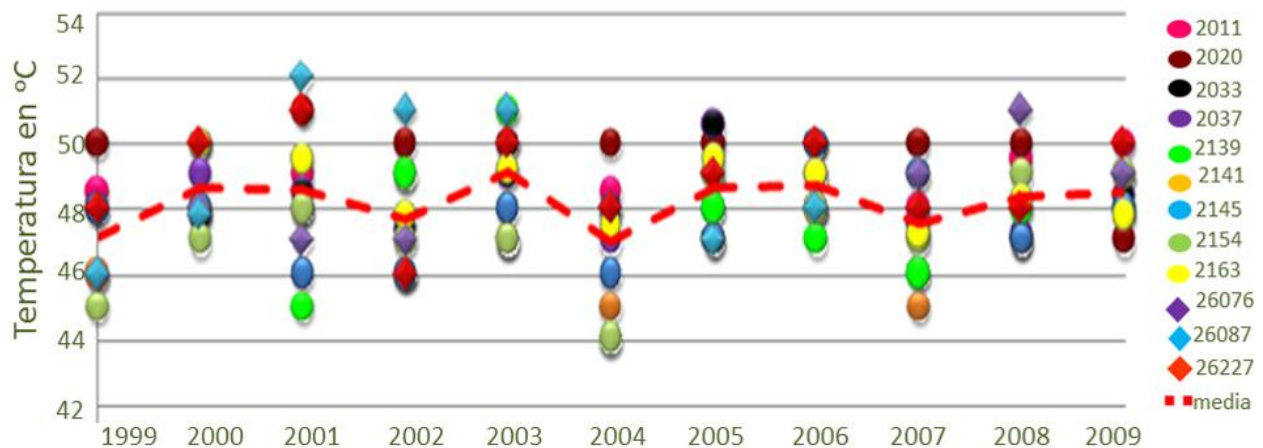


Fuente: Elaboración propia a partir de la información de CONAGUA (2011).

Durante dicho periodo las temperaturas rebasaron los 50°C todos los años en al menos el 10% de las estaciones con una media de 48.1°C en temperaturas máximas. Los resultados de la estación 2145 (rancho Williams) fueron atípicos, es decir, no se

consideraron con un comportamiento normal debido a que las temperaturas registradas fueron menores durante todo el año a la media del resto de las estaciones durante todo el ciclo analizado con los datos diarios de todo el año, resultando el mayor diferencial térmico entre todas las estaciones analizadas durante el 2001 (7°C) y 2004 (6°C), la menor variación térmica se presentó en 2000, 2006 y 2009 con 3°C. Los años con temperatura máxima maximorum del ciclo fueron los años 2003 y 2006 alcanzando una media de 49.1°C y 48.7°C respectivamente, sin embargo, al revisar la frecuencia se seleccionó al 2006 como el año con mayor peligro por temperatura máxima extrema (TME), ver figura 10. Por lo que el peligro por TME fue homogéneo, es decir, se presentó un grado similar de peligro por TME en todas las estaciones durante el ciclo 1999-2009.

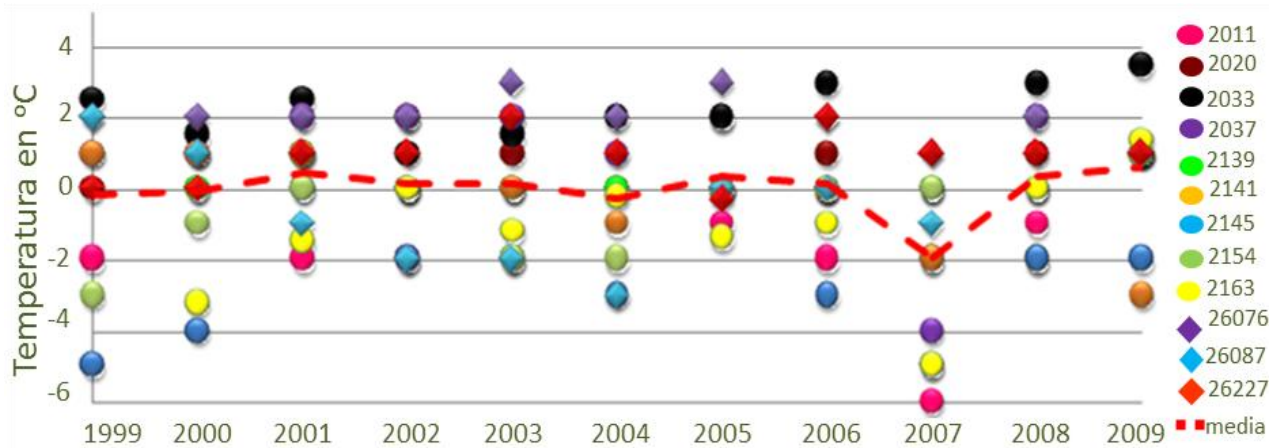
Figura 10. TME por estación para el valle de Mexicali (1999-2009).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAGUA (2011).

La temperatura media mínima minimorum fue de 1°C para el periodo analizado En el año 1999 la amplitud térmica fue de 8°C y en 2007 la variación fue de 7°C donde se registró la menor temperatura media (-2°C) y la menor temperatura registrada durante el ciclo analizado fue en la estación 2011 con una mínima de -6°C. Por lo que el año con menor temperatura mínima extrema (TmE) fue 2007 (figura 11).

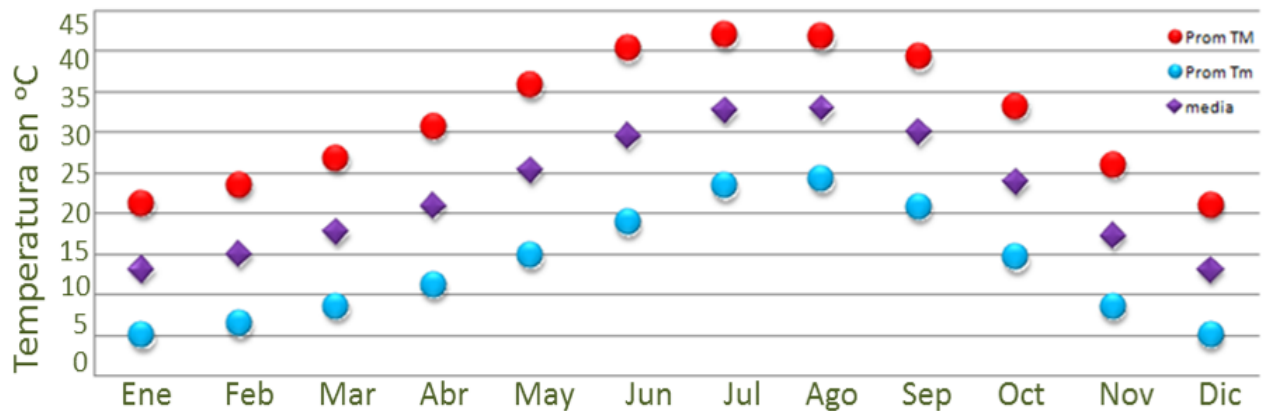
Figura 11. TmE por estación para el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAGUA (2011).

El promedio de las temperaturas máximas (PromTM) rebasaron los 40°C en junio, julio y agosto, resultando el mes de julio el que presentó las mayores temperaturas (42°C). El promedio de las temperaturas mínimas (PromTm) fue inferior a los 6°C en los meses de diciembre y enero. Por lo que los meses de julio y agosto fueron los de mayor peligro por TME y enero y diciembre los de mayor peligro por TmE durante el ciclo analizado (figura 12).

Figura 12. TM y Tm medias para las estaciones del valle de Mexicali (1999-2009).



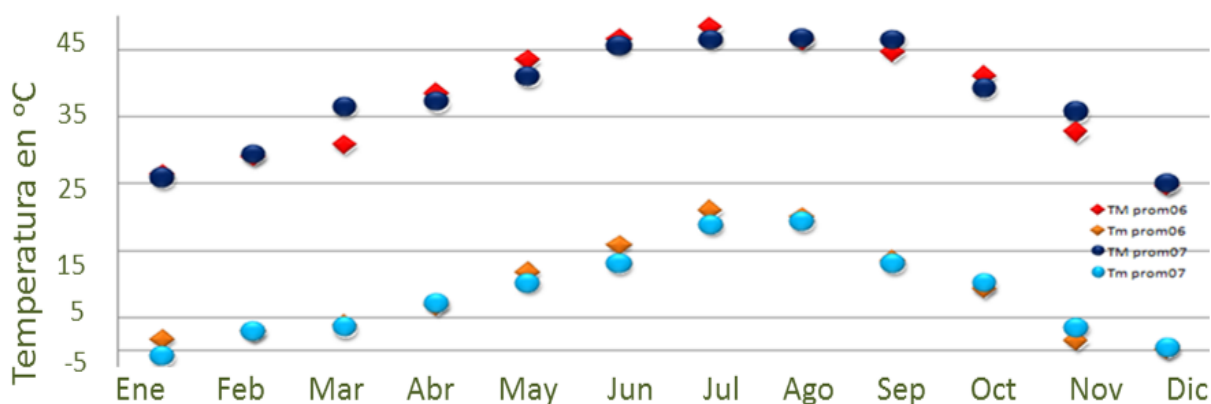
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAGUA (2011).

Se observó que en todo el valle las temperaturas son extremas y heterogéneas, es decir, que su comportamiento varía espacialmente, ya que en algunos casos la vegetación y actividad del lugar influye en la temperatura local.

### III.3 DESCRIPCIÓN DE AÑOS EXTREMOS (CRÍTICO)

Después del análisis del periodo se identificaron los años extremos, fueron 2003 y 2006 por TME, y 2007 y 2009 por TmE, al analizar la mayor frecuencia de dichas TE en los cuatro años se consideró el 2006 y 2007 como años extremos por TME y TmE respectivamente, observándose una mayor diferencia térmica en los promedios de TME que en los promedios de TmE, con una diferencia de 5°C entre los dos años extremos en el mes de marzo (figura 13).

Figura 13. Gráfica de TM promedio y Tm promedio para los años 2006 y 2007 en el valle de Mexicali (1999-2009).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAGUA (2011).

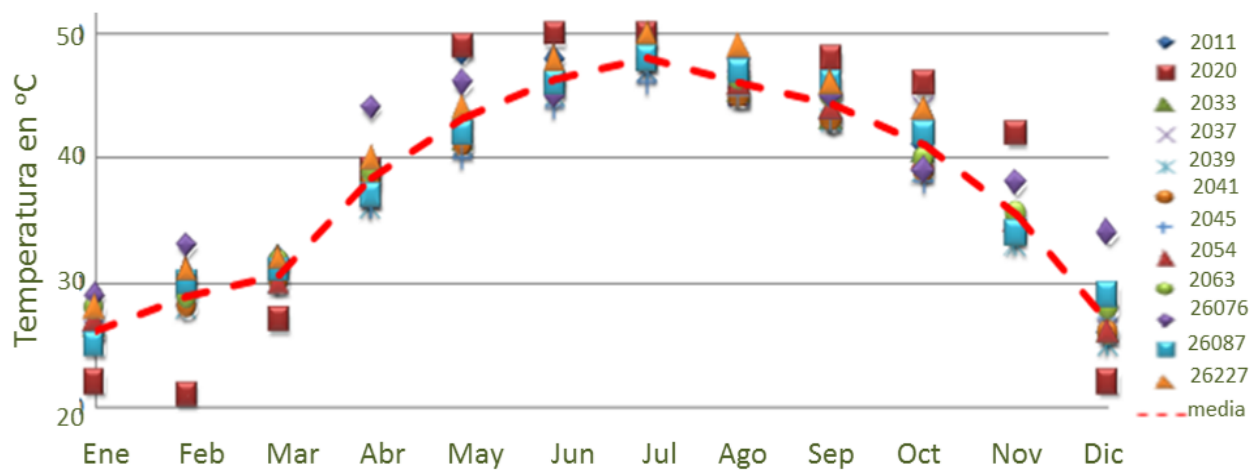
#### III.3.1 Año crítico por TME (2006)

En el periodo analizado se identificó el 2006 como el año más extremo por TME con una media máxima anual de 48°C, donde las máximas temperaturas se presentaron entre los meses de junio y agosto, no obstante en los meses fríos (enero, febrero, noviembre y diciembre) se observaron las mayores variaciones entre las estaciones climáticas, donde marzo fue el mes que mostró los valores más diferentes, en la

estación El Mayor (2020)<sup>14</sup>, se observó un promedio de 5°C por debajo del resto de las estaciones.

Otra estación que se mostró atípica con respecto al resto de las estaciones analizadas fue la estación Riíto (26076), sin embargo, las variaciones terminas no fueron tan marcadas como en la estación El Mayor. Por lo tanto, el mes con mayor presencia de peligro por TME en 2006 fue julio con una media en TME de 48.2°C (figura 14).

Figura 14. Gráfica de TME por estación por mes de 2006 de todas las estaciones del ciclo corto.

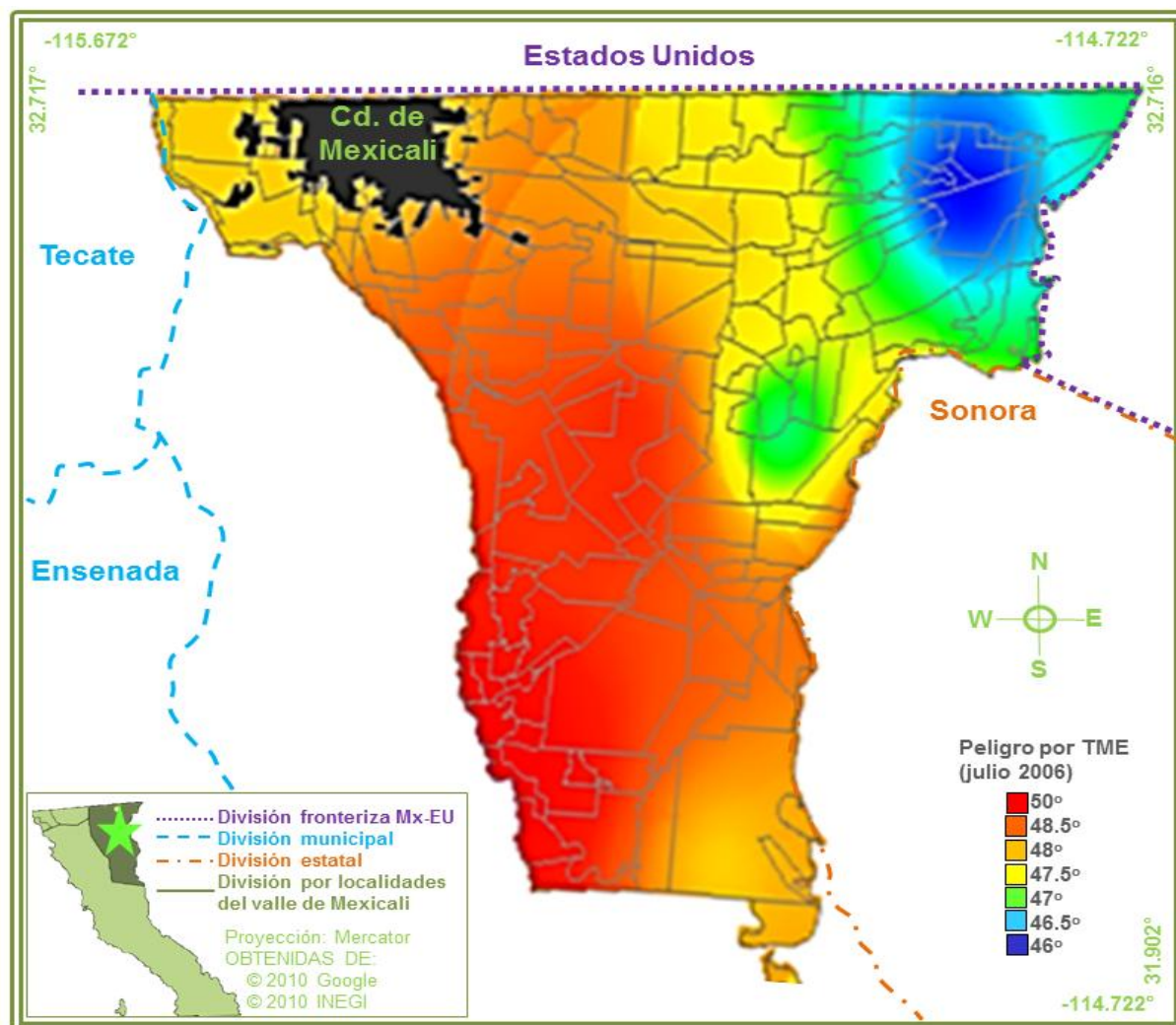


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAGUA (2011).

La zona que abarca desde la estación El Mayor hasta el norte de Cerro Prieto y en el Ejido Nuevo León registró durante el mes de julio, temperaturas de 50°C. Cerca de la estación rancho Williams no se superaron los 46°C, por lo que se considera que todo el valle fue una zona de peligro por TME (figura 15).

<sup>14</sup> Se realizó el análisis histórico de la estación con lo que se confirmó que éste comportamiento atípico en las temperaturas es normal por lo cual se seguirá manejando la información resultante de dicha estación.

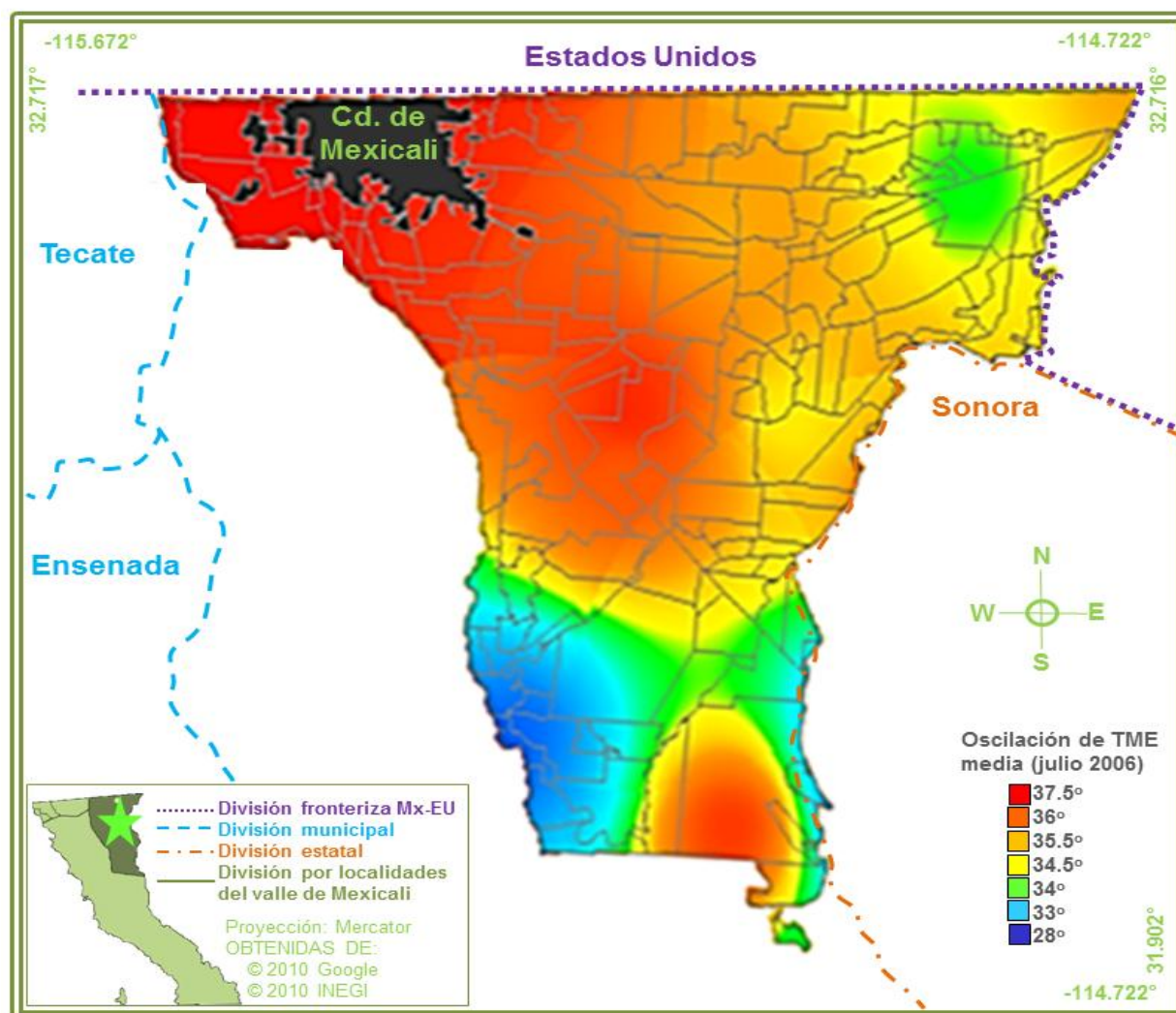
Figura 15. Mapa espacial del peligro por TME en el mes de julio en el valle de Mexicali para el año 2006.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAGUA (2011).

Durante el año 2006 se presentaron diferenciales térmicos en la zona urbana (Cd. De Mexicali) de 37.5°C con menor intensidad hacia el este y sur del valle (colonia Zacatecas), con oscilaciones de 36.6°C. Por lo que se considera el área urbana de Mexicali con mayor presencia de peligro por oscilación de TME, en 2006, a la zona urbana y sus alrededores (Figura 13b). Por otro lado, la menor oscilación que se presentó en el valle, en dicho año, fue en los alrededores de la zona urbana (28°C) y en el ejido Campeche con un promedio de 34°C (figura 16).

Figura 16. Mapa espacial de oscilación de TME en el mes de julio en el valle de Mexicali para el año 2006.



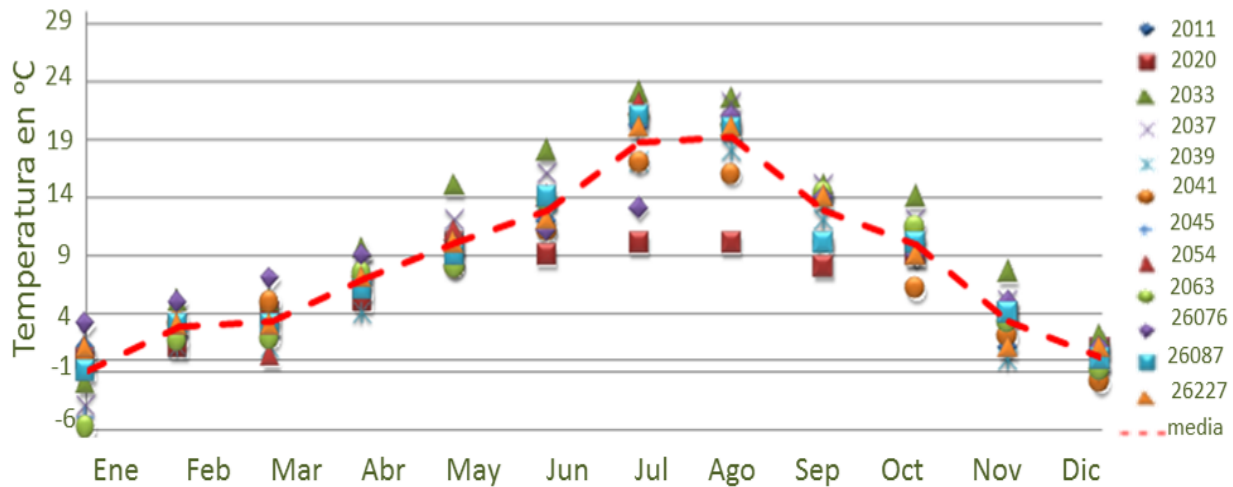
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAGUA (2011).

### III.3.2 Año crítico por TmE (2007)

En el período analizado se identificó el 2007 como un año extremo por TmE con una media anual de 8°C donde el mínimo se registró en enero y diciembre (-1°C y 0.2°C respectivamente). La mayor diferencia térmica entre estaciones fue en el mes de enero (10°C), seguido de diciembre con una media de 0 °C. También se observó que en enero el 50% de las estaciones registraron temperaturas menores a -1 °C, a diferencia de

diciembre, por lo que enero presentó el mayor peligro por TmE en 2007 con una temperatura mínima de  $-6^{\circ}\text{C}$  (figura 17).

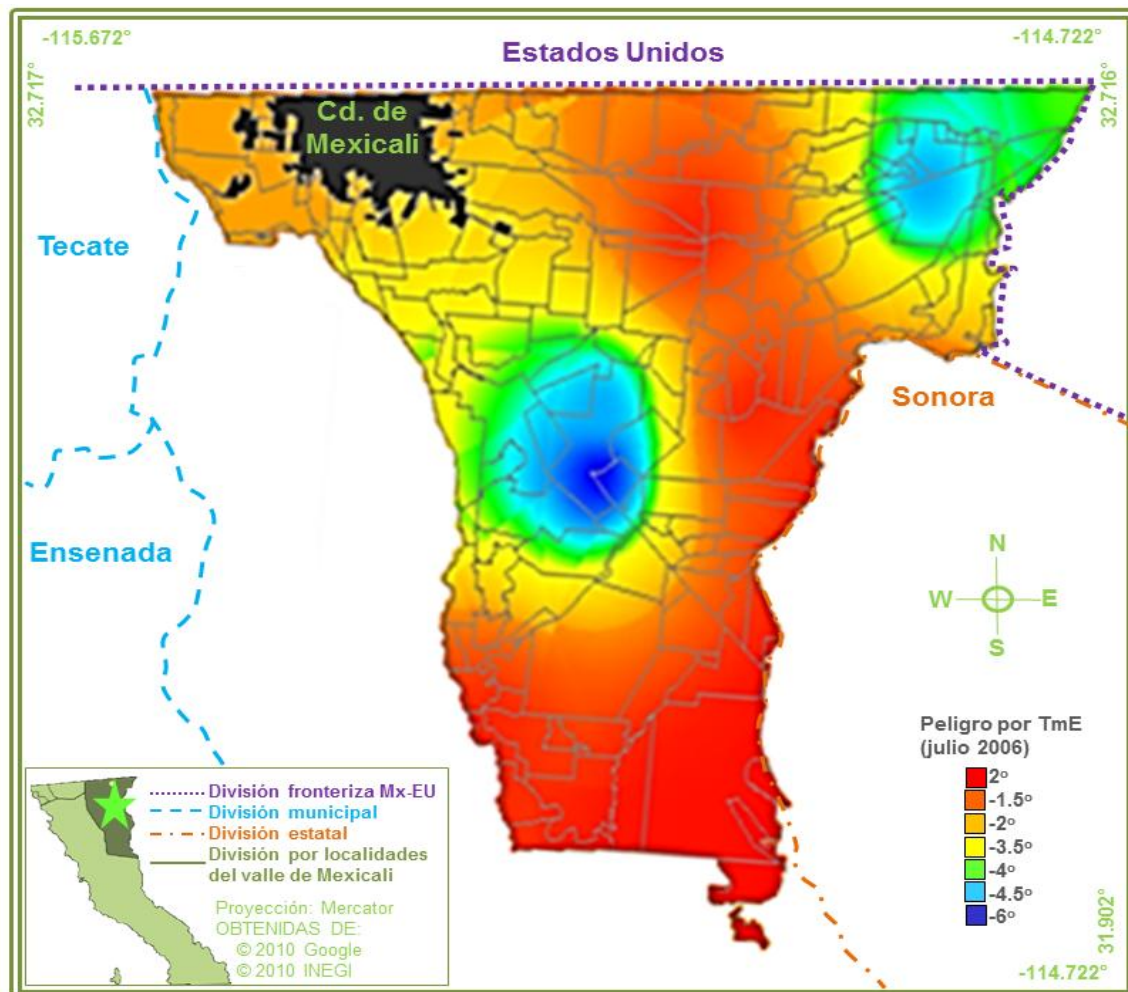
Figura 17. Gráfica de TmE por mes que se presentó durante el 2007.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAGUA (2011).

El valle presentó dos zonas con temperaturas inferiores a los  $-5^{\circ}\text{C}$ , la primera se localizó cerca de la estación Delta y la segunda en el extremo noreste con temperaturas cercanas a los  $-4.5^{\circ}\text{C}$ . El peligro por temperaturas menores a los  $0^{\circ}\text{C}$  se registró en casi toda la región con excepción del extremo sureste con las menores temperaturas registradas fueron de  $2^{\circ}\text{C}$ , mientras que la zona urbana registró temperaturas cercanas a  $-1.5^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto se considera que la mayor parte del valle fue una zona de peligro por TmE en enero del 2007 (figura 18).

Figura 18. Mapa espacial de peligro por TmE en el mes de enero en el valle de Mexicali para el año 2007.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAGUA (2011).

La ocurrencia e intensidad de los eventos de TE no es constante, pues en algunos años el número de eventos de TE fue menor a 3 días, con una temperatura media máxima en los meses de verano superior a los 47°C en cambio, otros años (2003 y 2006) fueron más de 20 días los que se superaron dichas temperaturas; lo mismo ocurre con las temperaturas mínimas las cuales han aumentado su peligrosidad cada año; desde 2009 (año en que aumentaron en gran medida las pérdidas en valor de producción) comenzó a posponer las fechas de siembra de todos los cultivos del periodo otoño-invierno para evitar en lo posible las perdidas por heladas agrometeorológicas en el valor de producción.

Las oscilaciones térmicas que se presentaron en el valle muestran que las temperaturas extremas son comunes en la zona, sin embargo, al realizar un análisis del ciclo 1999 a 2009 se identificaron dos años con las mayores temperaturas máximas extremas, el 2003 y 2006, de los cuales el que presentó la mayor ocurrencia de las mismas fue el año 2006 (año crítico por temperaturas extremas) y el año crítico por temperaturas mínimas fue el 2007, alcanzando una media de  $-2^{\circ}\text{C}$ .

El mayor nivel de peligrosidad en 2006 se presentó en la zona oeste del valle de Mexicali con temperaturas que superaron los  $50^{\circ}\text{C}$ , con excepción del área aledaña a la ciudad donde las temperaturas se mantuvieron cercanas a los  $47^{\circ}\text{C}$ , lo que indica que el noreste del valle es la zona con menor afectación con un nivel alto de peligrosidad ( $46^{\circ}\text{C}$ ).

Respecto al año 2007, el mayor nivel de peligrosidad por temperaturas mínimas se presentó en la estación Delta, ejido Nuevo León, rancho Williams y Presa Morelos, con temperaturas que alcanzaron los  $-8^{\circ}\text{C}$ .

### **III.4 VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS**

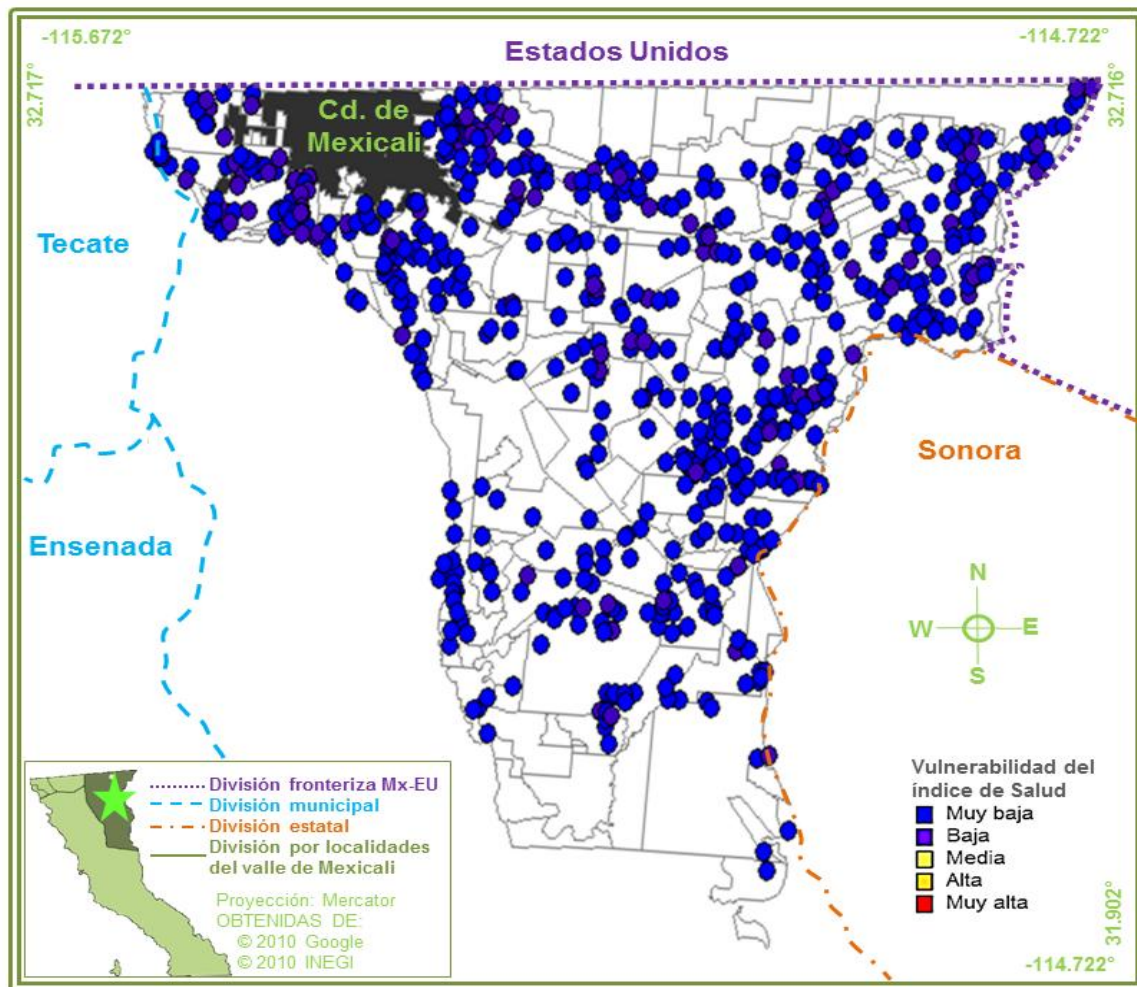
#### **III.4.1 Descripción de los asentamientos humanos en el valle de Mexicali**

En la zona rural del valle de Mexicali habita el 24.4% de la población municipal. Al crecer la ciudad de Mexicali, la mayoría de los asentamientos se ubicaron cerca de la actual Garita I, del año 1940 a 1950 el crecimiento se duplicó por el aumento de “colonias proletarias” (Moreno, 1992: 166, en Ley, 2008). En 1985 los asentamientos se incrementaron hacia las zonas industriales (Ley 2008) y hacia el valle, por lo que en 1990 la condición poblacional cambió, permitiendo tener mayor acceso a servicios básicos como luz, agua y pavimentación (Álvarez, 2006).

Dado que los asentamientos humanos poseen diferentes condiciones de vulnerabilidad, primero se analizó cada indicador de vulnerabilidad por separado y al final se incorporó el peligro por temperatura extrema a la vulnerabilidad socioeconómica.

El indicador de salud (S) incluye la información de la proporción de médicos que hay por cada 1000 habitantes, la mortalidad infantil y el porcentaje de población sin derechohabiencia, por lo cual el 17.2% de la población presentó un nivel de vulnerabilidad baja, mientras que para el resto de la población la vulnerabilidad en la que se encuentran es muy baja. El porcentaje de vulnerabilidad en salud se debe a que el 74% de la población no cuenta con seguro médico (IMSS, ISSSTE, etc), por lo que las colonias Abasolo, Orizaba, Wisteria y el Refugio son las más afectadas. Otro 4% de la población sufre algún tipo de discapacidad para desempeñar o realizar tareas de la vida cotidiana la cual se encuentra dispersa en el valle. Por lo tanto la población con nivel de vulnerabilidad bajo que presenta el indicador de salud se presentó homogéneamente en el valle de Mexicali (figura 19).

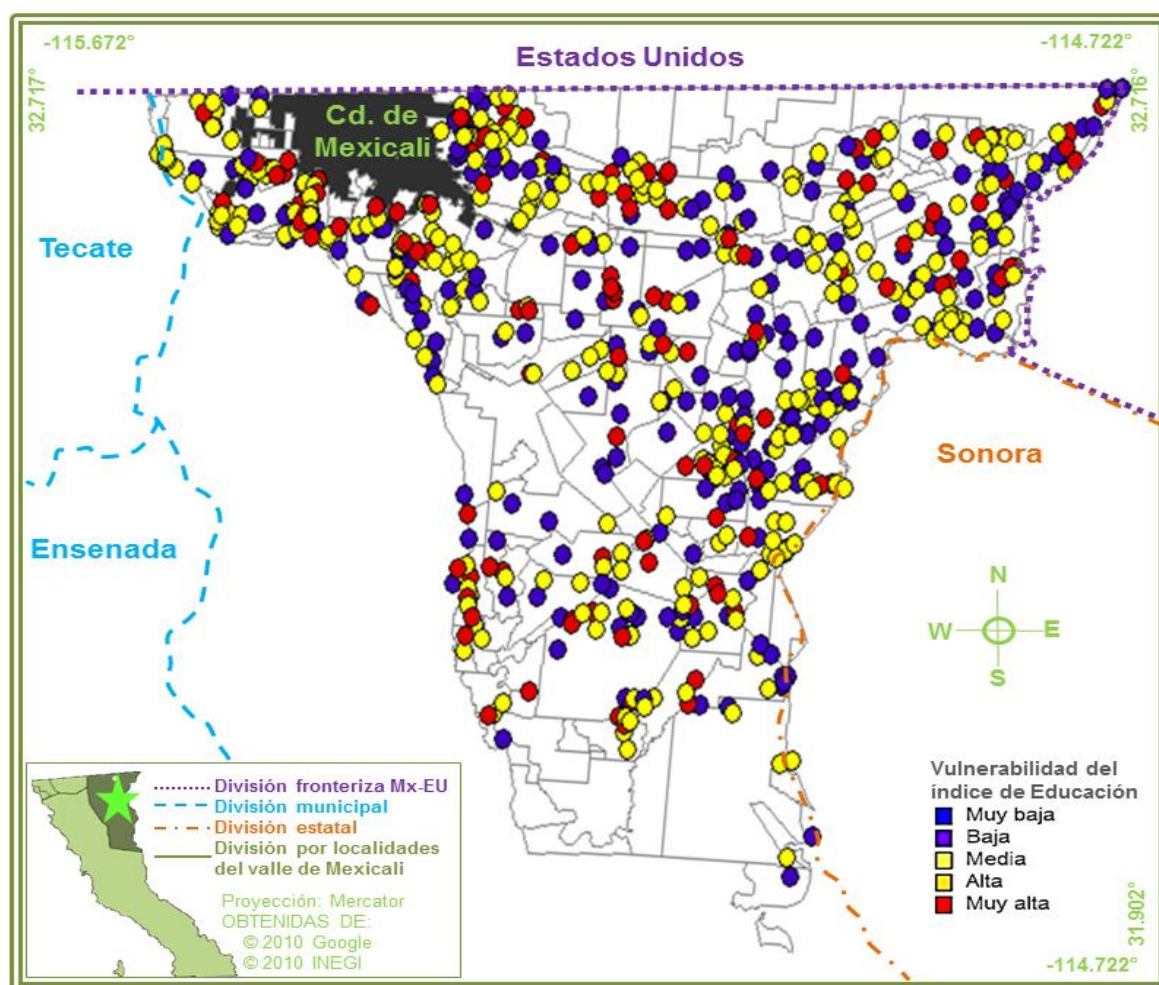
Figura 19. Distribución de la vulnerabilidad del índice de salud en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010).

El indicador de educación (E) incluye el porcentaje de analfabetismo y demanda de educación básica, así como el grado promedio de escolaridad presente en el valle, por lo que la vulnerabilidad educativa presentó un nivel bajo a alto en este indicador, debido a que el 3.8% de la población mayor de 15 años es analfabeta, mientras que el 17.9% posee estudios nivel secundaria. Por lo anterior 313 localidades presentaron vulnerabilidad alta, en el 20% de las localidades restantes se observó una vulnerabilidad muy alta en el déficit educativo (figura 20).

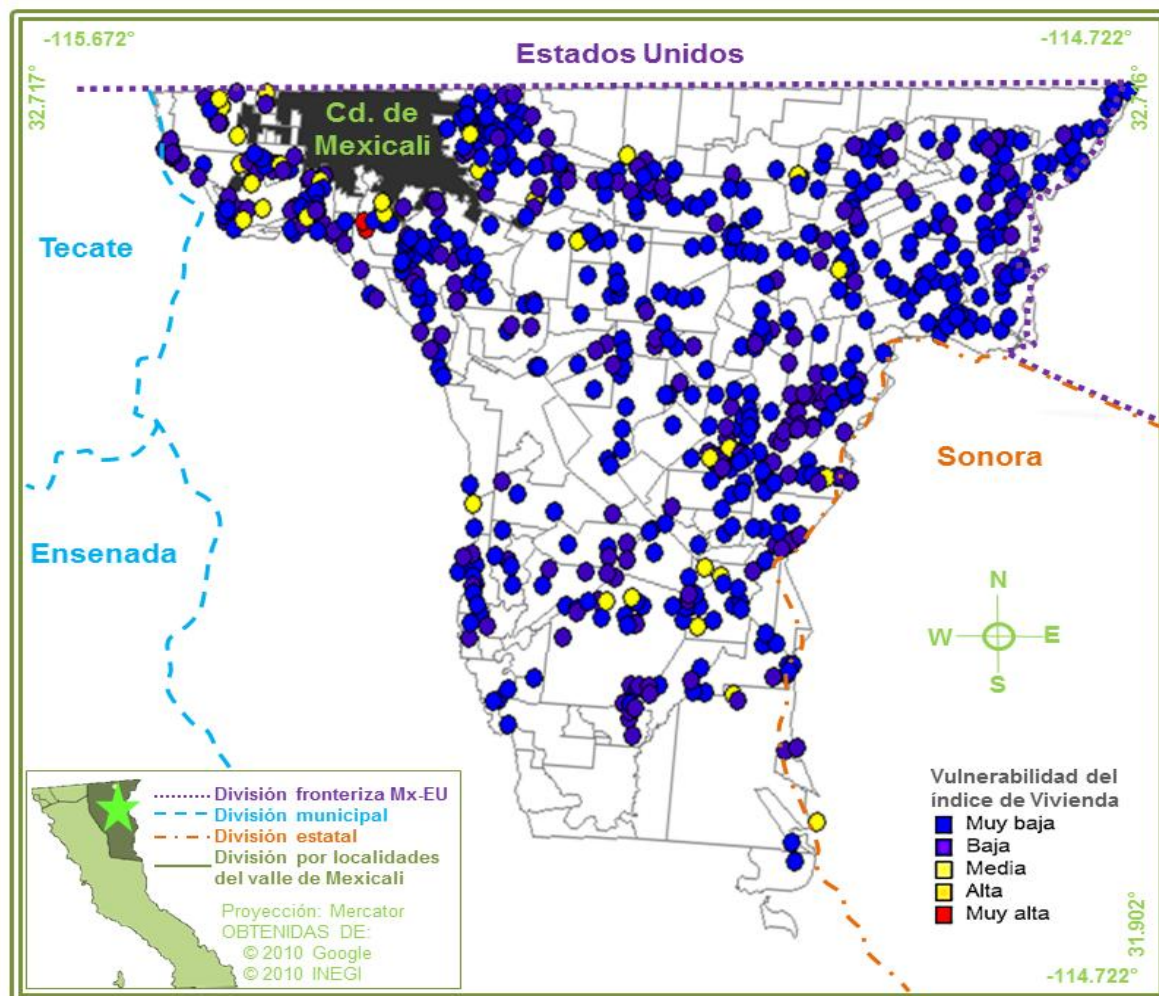
Figura 20. Distribución de la vulnerabilidad del índice de educación en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010).

El indicador de vivienda (V) incluye la información de las viviendas que no cuentan con servicio de agua entubada, drenaje, electricidad, viviendas con paredes de materiales de desecho y lámina, así como las viviendas que tienen piso de tierra, de tal manera que la mayor vulnerabilidad se presentó en la colonia Colorado y ejido Palo Verde, y una vulnerabilidad media en 31 localidades y una vulnerabilidad alta en 2 localidades, debido a que el 97% de las viviendas registradas no cuentan con electricidad y el 89% no cuenta con agua entubada, sin embargo, el 25.7% de las localidades posee automóvil. El nivel de vulnerabilidad alto se ubicó en las cercanías de la zona urbana, como se observa en la figura 21.

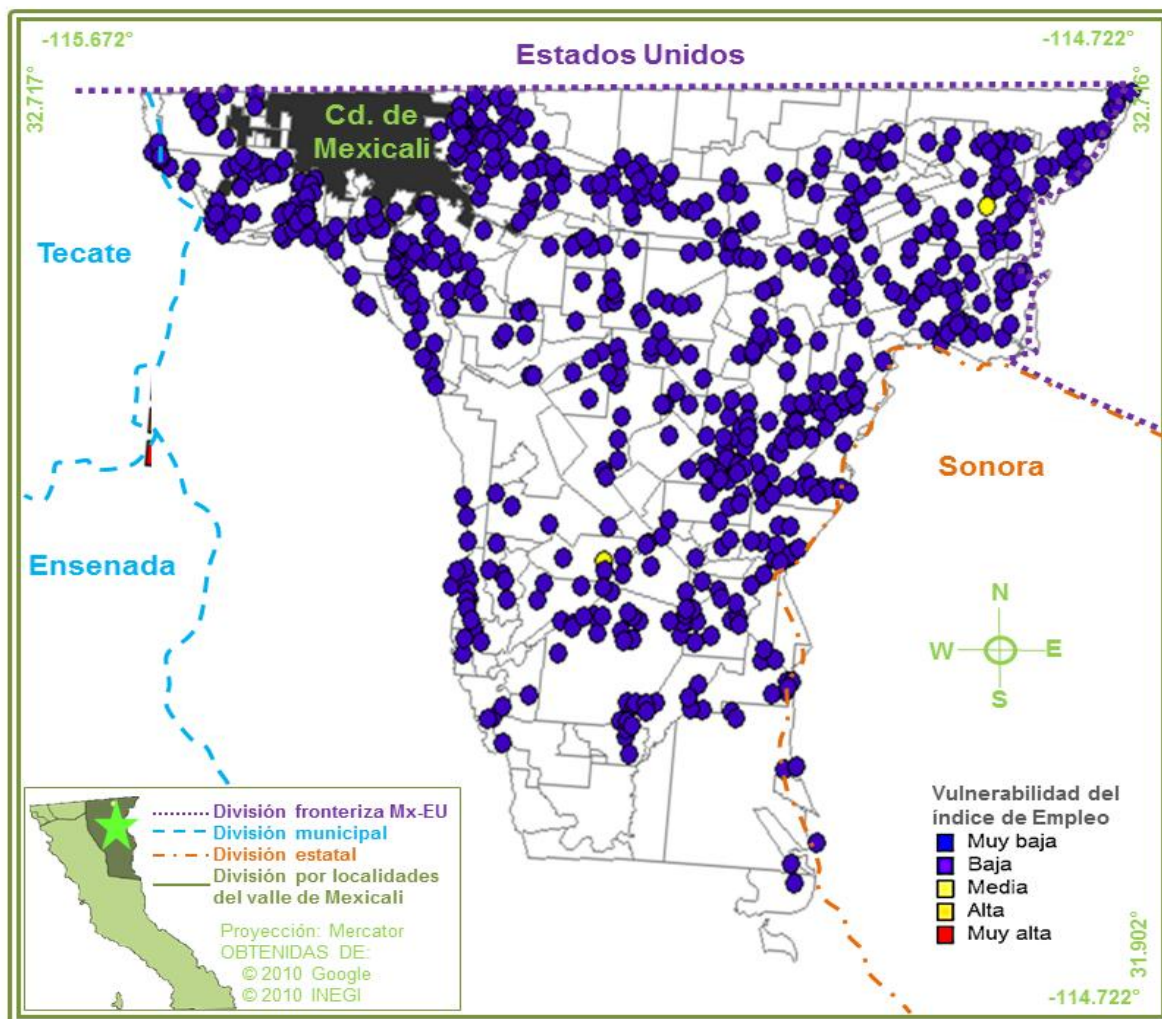
Figura 21. Distribución de la vulnerabilidad del índice de vivienda en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010).

El indicador de empleo e ingresos (EI) incluye el porcentaje de la población con menos de 2 salarios mínimos, razón de dependencia y tasa de desempleo presentó 2 localidades con una vulnerabilidad media una ubicada en el ejido Morelos y la otra en el ejido Sonora; el resto de las localidades presentaron una vulnerabilidad baja (figura 22).

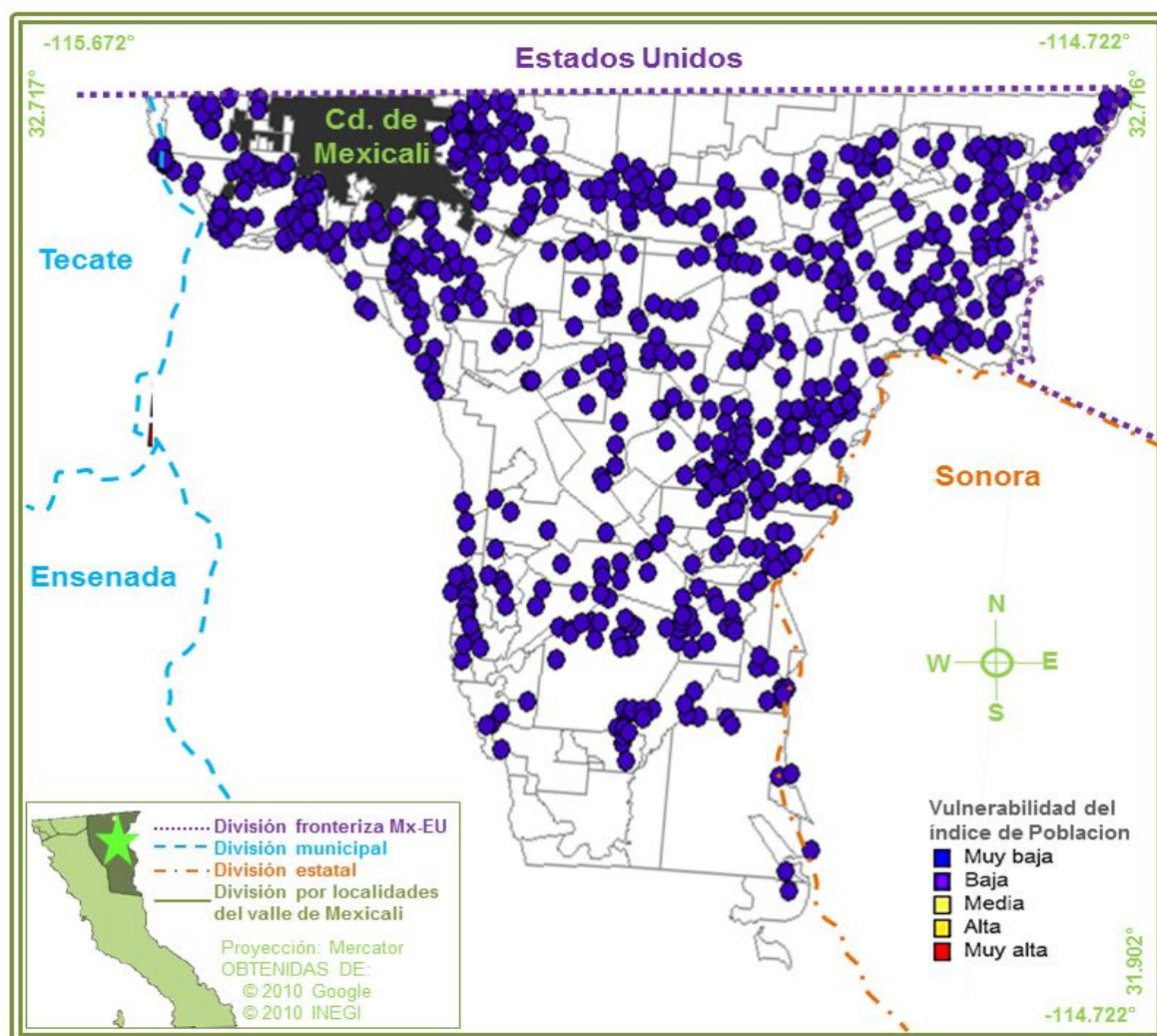
Figura 22. Distribución de la vulnerabilidad del índice de empleo e ingresos en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010).

En la figura 23 se observa que el indicador de población (P) incluye la densidad de la población, la cantidad de población de habla indígena que habita en el valle y la dispersión poblacional. Esta información indica la presencia de una vulnerabilidad baja debido a que el 0.5% de la población que habita el valle habla una lengua indígena y español, el 11% son niños menores a 5 años y un 9% son adultos mayores, el 51% de la población del valle son hombres mientras que el 49% son mujeres, de los cuales el 67% de la población es originaria del estado de Baja California.

Figura 23. Distribución de la vulnerabilidad del índice de población en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010).

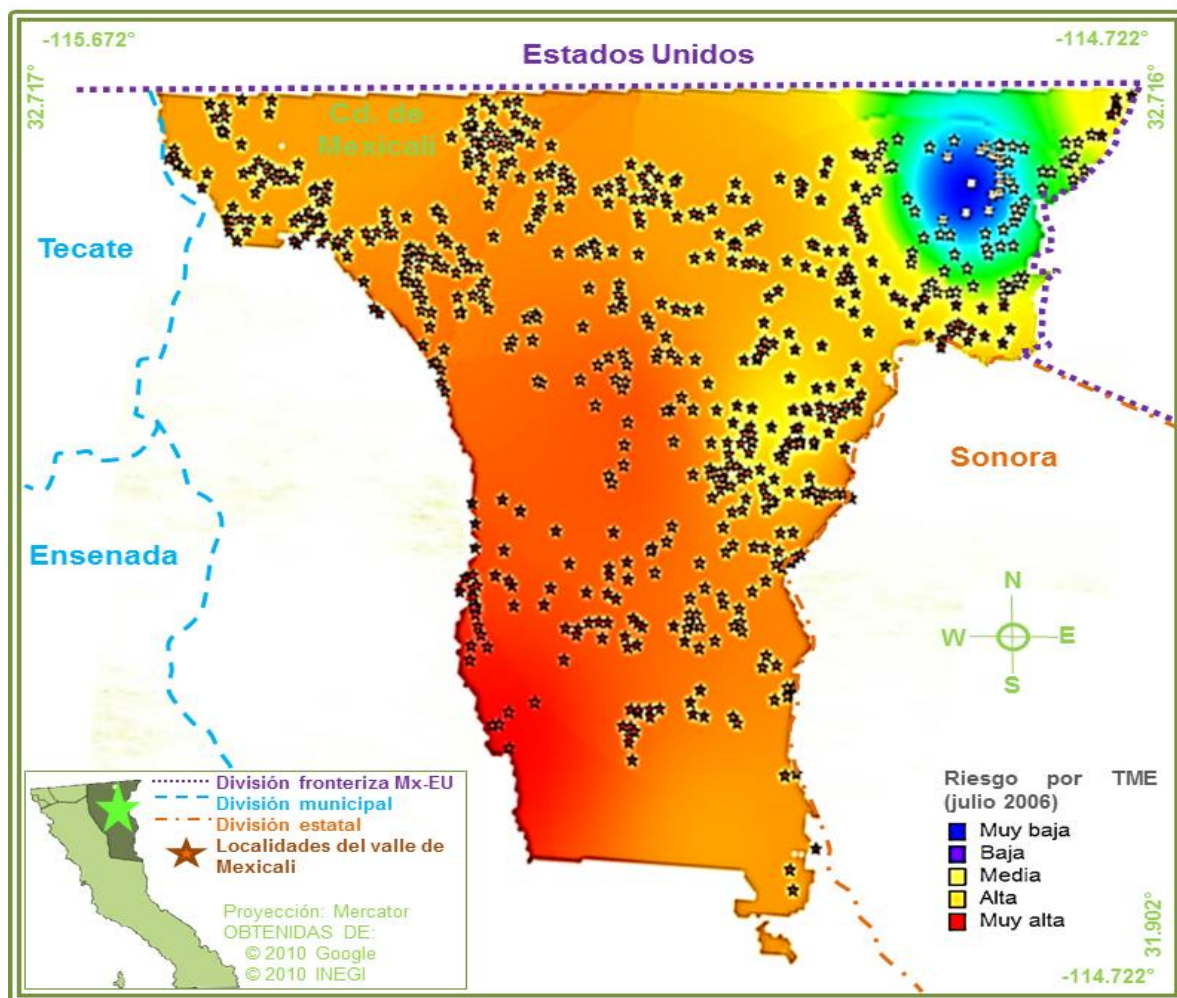
### III.4.2 Estimación del riesgo en asentamientos humanos

El nivel de vulnerabilidad socioeconómica aumentó por el indicador de educación, en el que los habitantes del 67% de las localidades muestran un nivel de vulnerabilidad medio a bajo; otro indicador que influyó en el nivel de vulnerabilidad socioeconómico fue el de vivienda debido a que la mayoría de la población (97%) no cuenta con electricidad, servicio considerado como indispensable para minimizar los daños a la salud generados por las temperaturas extremas, aunado a ello, es el material de desecho con el que están construidas las casas en más del 54% de las localidades que

existen en el valle. Por lo anterior, se presentó un nivel de vulnerabilidad medio en 9% de las localidades, nivel bajo en 91% y el resto presento un nivel muy bajo.

El riesgo en asentamientos humanos por temperaturas máximas extremas fue heterogéneo, es decir, que los valores de riesgo no fueron similares en toda el área, presentando el 73% de las localidades un nivel bajo y el 27% un nivel medio por lo que se considera que todo el valle se encuentra en riesgo por temperaturas máximas. La población que se encuentra en un nivel de riesgo medio por temperaturas máximas extremas es 15% de las localidades y las restantes se encuentran en un nivel bajo (figura 24).

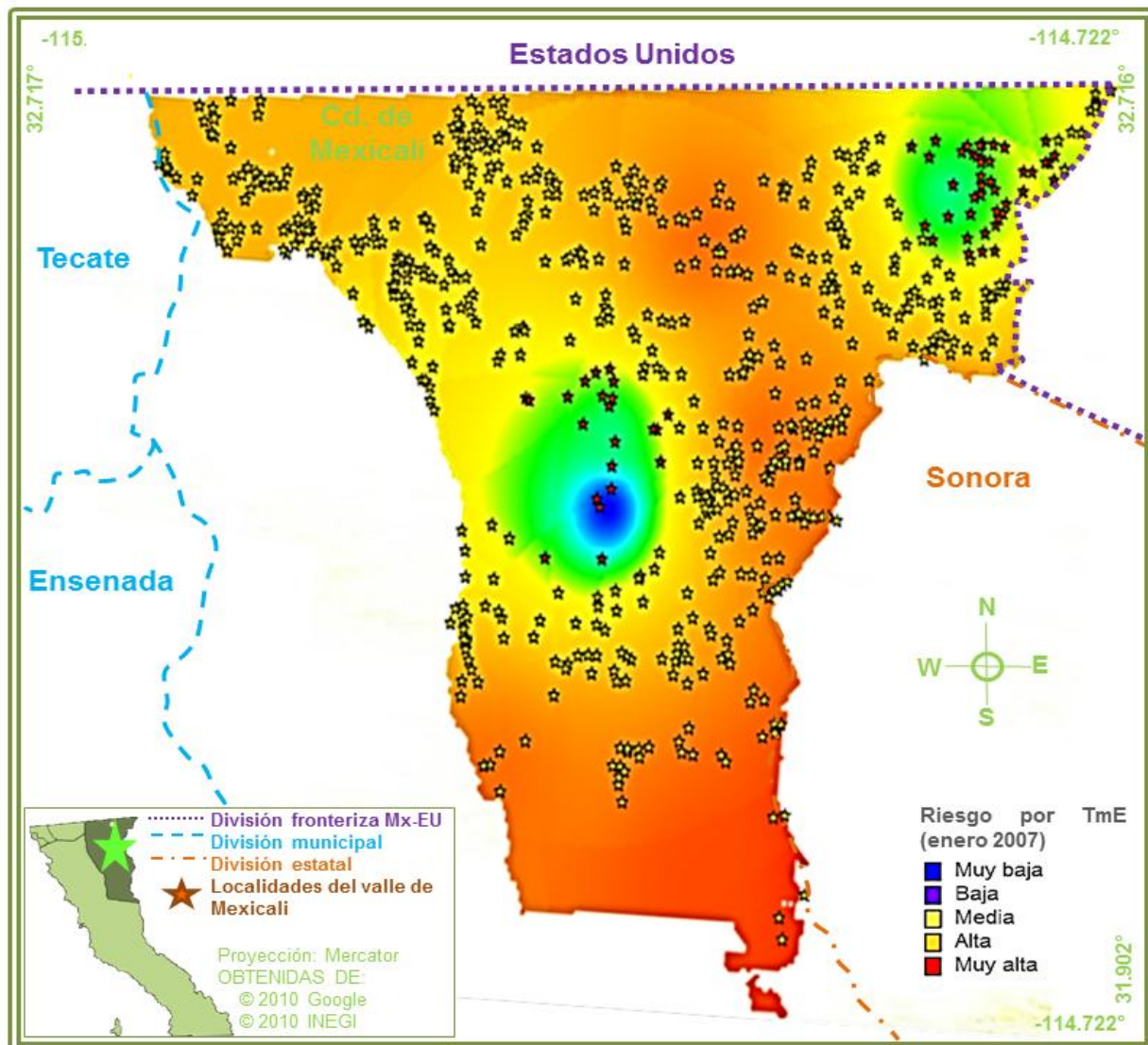
Figura 24. Variación espacial del riesgo por TME en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010).

Se presentó un nivel medio a bajo de riesgo en asentamientos humanos por temperaturas mínimas extremas, se presentó un nivel bajo a muy bajo en dos grupos de localidades, el primer grupo ubicado en el ejido Delta con 21 localidades y el segundo en las cercanías del rancho Williams con 39 localidades. El resto de las localidades se presenta un nivel de riesgo medio a muy alto medio por temperaturas mínimas extremas (figura 25).

Figura 25. Variación espacial del riesgo por TmE en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010).

Por lo tanto, el riesgo fue heterogéneo en asentamientos humanos por TE in embargo al observar el riesgo en cada localidad se aprecia que las zonas con mayor riesgo difirieron entre las TME y las TmE.

### **III.5 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN EL VALLE DE MEXICALI**

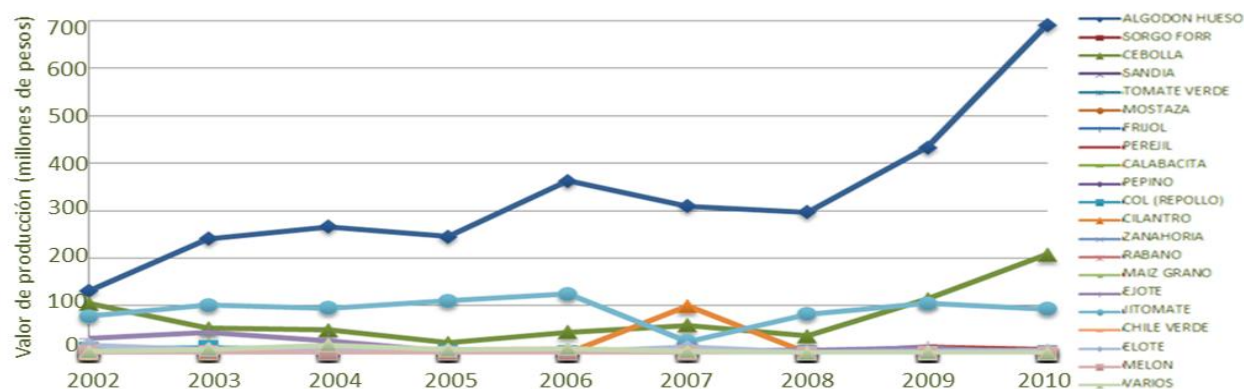
La importancia agrícola del valle tiene su origen en el año de 1914 con la industria algodonera cuando Estados Unidos aumenta la demanda de dicho producto, razón por la cual se construyen las primeras despepitadoras y plantas procesadoras de aceite en el valle (Griffin y Grijalva, 2008). Catorce años después el precio del algodón bajó considerablemente, por lo que en una parte del valle se comenzaron a sembrar hortalizas y frutas para abastecer las demandas de la sociedad, lo que se convertiría en una actividad alternativa con excelentes rendimientos (Ley, 2008).

En 2010 la producción agrícola del valle de Mexicali representó el 45% de la producción estatal. Las cosechas agrícolas se dividen en primavera-verano (PV), otoño-invierno (OI), dependiendo de la época en que se siembra y en que se cosecha el producto, sin embargo, en el valle el mayor ingreso se genera por las cosechas de los primeros dos ciclos (OI y PV).

El ciclo PV inicia con la siembra de la semilla de mediados de febrero a finales de marzo y dependiendo del producto la cosecha se realiza a los dos o cinco meses, cuando la planta se puede cosechar rápidamente se vuelve a realizar la siembra de la misma.

Los productos que continuamente se siembran en el valle durante este ciclo son 26, de los cuales los que generan el mayor ingreso de producción son el algodón hueso con el 60% de la producción total para el ciclo, la del sorgo representa el 18% y en tercer lugar de producción para OI se encuentra la cebollín. Durante 2010 se generó una derrama económica de 3.5 millones de pesos para el ciclo OI, ver figura 26.

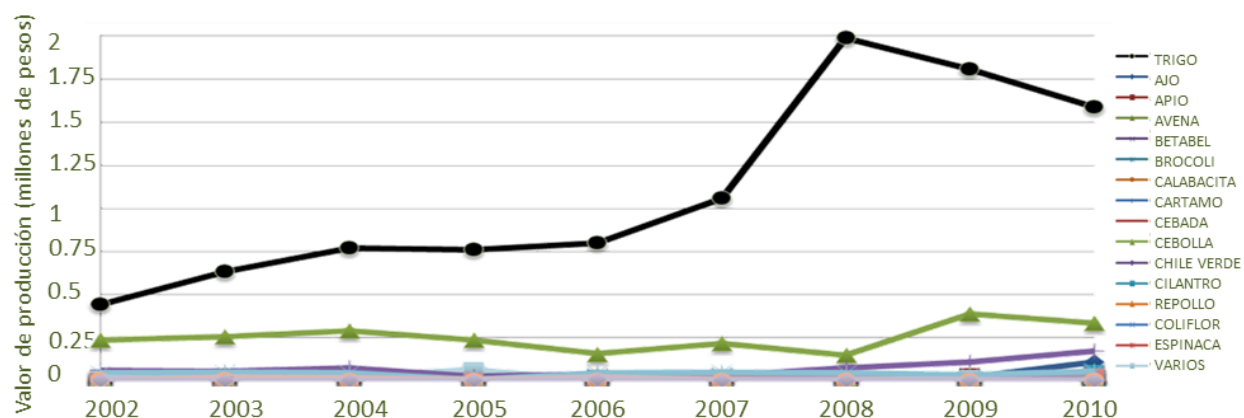
Figura 26. Valor de producción por producto sembrado durante el ciclo PV en valle de Mexicali durante el periodo 2002-2010.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de OEIDRUS (2011).

En el caso del ciclo OI la siembra se realiza de mediados de noviembre a finales de Diciembre y dependiendo del producto la cosecha se realiza a los tres o seis meses. Los productos que se siembran normalmente en el valle durante éste ciclo son 33, siendo el trigo el que representa el mayor valor en producción con 55.6% del total, en segundo lugar se encuentra el cebollín con 19.4% y la lechuga ocupa el tercer lugar con un porcentaje de producción del 4.7%. Durante 2010 se generó una derrama económica de 8.7 millones de pesos para el ciclo OI ver figura 27.

Figura 27. Valor de producción por producto sembrado durante el ciclo OI en valle de Mexicali durante el periodo 2002-2010.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de OEIDRUS (2011).

Respecto a la actividad pecuaria, el valle de Mexicali es el municipio que genera el mayor valor de producción anual de carne en Baja California con el 94% de carne bovina, 45% de carne porcina, 37% de carne caprina y 63% de la carne ovina. Sin embargo, en la producción de leche bovina se encuentra por debajo de Tijuana y Tecate, con un aporte del 11% en leche bovina, respecto a la leche caprina genera el 100% de la producción estatal y el 46% en la producción de huevo. El valle de Mexicali representó el 83.9% de la producción generada por la actividad pecuaria en el estado con un valor de 6.5 millones de pesos en 2010, ver tabla IX.

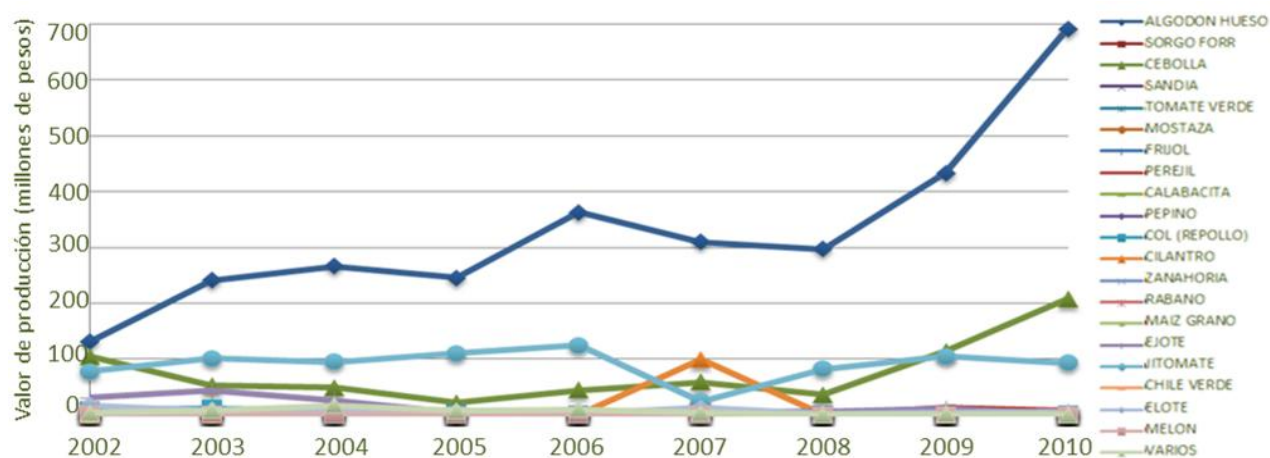
Tabla IX. Descripción del valor de producción y porcentaje respecto a la producción estatal de los productos pecuarios del valle de Mexicali en 2010.

| PRODUCTO      | Valor de producción en pesos | % respecto a la producción estatal |
|---------------|------------------------------|------------------------------------|
| CARNE BOVINA  | 6,376,075,400                | 94.9                               |
| CARNE PORCINA | 17,107,800                   | 45.2                               |
| CARNE CAPRINA | 7,371,500                    | 37.1                               |
| CARNE OVINA   | 10,551,900                   | 63.0                               |
| LECHE BOVINO  | 101,903,800                  | 11.1                               |
| LECHE CAPRINO | 1,409,700                    | 100.0                              |
| HUEVO         | 42,438,100                   | 46.4                               |
| MIEL          | 2,781,000                    | 85.1                               |

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de OEIDRUS (2011).

Como puede observarse en la figura 28, la producción de carne de bovino es la que generó el mayor ingreso económico a la región durante el ciclo analizado. El valor de la producción de la carne bovina aumentó 47% en 2005 con respecto al año anterior, y se mantuvo estable hasta 2009, para aumentar 54% en 2010, cuando se alcanza una producción de 6.37 millones de pesos. Por lo anterior, el ganado bovino es el producto pecuario que es utilizado para fines de evaluación de riesgo en este trabajo.

Figura 28. Valor de producción por producto pecuario en valle de Mexicali durante el periodo 2002-2010.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de OEIDRUS (2011).

## III.6 VULNERABILIDAD AGRÍCOLA

### III.6.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO ALGODÓN

El algodón es uno de los productos más utilizados desde la antigüedad, su uso se remonta a unos 3000 años a. de C. en prendas ubicadas en la región norte de la costa peruana. Hace 1500 años a. de C. se cultivaba en la India la planta del algodónero, extendiéndose su uso hasta Egipto y China, siendo los fenicios y árabes las civilizaciones que introducen el textil (hecho de algodón) a Europa.

En México, a partir de 1860 el cultivo de algodón se había extendido a los estados de Chiapas, Tabasco, Veracruz y Yucatán<sup>15</sup> y un año después se extendería su cultivo a Guerrero, Jalisco y Colima, por lo que en el país ya existían alrededor de once despepitadoras, aumentando la cantidad de exportaciones destinadas a Norteamérica gracias al desarrollo del ferrocarril de la zona Panamá y zona Pacífico (Vargas, 1993).

Por la adaptabilidad del cultivo a diferentes tipos de suelo y clima, en 1969 ya se cultivaba el algodón en 17 estados en la República, de los cuales Baja California ocupó

<sup>15</sup> Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad. CONABIO, 2009.

el 4to lugar en la producción nacional<sup>16</sup>. Por problemas fitosanitarios, sequías y un mal manejo de la economía en la época de los 80's se disminuyeron las zonas de cultivo del algodón, por lo que en 1987 se dejó de cultivar en la mayoría de los estados con excepción de Baja California, Sonora, Sinaloa y Chihuahua (Estrada Martínez, Conde y Gay, 2008).

Baja California alcanzó el 25% de la producción nacional, ocupando el segundo lugar con un rendimiento de 4.8 ton/ha, de la cual el valle de Mexicali produce el 100% del algodón en el estado (SAGARPA, 2012; SIAP, 2010).

#### **III.6.1.1 Situación económica del producto algodón en el valle de Mexicali**

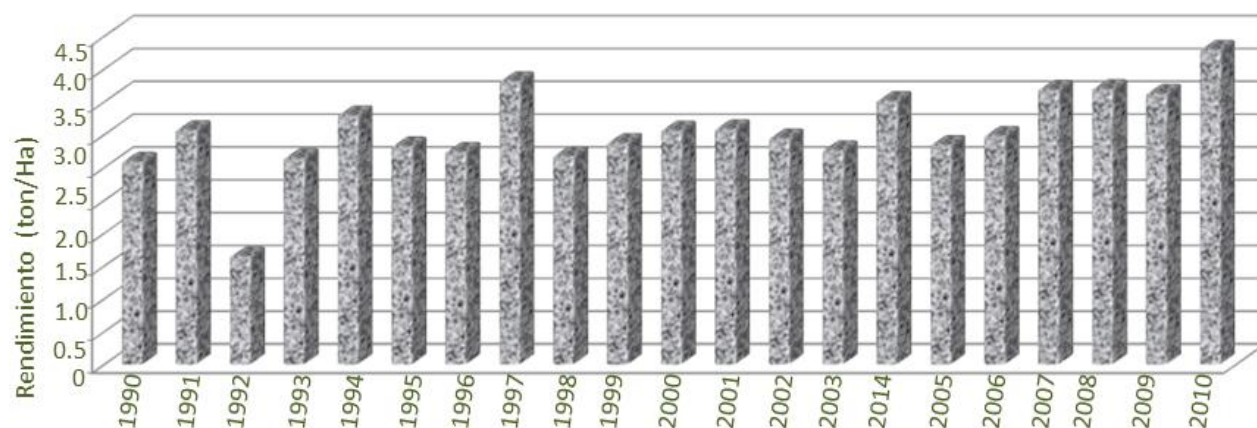
Al realizar un análisis económico del rendimiento del cultivo de algodón en el valle de Mexicali durante el ciclo 1990-2010, se observó que en 1992 la superficie cosechada fue 46.3% mayor (17,814 ha) que en 1993 (649 Ha), sin embargo, el rendimiento en toneladas por hectárea, fue mayor en 1993 (3.148 ton/ha) en comparación con 1992 (1.653 ton/ha).

En 1997 y 1998 ocurrió el mismo comportamiento debido a que el año con menor superficie cosechada (1997) obtendría mayor rendimiento (4.32 ton/ha) que en 1998 (3.18 ton/ha). La superficie cosechada mostró variaciones significativas hasta el 2005 con un promedio de 19,503 ha y un rendimiento medio de 4.03 ton/ha, resultando el 2010 con el mayor rendimiento (4.8 ton/ha) durante el ciclo analizado pese a cosechar un 36% (19600 ha) de lo obtenido en 1998 con un rendimiento de 3.18 ton/ha, como se observa en la figura 29.

---

<sup>16</sup> Tomado del mapa realizado en 1975 por The University of Texas System, con información de la Dirección General de Estadística, Anuario Estadístico Compendiado de los Estados Unidos Mexicanos, 1968-1989.

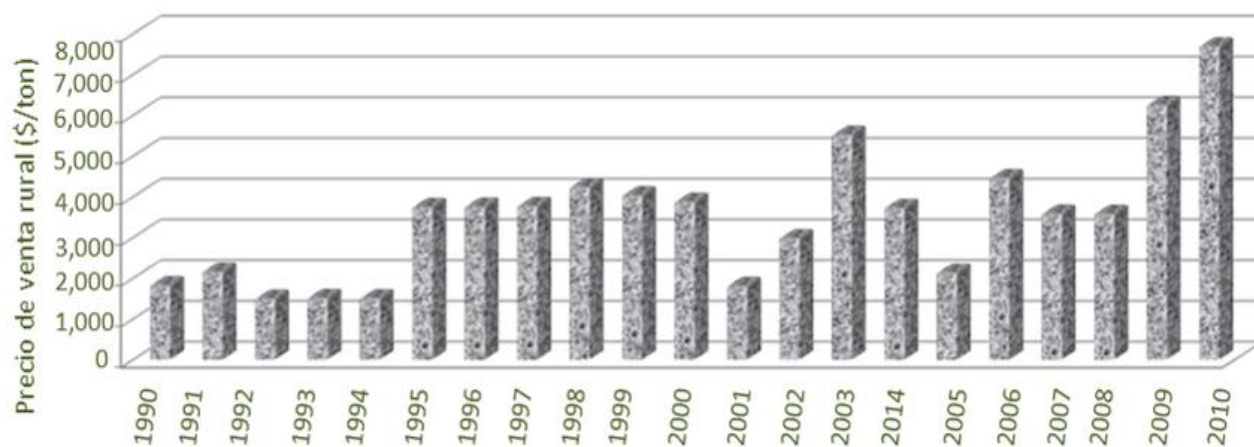
Figura 29. Comportamiento de las toneladas por superficie cosechada (Ha) de producto algodón en valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIACON (2011).

Se podría considerar que las superficies cosechadas y el rendimiento de las mismas permiten conocer el ingreso que se obtendrá de un cultivo, sin embargo, también influye la variable precio al que se vende el producto. En el caso del valle de Mexicali el precio de venta del algodón (dólares/tonelada) presentó variaciones durante el ciclo analizado, resultando el periodo comprendido del 2000 al 2009 con las mayores oscilaciones: en 2001 el precio disminuyó un 46.8% comparado con el 2000, en 2003 el precio de venta alcanzó los 5500 \$/ton, y del 2004 al 2008 el precio medio de venta fue de 3500 pesos, la mitad de lo alcanzado en 2009 y 2010 (7000 \$/ton), como se observa en la figura 30.

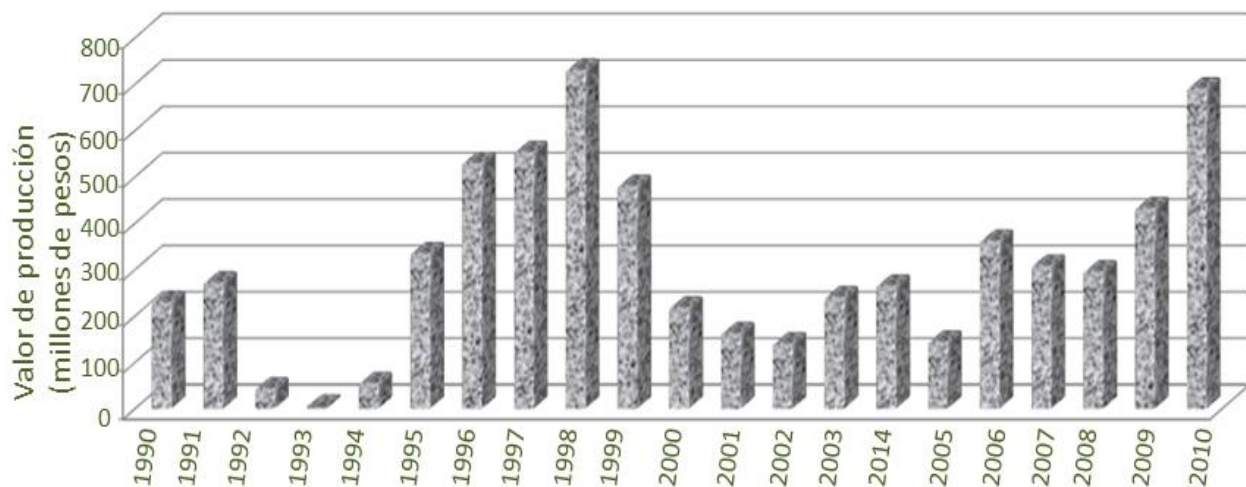
Figura 30. Comportamiento del precio de venta del producto algodón en valle de Mexicali.



Elaboración propia a partir de los datos de SIACON (2011).

Si bien el área cultivada no ha variado significativamente desde el año 2000 con una media de 18700 ha, el volumen de producción si ha presentado una variación notable con un aumento de producción del 62% en comparación con el 2010. En 2000 se logró un volumen de producción de 56 mil ton con un valor total de 219 millones de pesos, en 2003 y 2004, la producción generó un promedio de 200 millones de pesos con un volumen de medio de 57 mil ton a comparación del 2005 cuando se reportó la mitad de la ganancia (comparado al 2003 y 2004) pese a alcanzar un volumen de producción de 67 mil ton. En años más recientes se presentó una aumento del 62.7% del valor de la producción con un incremento de 20500 ton en 2010 comparado con el 2009 (figura 31).

Figura 31. Comportamiento del valor de la producción del producto algodón en valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIACON (2011).

Con el tiempo el algodón ha tenido variaciones en su venta y las cosechas han disminuido, pero en la actualidad se espera vuelvan a aumentar debido a la alza en el precio del quintal (OEIDRUS, 2012; Arturi, 1984; Cardozier, 1962).

### **III.6.1.2 Vulnerabilidad de la planta del algodón sembrada en el valle de Mexicali**

La planta de algodón que se siembra en el valle perteneciente a la familia Malvácea, género *Gossypium*, especie *hirsutum*, es decir que es un arbusto de tallos ramificados que alcanzan 1 metro de altura, con un fruto de fibra media suave que la convierte en una planta textil, cuyas propiedades físicas más importantes son la longitud, finura, limpieza, suavidad, color y resistencia de la fibra que caracteriza cada tipo de algodón (Fariña, 2003). La estructura de la planta de algodón es compleja y su desarrollo es influenciado por la relación entre la genética, características del suelo, fechas de riego, plagas y las temperaturas a las que está expuesta durante su ciclo de vida (período vegetativo), de acuerdo a Sánchez (1982).

Las características más importantes de la planta del algodón es que posee una raíz principal de la cual se originan numerosas raíces secundarias que se ramifican varias veces. El tallo principal es recto y la base de la planta, tiene hojas alternas en forma de espiral y ramas vegetativas y fructíferas que tienden a crecer horizontalmente. El color de las hojas puede variar de rojizo a verde oscuro, son alargadas y lisas, mientras que los pétalos de la flor no están unidos entre sí, el centro está protegido por un paquete de estambres que rodean el pistilo. Esto permite que la cápsula del fruto tenga un peso de 4 a 10 g, la cual es de color verde en su desarrollo y oscuro en su maduración, que es cuando se abren las uniones de los carpelos (Hoja modificada que forma la parte reproductiva femenina de la flor) y emerge una hebra blanca de algodón (Reddy, Hodges y Reddy 1992; Gipson y Joham, 1968; Sánchez, 1982).

### **III.6.1.3 Fisiología de la planta del algodón en el valle de Mexicali**

El periodo vegetativo en relación al medio ambiente (fenología) del algodón es dividido en varias fases (Reddy *et al.*, 1992; Sánchez, 1982).

- Germinación: Dura de 3 a 4 días y es el momento en que la semilla de la planta se hidrata para después fragmentarse y creciendo las raíces hasta la fase de plántula (fase en que el cultivo se fortifica aclimatándose las condiciones del

suelo y clima y dura de 12 a 20 días y es frágil ante lluvias fuertes) y ante heladas<sup>17</sup>. Los nudos se crean aproximadamente a los 50 UC sobre el tallo principal de la planta y continuarán apareciendo hasta la fecundación y con ellos se puede determinar la edad de la planta.

- Primeros cuadros: Proceso de prefloración que presenta los primeros pinpollos que se convertirán en flor el cual se desarrolla aproximadamente a los 25 días con temperatura constante (12 a 33°C).
- Floración: Es una etapa crítica para el cultivo ya que la temperatura permitirá el desarrollo total de la flor y con ello una óptima fecundación para obtener así el fruto después de la fecundación, y dado que el algodón es una planta autógama, lo que significa que cada planta se auto fecunda, siendo fecundadas las ovocélulas por el polen de la misma planta y dicha fecundación tiene lugar antes que su apertura.
- Fructificación: Es la etapa entre la fecundación y la apertura de la capsula donde aparecen los 1ros capullos que son lo que poseen la hebra del algodón.

Se estima que la fecha de siembra es del 15 de febrero al 31 de marzo, de acuerdo a OEIDRUS (2011), ya que en ésta especie la floración se presenta en abril y la fructificación de mayo a junio, con una duración aproximada de 3 meses desde su siembra, pero hay que recordar que el tamaño máximo de la cápsula es conseguido aproximadamente 25 días después de la madurez completa por lo cual el cultivo se cosechará aproximadamente de 4 a 5 meses después de su siembra (Fariña, 2003; Sánchez, 1982).

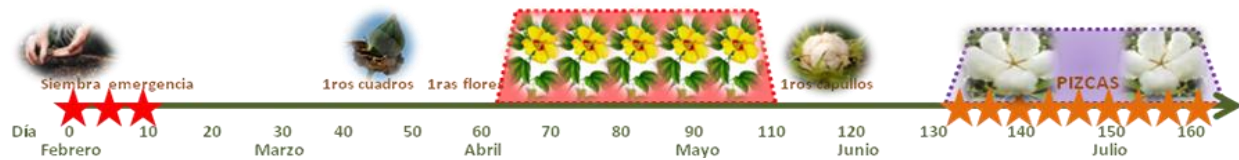
Lo anterior se presentará de forma ideal siempre y cuando las temperaturas sean constantes y altas durante su crecimiento, para alcanzar las UC requeridas para su cosecha (en algodón se requieren 2300 UC), teniendo cuidado de no retrasar la época de la cosecha para evitar las plagas que llegan a afectar hasta un 40% de los botones, así como causas nutricionales y ambientales que propician la abscisión (aborto) de los

---

<sup>17</sup>A diferencia de la helada meteorológica, la helada agrometeorológica está dada cuando la temperatura del aire produce daños en los órganos vegetales.

órganos fructíferos en el que se relaciona el efecto del monzón y temperaturas extremas (TE)<sup>18</sup> de acuerdo a Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2004) como se observa en la figura 32.

Figura 32. Fenología del algodón (las estrellas rojas marcan el peligro por TmE y las naranjas el aumento de plagas y presencia de TME).

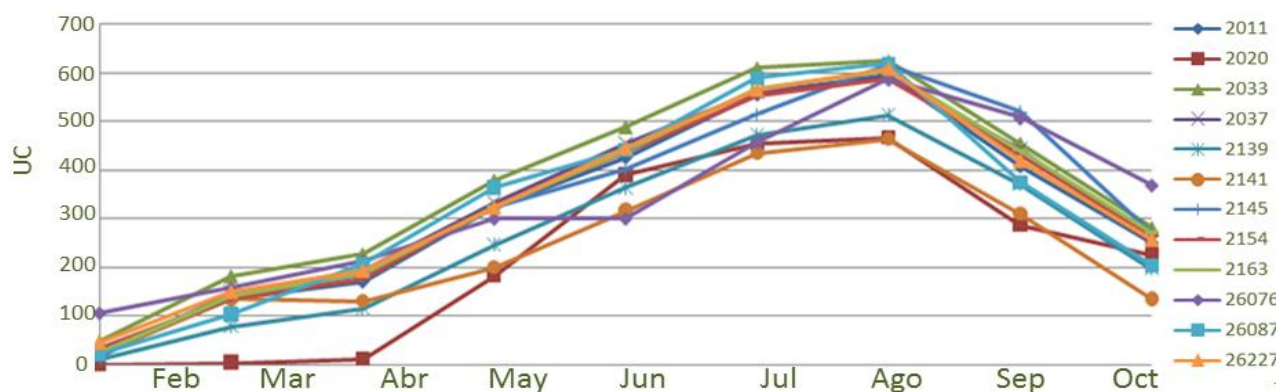


Fuente: Elaboración propia a partir de CONABIO (2004).

#### III.6.1.4 Descripción de UC en 2007 de la planta del algodónero

Las UC totales por mes de la planta del algodónero en 2007 alcanzaron 610 unidades durante julio en el 0.08% de las estaciones, observándose las máximas UC totales en agosto con una media de 514 unidades. Las temperaturas más bajas (-6°C) presentes en enero de 2007 comienzan a aumentar en febrero registrándose una acumulación de UC lenta, lo cual se considera desfavorable en el desarrollo ideal de la planta del algodónero la cual debería estar siendo cosechada a mediados de julio y el descenso de las UC en la primera semana de agosto, como se muestra en la figura 33.

Figura 33. Gráfica de UC total por mes del algodón en el año 2007 en el valle de Mexicali.

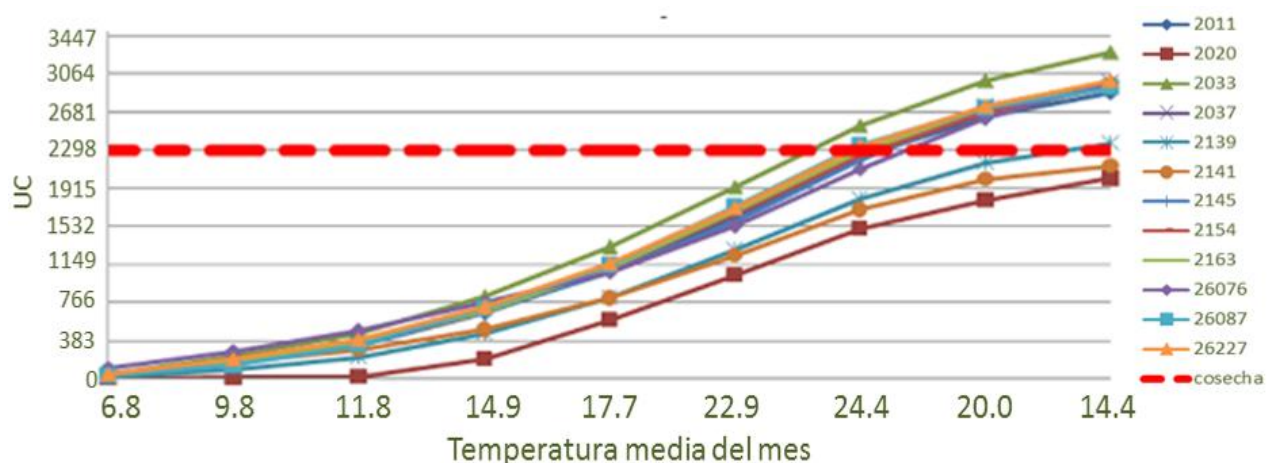


Fuente: Elaboración propia a partir de la información de SIAP (2011).

<sup>18</sup> El daño provocado por una helada ligera inicia la abscisión; si a esto se agrega la presencia de TME al final del desarrollo, los efectos de la temperatura pueden ir inhibiendo o reduciendo la función en las enzimas que intervienen en la respiración y en el metabolismo de las plantas. Tomado de Miller (1988).

En la figura 34 se observaron dos grupos de estaciones de acuerdo a las UC acumulativas, en el primer grupo se alcanzaron las UC requeridas para cosechar en agosto con el 58% de las estaciones con una temperatura media de 24.4°C, el segundo grupo (estación 2139, 2141 y 2020) logró sobrepasar las 2300 UC en septiembre (42% de las estaciones) con una temperatura media de 20°C, resultando las estaciones colonia Rodríguez, Compuertas y el Mayor las que presentaron menor acumulación de UC durante todo el año.

Figura 34. Gráfica de UC acumulativa del algodón en el año 2007 en el valle de Mexicali.

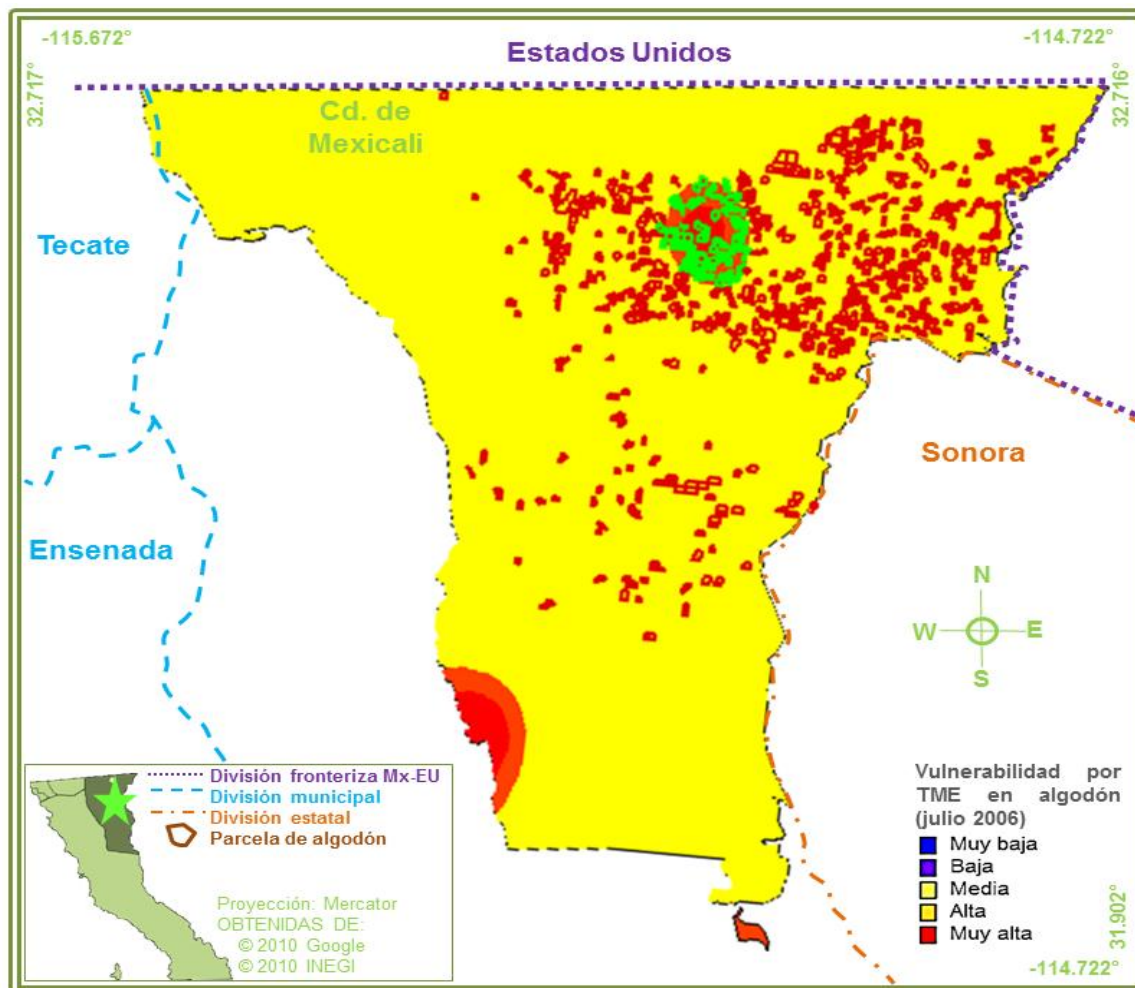


Fuente: Elaboración propia partir de la información de SIAP (2011).

### III.6.1.5 Estimación del riesgo en producto algodón

Al realizar el análisis espacial se observaron dos zonas en las cuales no se alcanzaron las UC necesarias para cosechar el algodón. La primera zona fue cerca de la estación de la colonia Rodríguez con 1500 UC, la segunda se encontró cerca de la estación Compuertas, mientras que en la zona urbana, el Ejido Nuevo León y colonia Zacatecas se presentaron las mayores UC acumuladas con un máximo de 2550 UC durante 2007 como se muestra en la figura 35. Por lo tanto, en el 58% de las estaciones se registraron las unidades calor necesarias para cosechar algodón en julio de 2006, y en el 11% de las parcelas se registró un riesgo medio de pérdidas en la cosecha.

Figura 35. Variación espacial del riesgo por TME en el algodón en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de SIAP (2011) y del mapa de cultivos en el valle de Mexicali de CONAGUA (2011).

### III.6.2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO TRIGO

El trigo es uno de los cultivos más importantes del mundo (FAO, 2012), su origen se remonta a 6000 años a. de C. en el suroeste asiático, los egipcios y romanos lo cultivaron ampliamente al ser considerado un producto que satisfacía rápidamente el hambre, de costo moderado, variedad de preparación y fácil preservación en el medio ambiente.

Su llegada a México se atribuye a un esclavo de Hernán Cortés que sembró unos granos de trigo que descubrió en un saco de arroz, con lo cual el trigo generó cientos de granos más; con el tiempo llegarían barcos con sacos llenos del grano de trigo para ser llevados a diferentes zonas del país y a partir de entonces se expandió a la totalidad del continente (López, 1979).

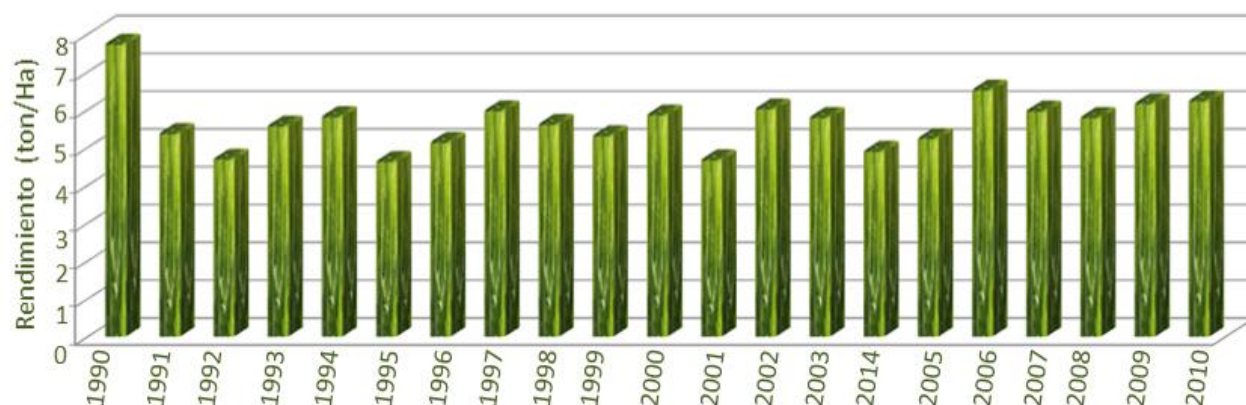
Actualmente en México se cultiva en 25 de los 32 estados que lo componen siendo la región noreste y el bajío las que concentran cerca del 93% de la producción nacional, aunque que el 11.7 % de la superficie del país se utiliza para su siembra, el 90% de la producción anual se genera durante el ciclo Otoño-Invierno.

De la producción nacional Sonora aporta el 48%, Guanajuato el 16% y Baja California ocupa el tercer lugar aportando el 14.5% desde el año 2000 hasta el día de hoy. En Baja California el cultivo de trigo se realiza en los ciclos Otoño-invierno en el municipio de Ensenada, y en valle de Mexicali durante el ciclo otoño-invierno. No obstante que en los municipios de Ensenada y Mexicali el cultivo del trigo se realiza en el ciclo otoño-invierno, es el valle de Mexicali quien genera el 98% de la producción estatal al año (SAGARPA, 2010; SIAP, 2011; OEIDRUS, 2011).

#### **III.6.2.1 Situación económica del producto trigo en el valle de Mexicali**

Durante el ciclo 1990-2010 la superficie cosechada fue de 80,000 ha con un rendimiento medio de 6.2 ton/ha. Sin embargo, entre el 2004 y 2005 el rendimiento disminuyó un 8%, en comparación con años anteriores y aumentó a 6.6 ton/ha en 2006, como se observa en la figura 36.

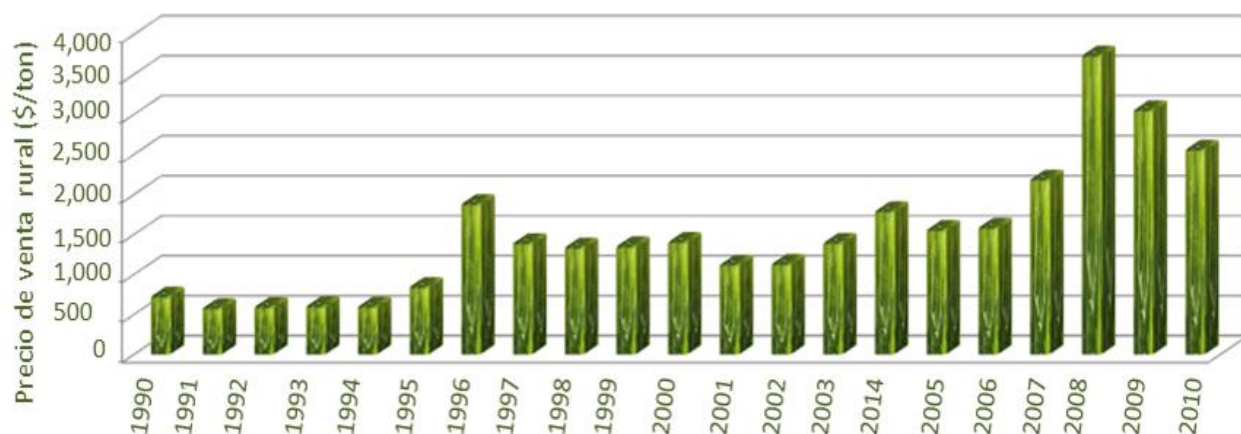
Figura 36. Comportamiento de las toneladas por superficie cosechada (Ha) de producto trigo en valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIAP (2011).

El precio de venta de una tonelada de trigo alcanzó los 2600 dólares (\$) en 2010, aunque el precio por tonelada no siempre ha sido alto. De 1990 hasta 1995 alcanzó una media de 671 dólares por tonelada, siendo 1996 donde se alcanzó el mayor precio de venta (1894 dólares), precio que disminuyó un 29% al siguiente año y se mantendría así en los 3 años siguientes; en 2001 y 2002 disminuyó otro 10%, aumentando significativamente en 2008 cuando el precio rebaso los 3700 dólares la tonelada como se observa en la figura 37.

Figura 37. Comportamiento del precio de venta del producto trigo en valle de Mexicali.

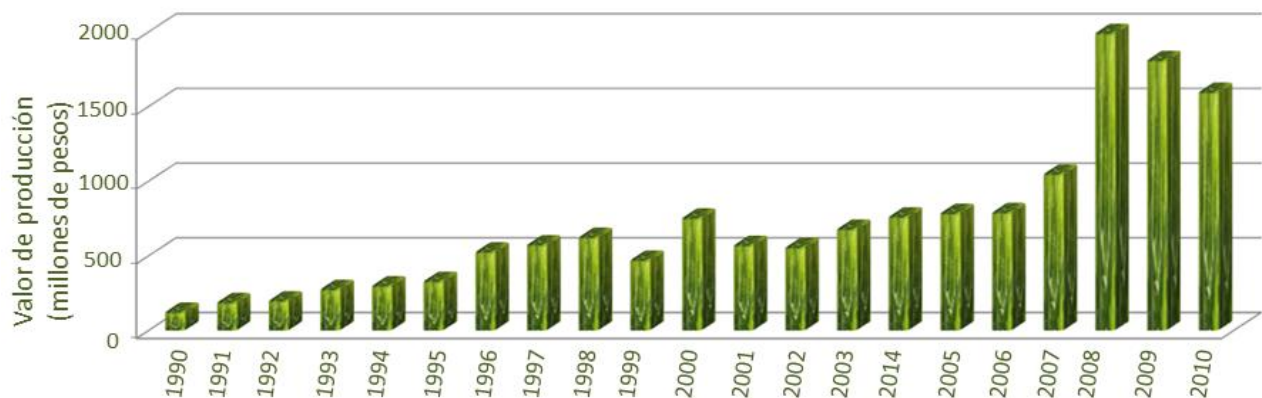


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIAP (2011).

El cultivo del trigo en el valle de Mexicali presentó problemas fitosanitarios en 1983, lo que propició que su producción disminuyera hasta que en 1994 se registró a dicha zona como libre de problemas, lo que le permitió la oportunidad de competir con los mercados internacionales y por lo tanto crecieron las zonas de siembra del producto trigo (OEIDRUS, 2011-a), ocupando el 4to lugar en relación con la superficie cosechada, después del maíz, el frijol y el sorgo.

Por lo anterior se observaron tres variaciones en el comportamiento del valor de producción: la primera del lapso de 1990 a 1995 con una media de 244 millones de pesos, y de 1996 a 2000 se presentaron las mayores variaciones en el valor de la producción con una producción en 1999 de 23.4% menos que lo generado en 2000; el siguiente periodo (2001- 2007) cuando en 2006 el ingreso fue 12% menos que en 2007, finalmente el ciclo correspondiente del 2008 al 2010 el valor aumento aproximadamente un 43.6% en 2008 y fue disminuyendo paulatinamente hasta 2010 como se observa en la figura 38.

Figura 38. Comportamiento del valor de la producción del producto trigo en valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIAP (2011).

### III.6.2.2 Vulnerabilidad de la planta del trigo sembrada en el valle de Mexicali

En el valle se siembran diferentes variedades del trigo del ciclo O-I perteneciente a la familia Poaceae, género Triticum, se distinguen varias especies que varían en altura desde 30cm hasta 180 cm y se divide en 5 grupos de acuerdo a la calidad del gluten, de los cuales en el valle de Mexicali se manejan 3 grupos el grupo II y V que se maneja

como trigo forrajero y el grupo I (harina) que es para consumo nacional (SIAP, 2010). Al igual que otras plantas, el desarrollo del trigo es influenciado por la relación entre la genética, las características del suelo, la lluvia, el viento, fechas de riego, plagas y las temperaturas (OEIDRUS, 2011).

Las características más importantes en la planta del trigo es que posee una raíz principal que nace a partir de la semilla y son cinco raíces seminales, una primaria y cuatro laterales que funcionan durante toda la vida de la planta, mientras que las raíces secundarias nacen en el primer nudo. El tallo principal es recto y cilíndrico. Las hojas son puntiagudas con un ancho de .5 a 1 cm y una longitud de 15 a 25 cm, en la cual cada planta tiene de cuatro a 6 hojas. En la plántula las hojas se despliegan al nacer girando en el sentido de las manecillas del reloj. La espiga del trigo es densa y corta y consiste en una infinidad de espigas que terminan en una arista (barba). Los granos del trigo son blandos o duros dependiendo de la especie, variando del color cristalino a rojizo (Parson, 1989).

### **III.6.2.3 Fisiología de la planta del trigo en el valle de Mexicali**

El periodo vegetativo en relación al medio ambiente (fenología) del trigo está dividido en varias fases de acuerdo con (Parson, 1989).

- Germinación: se requiere de temperatura superior a los 4°C y no se debe sobrepasar una humedad del 11% del suelo hasta formadas las raíces primarias de la planta, en esta etapa es frágil ante lluvias fuertes y ante heladas<sup>19</sup>.
- Amacollamiento o ahijamiento: Es cuando la planta se llena de hojas, después de su germinación. En esta época el trigo puede soportar temperaturas menores a los 0°C ya que serán las hojas las que disminuirán en número permitiendo que la mayor energía en la siguiente etapa sea solo para el espigamiento y no para alimentar las hojas. Es conveniente un buen amacollo para resistir mejor las heladas de invierno.

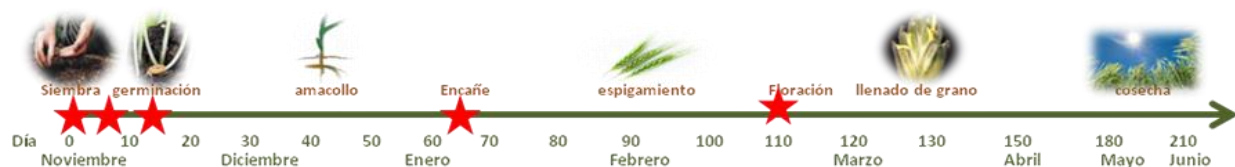
---

<sup>19</sup>A diferencia de la helada meteorológica, la helada agrometeorológica está dada cuando la temperatura del aire produce daños en los órganos vegetales.

- Encañado: Se presenta al elevarse las temperaturas ya que los nudos dejan de generar ahijamiento y el tallo se alarga. En este momento puede haber problemas por heladas tardías.
- Espigamiento: Aquí se encuentra la máxima actividad fisiológica dado que se presenta el crecimiento del tallo, y los nutrientes de las hojas son absorbidas por los granos.
- Floración: Se produce cuando la espiga sale por la vaina de la última hoja y es una flor que autopoliniza, las flores (de 3-5) se encuentran en las espiguillas que a su vez dará aproximadamente 4 granos. En esta etapa las temperaturas mínimas pueden afectar debido al daño que se puede generar en las anteras (Aparato masculino de la planta del trigo) y el estigma (Aparato femenino de la planta del trigo) que es donde se formará el futuro grano.
- Llenado del grano: Es el proceso en el cual grano se llena de azúcares, proteínas y grasas y comienza la fertilización, a los 16 días el grano mide aproximadamente 5 mm de largo días de la fertilización y aproximadamente a los 40 días de la fertilización está maduro para ser cosechado.

Se estima que la fecha de siembra es de principios de noviembre para que las heladas no afecten la germinación al inicio de la siembra y no las dañen la presencia de heladas tardías durante el encañado por lo cual el cultivo se cosechara aproximadamente de 6 a 7 meses después de su siembra (OEIDRUS, 2011). Lo anterior se presentará de forma ideal siempre y cuando cuente con temperaturas constantes y altas durante su crecimiento, para alcanzar las UC requeridas para su cosecha (en trigo se requieren 1500 UC), como se observa en la figura 39.

Figura 39. Fenología del trigo (las estrellas rojas marcan el peligro por TmE).



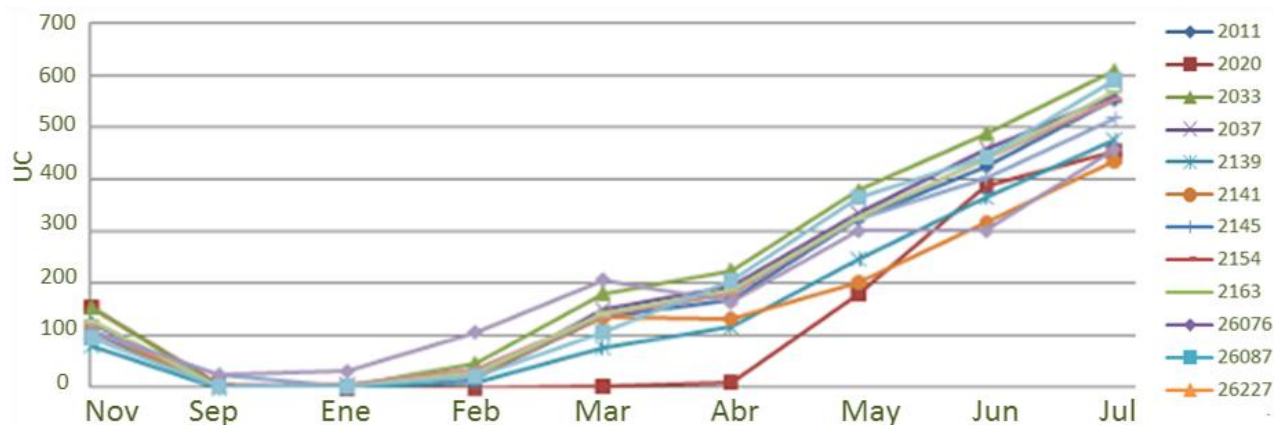
Fuente: Elaboración propia partir de la información de SIAP (2011).

### III.6.2.4 Descripción de UC en 2007 de la planta del trigo

En julio de 2007 se registraron las máximas UC totales por mes con una media de 536 UC y una máxima de 600 UC, para dicho mes el 0.08% de las estaciones alcanzaron las UC totales para cosechar. El comportamiento entre estaciones no mostró variaciones entre sí en el acumulamiento de UC desde noviembre del 2006 hasta febrero del 2007, con la excepción de la estación Riíto, la cual presentó un aumento en acumulación de 21 UC por encima del resto de las estaciones.

Otro comportamiento atípico con respecto al resto de las estaciones se presentó en la estación El Mayor desde febrero hasta abril, meses durante los cuales mostró un aumento no significativo de UC con una variación de 15 UC en comparación con el aumento del resto de las estaciones que dicho comportamiento cambió considerablemente a principios de abril cuando el aumento fue de 26 a 186 UC alcanzados a finales del mes como se muestra en la figura 40.

Figura 40. Gráfica de UC por mes del trigo en el año 2007 en el valle de Mexicali.

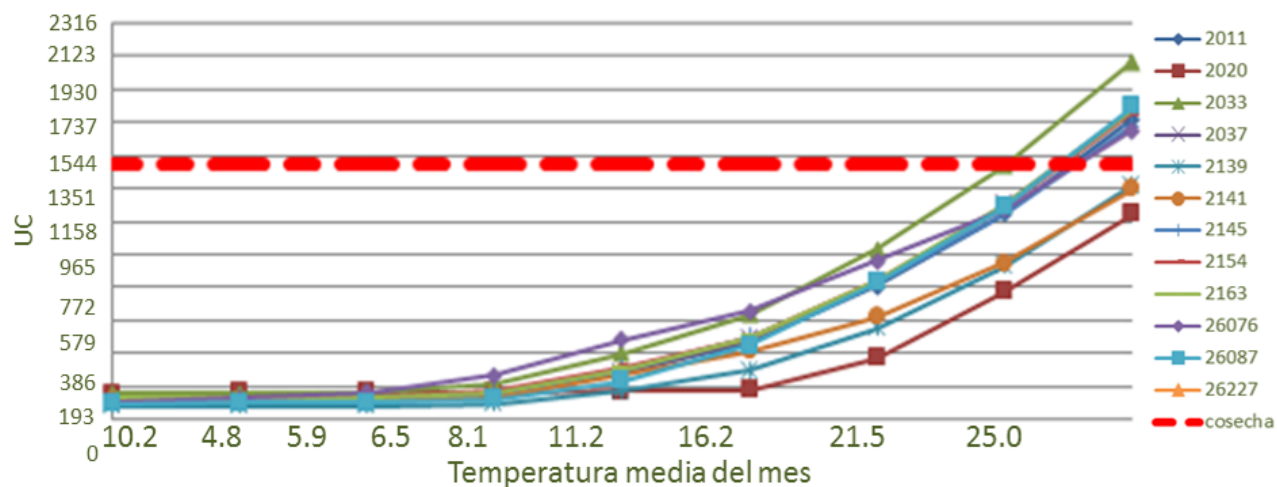


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIAP (2011).

En las UC acumulativas para el 2007 se observaron dos comportamientos en las estaciones, en el primer comportamiento se observó que el 75% de las estaciones alcanzaron las UC requeridas para cosechar a mediados de junio con una temperatura media de 22.3°C, en un segundo comportamiento se encontraron las estaciones que no alcanzaron dichas UC, resultando las estaciones colonia Rodríguez, Compuertas y el

Mayor las que presentaron menor acumulación de UC por las bajas temperaturas que se presentaron en dicho año de acuerdo a la figura 41.

Figura 41. Gráfica de UC acumulativa del trigo en el año 2007 en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIAP (2011).

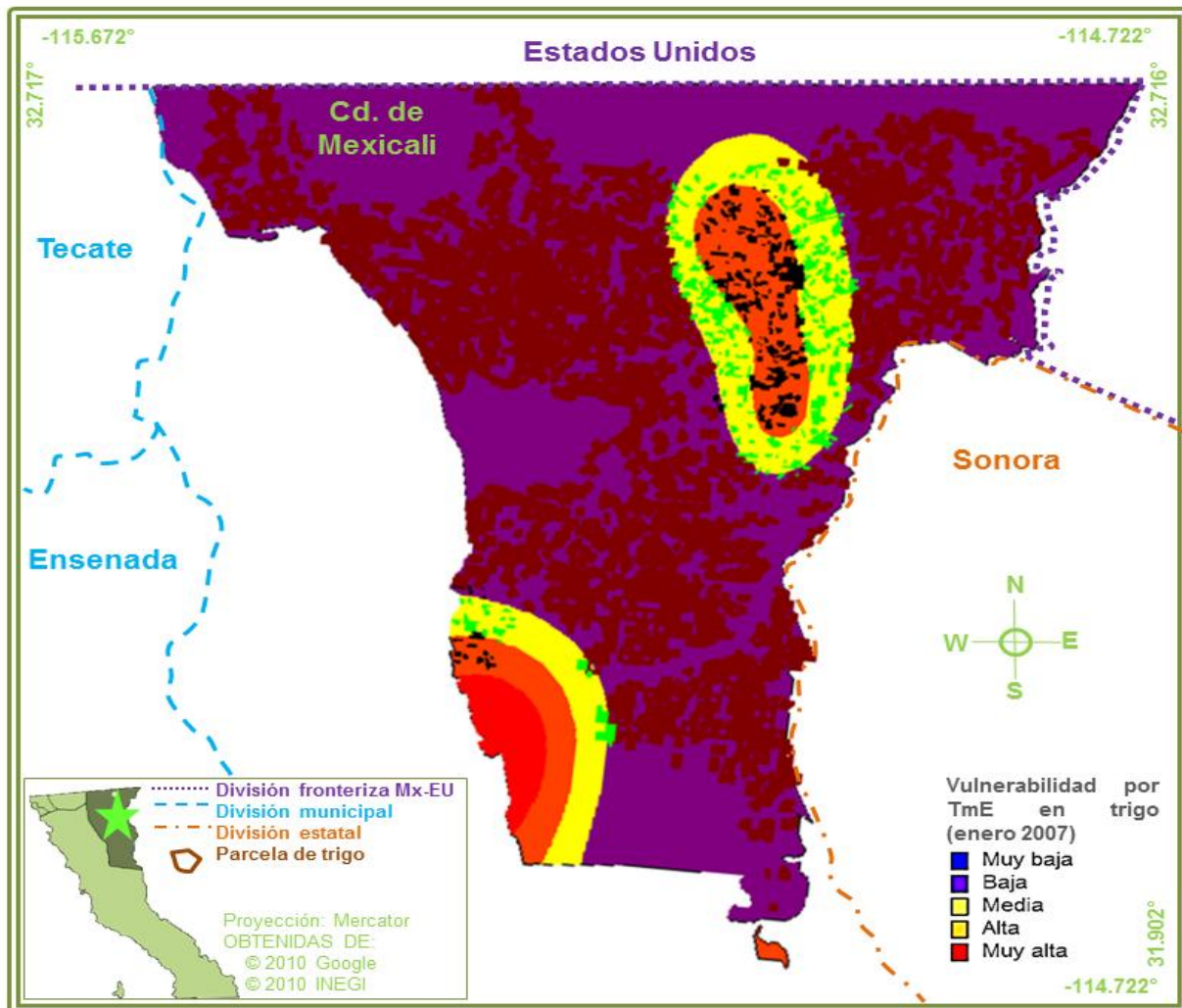
### III.6.2.5 Estimación del riesgo en producto trigo

Al analizar la información espacialmente se observó que la zona con más vulnerabilidad para alcanzar UC necesarias para cosechar el trigo fue alrededor de la estación de la colonia Rodríguez con 1204 UC y cerca del ejido San Luis Potosí y la Colonia Pescaderos mientras que en la zona urbana, el Ejido Nuevo León, la presa Morelos y la colonia Sonora se presentaron las mayores UC acumuladas como se muestra en la figura 38.

Al analizar las 3284 parcelas que se encuentran dentro del valle de Mexicali con la información de UC acumuladas durante 2007 se observó que el 9% de las parcelas se encuentra dentro de una zona de riesgo muy bajo (Ir a la parte del trabajo denominado “metodología para la estimación del riesgo”), mientras que el 5.9% está localizado en un área de riesgo bajo por lo que un total de 11385 ha fueron afectadas por las temperaturas mínimas que se presentaron en 2007 (figura 42).

El riesgo de pérdida en cosecha de trigo por temperaturas mínimas extremas presentó un nivel medio en el 6% de las parcelas y el resto de las parcelas presentó un nivel bajo de riesgo.

Figura 42. Variación espacial del riesgo por TmE en el trigo en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de SIAP (2011) y del mapa de cultivos en el valle de Mexicali de CONAGUA (2011).

### III.7 VULNERABILIDAD PECUARIA

#### III.7.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO PECUARIO

La ganadería bovina representa una de las principales actividades socioeconómicas del sector agropecuario en el país. No solamente es generadora de alimentos y materias

primas, divisas y empleo, sino que distribuye ingresos en el sector rural. Los bovinos fueron traídos a México por los españoles en 1521 por Hernán Cortés durante la expedición de Bernal Díaz del Castillo, por el puerto de Tampico, para después ser distribuido por toda la región norte del país, pero fue hasta 1932 con la fundación de la primera organización ganadera en el estado de Sonora que se impulsó a la ganadería en el norte del país (Villegas y otros, 2001), lo que trajo grandes beneficios con un aprovechamiento del ganado para leche y carne de pie o canal convertida en una gran industria, con el 93.5% de la superficie ejidal como agostaderos (Zonas de crianza de ganado) (Villegas, Bolaños y Olguín, 2001; SIACON, 2011). En 1998 Baja California era el onceavo estado con mayor superficie (ha) con actividad ganadera en México con el 3.56% del total resultando uno de los estados con una explotación especializada con ganado de doble propósito el cual tiene como función principal el producir carne o leche, dependiendo de la demanda del mercado (Villegas, Bolaños y Olguín, 2001; Polanco, 2004).

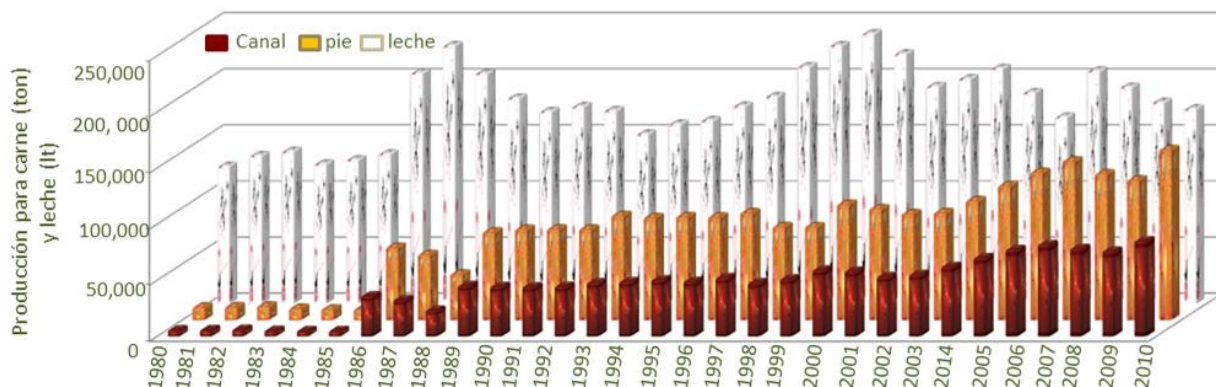
En el valle de Mexicali se cría la vaquilla lechera hasta llegar a la edad productiva cuando es enviada a los ranchos de Tijuana y Tecate pertenecientes a las empresas lecheras “Jersey del Noreste” y “Azucena” (Avendaño, 2010). Una actividad pecuaria que ha adquirido popularidad en años recientes en el valle de Mexicali es la crianza de vaquillas lecheras de reemplazo. Esto nace de la necesidad de establos lecheros ubicados en la cuenca lechera de la zona El Florido, entre Tecate y Tijuana, que por falta de espacio, agua y alimentos generados en la zona, optan por rentar o comprar terrenos en el valle de Mexicali y establecer explotaciones dedicadas a criar sus futuras vacas lecheras desde entre 4 y 6 meses de edad hasta dos meses antes de su fecha esperada de parto, es decir, desde los 4 a 6 meses hasta los 24 a 26 meses de edad. Esta actividad hace que aumente el número de bovinos de razas lecheras que no producen leche ni carne, aunque algunas de estas explotaciones engordan los bovinos machos hasta enviarlos a su sacrificio (comunicación personal Dr. Leonel Avendaño Reyes).

Por lo anterior en 2009 con apoyo de Fomento Agropecuario y recursos federales se instaló una planta procesadora de leche, lamentablemente por problemas entre los ganaderos locales, la planta se encuentra en desuso. En 2009 existió un apoyo por parte de la Secretaría de Fomento Agropecuario dirigido a un grupo grande de pequeños productores lecheros del valle de Mexicali, el cual consistió en la construcción de una planta para la elaboración de distintos tipos de quesos, sin embargo, el proyecto no se llevó a cabo por problemas de organización de los productores y de administración de los recursos otorgados.

### III.7.1.1 Situación económica del producto bovino en el valle de Mexicali

Al analizar el comportamiento de las toneladas de carne canal, carne pie (Se le considera carne de canal a la carne sin deshuesar del animal muerto, la carne de pie es el animal vivo) y leche obtenidas durante el ciclo 1990-2010, se pudo observar que el producto carne de canal ha tenido un lento aumento hasta el 2010, mientras que la producción de carne de pie muestra un aumento en 2007 y 2010 pero la producción de leche varía durante todo el ciclo, mientras que de 1998 a 2001 aumentó la producción en 2006 y se presentó una disminución significativa del 21% en comparación con el 2007 (figura 43).

Figura 43. Comportamiento de la producción en tonelada de los productos carne canal, carne pie y leche del ganado bovino en valle de Mexicali.

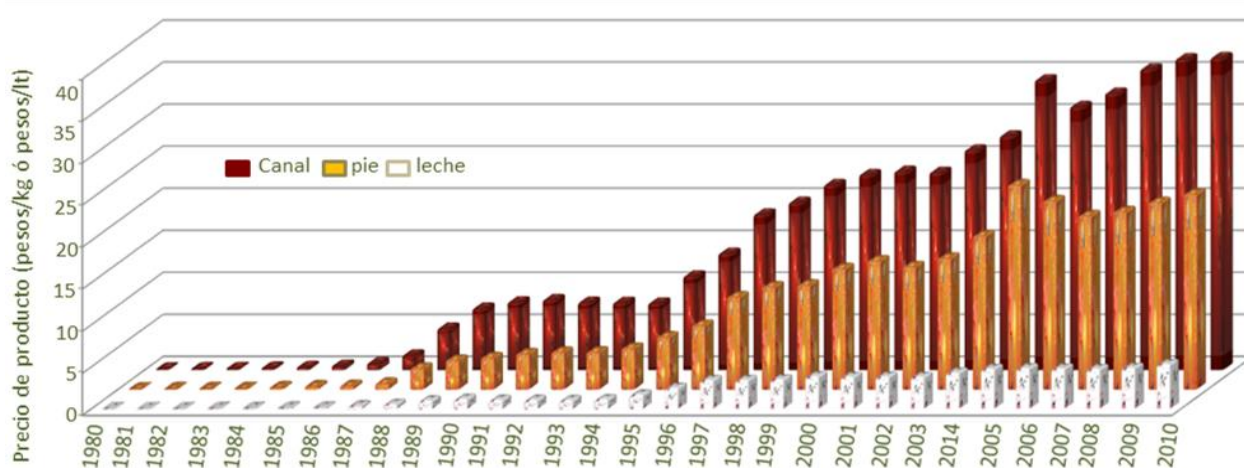


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIACON (2011).

En las ganancias generadas por kilogramo de carne de canal, carne de pie y leche obtenidas durante el ciclo 1990-2010, se observó que todos los productos aumentaron considerablemente en 1995, sin embargo, las ganancias por leche se mantuvieron por debajo de 5 pesos/ litro, mientras que la carne de pie aumentó hasta 11.05 pesos/kilo en 1997 comparado al ciclo 1990-1995 con una media de 4.4 pesos/kilo y en 2005 se presenta otro aumento precio a 24.36 pesos/kilo, manteniéndose un promedio de 22.4 pesos/kilo en los siguientes 5 años.

La carne de canal presenta un incremento de casi 100% para 1999 y otro aumento del 25.3% (34.48 pesos/kilo) en 2005, pero disminuyó su precio en 2006 (31.35 pesos/kilo), manteniéndose en un promedio de 35.7 pesos/kilo en los siguientes años (figura 44).

Figura 44. Comportamiento de la ganancia por kilo de los productos carne canal, carne pie y leche del ganado bovino en valle de Mexicali.

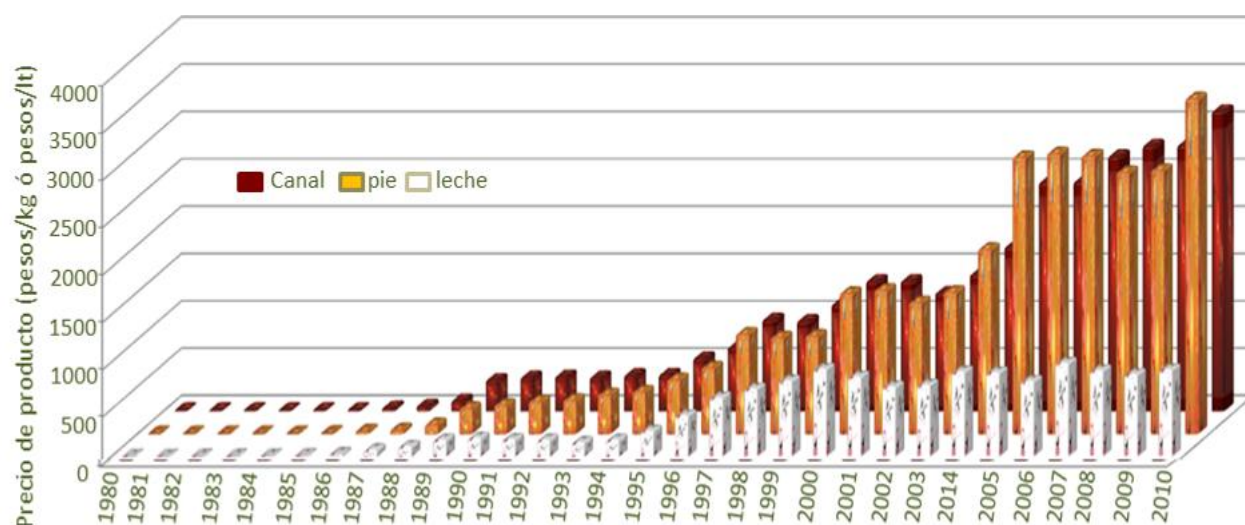


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIACON (2011).

Se observó que en 2006 se obtuvieron 41,046 toneladas menos de leche que en 2007, la carne en pie y de canal también disminuyeron 9.4% en 2006, respecto a las ganancias obtenidas por kilogramo vendido, se apreció un valor menor con respecto a la carne de canal pero mayor en carne de pie e igual en leche para el 2006 que para el 2007. La derrama económica generada por la actividad pecuaria en el valle generó 3

millones de pesos para el 2009, de los cuales la ganadería bovina representa el 91% de la producción total en carne y leche (figura 45).

Figura 45. Comportamiento del valor de la producción de los productos carne canal, carne pie y leche del ganado bovino en valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIACON (2011).

### III.7.1.2 Vulnerabilidad del ganado bovino de doble uso en el valle de Mexicali

En el estado se maneja una gran cantidad de ganado bovino de la raza Holstein y Jersey las cuales son razas originarias de climas fríos, por lo que al exponerse a temperaturas superiores a los 37.5°C en adultos pueden comenzar a sufrir problemas fisiológicos que dificultan el buen funcionamiento de su organismo, como lo es la falta de apetito, pérdida de líquidos, disminución de leche en caso de vacas lecheras y disminución en la ganancia de peso en carne de pie<sup>20</sup>, si las temperaturas extremas se mantienen por más de 6 días en las cuales no se reduce un estrés calórico<sup>21</sup> por las noches las vacas que están preñadas pueden llegar a abortar (Sánchez, 1984; Polanco, 2004).

<sup>20</sup> Carne de pie es cuando el animal sigue vivo y carne de canal es cuando esta muerto pero sin deshuesar.

<sup>21</sup> Este estrés se mide con el índice de temperatura humedad (ITH) el cual indica que a determinada temperatura y humedad el ganado puede llegar a la muerte, ir a anexo A para ver la tabla.

### III.7.1.3 Fisiología del ganado bovino en el valle de Mexicali

En ganadería, el efecto de las temperaturas se mide a través del estrés calórico el cual está en función de la humedad relativa y la temperatura del aire. Cada especie y raza animal tiene una manera distinta de responder al estrés porque algunas especies son nativas de zonas frías, si a lo anterior se le suma la carencia de estructura para proveer de sombra es de esperarse que las diferencias en las temperaturas rectales contra hatos con sombra sean mayores (Olsen y otros, 2002). El estrés calórico puede reducir la producción de leche hasta en un 40%, así como la ingesta de materia seca en el caso del ganado bovino (Avendaño, Álvarez, Correa, Saucedo, Rivera, Verdugo, Aréchiga y Robinson 2007; Avendaño, Álvarez, Correa, Algándar, Rodríguez, Pérez, Macías, Díaz, Robinson y Fadel).

Las características más importantes para identificar un ganado bovino de excelente calidad en producción de carne es que posea un lomo recto, estructura rectangular, pierna con alto contenido de carne, cuello corto y ancho y pecho ancho. Las razas de leche se caracterizan por tener estructura corporal angulosa y triangular, buena conformación de ubre, altas producciones de leche (40 lt/día) y leche con mayor contenido proteico y graso. Al identificar las razas se pone atención en el color y tamaño del animal y la presencia de cuernos, pero para cualquier caso el carácter genético y el medio ambiente en que se desarrolla determinarán los rasgos del animal.

La alimentación en ganado lechero difiere un poco del de carne, ya que el ganado de engorda recibe mayores cantidades de grano y menos de forraje conforme se acerca a su sacrificio, y el ganado lechero recibe concentrados balanceados ricos en proteína junto con el forraje. Dicho alimento variará de acuerdo a la madurez del animal. (Villegas *et al.*, 2001; OEIDRUS, 2011; De alba, 1983; Sánchez, 1984).

El periodo del desarrollo del ganado bovino está dividido en sus distintas fases por el estrés calórico (Sánchez, 1984).

- Ternero: Las temperaturas pueden influir para que llegue a morir si el estrés calórico sobrepasa 89 unidades de ITH.

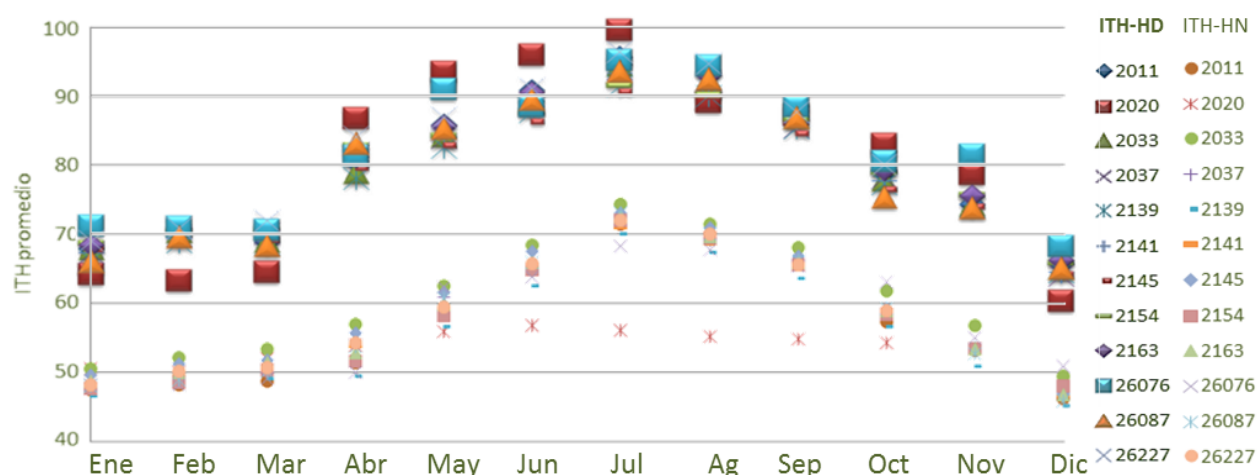
- Adulto macho: Utilizado para la producción de carne llegando a pesar hasta 700 kg en raza Holstein y 450 en raza Jersey, pero en presencia de temperaturas extremas (TM) puede presentar problemas en la capacidad de engorda por la falta de sensación de hambre, así como en los sementales baja la libido.
- Adulto hembra: Habitualmente la producción de leche es de 40 lt/día pero puede bajar hasta la mitad ante TE y si se encuentra preñada es común que ocurra la muerte embrionaria, lo que usualmente se confunde con una falla de concepción.

#### **III.7.1.4 Descripción de ITH en 2006 en la ganadería bovina**

En el ITH obtenido durante el 2006 se observó que durante los 2 primeros meses del año la variación del ITH fue casi nula, siendo mediados de marzo cuando el índice aumenta de una media de 60 a 70 unidades, con una oscilación 23 unidades en marzo a diferencia de enero y febrero, cuando la oscilación fue de 16 unidades.

El máximo valor alcanzado fue durante julio con un ITH de 100 (muerte) durante el día, un estrés severo (ITH de 73) y una media de 97.6, por lo que se considera que el ganado no alcanza a recuperarse del estrés por las noches. La estación 2020 presentó un nivel de estrés ligero con un ITH menor a 56 durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, por lo que resultaría la estación con la mayor oscilación y menor estrés nocturno. Por lo anterior se considera que en 2006 el 91.6% de las estaciones presentaron un estrés severo, ver figura 46.

Figura 46. Gráfica de ITH por mes para el 2006 en el valle de Mexicali donde ITH-HD se refiere a los valores de horas día (7 am a 7 pm) e ITH-HN se refiere a los valores de horas noche (7 pm a 7 am).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de SIACON (2011).

### III.7.1.5 Estimación del riesgo en ganado bovino de carne y leche

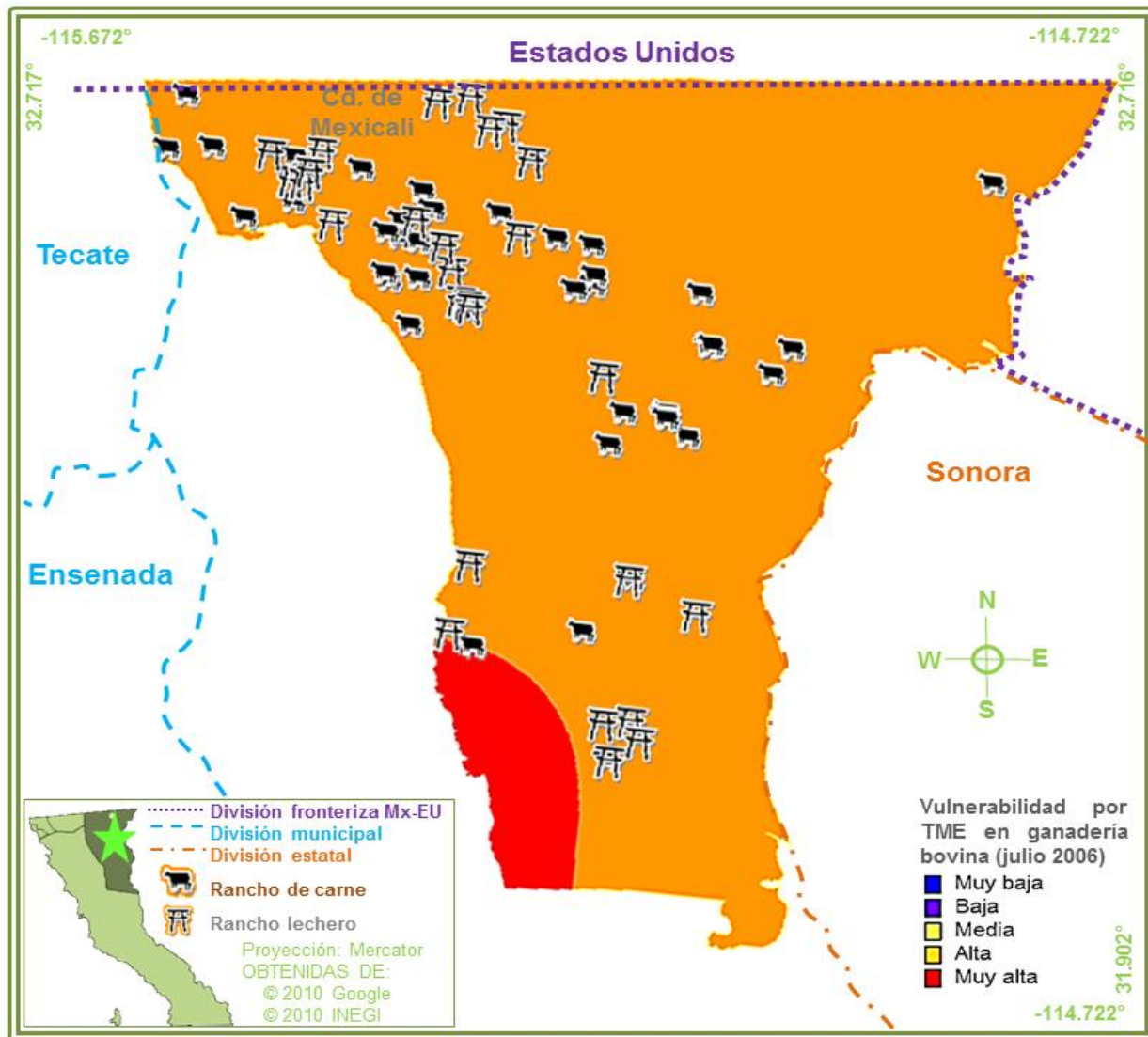
El análisis espacial del ITH promedio para el mes de julio presentó diferentes zonas mayor vulnerabilidad por estrés calórico, siendo éstas las cercanas al ejido Nuevo León, alrededor de la zona urbana, cerca de la presa Morelos y de la colonia Rodríguez con un nivel de estrés moderado (por encima de 79 en las tres zonas). En la zona sur del valle se observó un estrés ligero (menor a 78). Por tanto, de acuerdo al ITH promedio toda la zona del valle presentó un estrés ligero a moderado. Es importante señalar que el nivel de ITH al cual empieza a ser afectado el ganado lechero es de 72 unidades, esto es, el animal comienza a mostrar cambios en sus constantes metabólicas y fisiológicas por el estrés calórico (Avendaño *et al.*, 2010).

Con el análisis de los corrales de leche y/o carne que se encuentran en el valle se observó que las 1318.42 ha se encuentran dentro de una zona de riesgo media<sup>22</sup> por las altas temperaturas que se presentaron durante el verano del 2006, como se aprecia en la figura 47. Sin embargo, el producto bovino presentó un riesgo homogéneo por

<sup>22</sup> Ir a la parte del trabajo denominado “metodología para la estimación del riesgo”.

temperaturas máximas extremas debido a que el menor estrés térmico fue de 76 ITH, lo cual ya es un nivel de afectación al ganado.

Figura 47. Variación espacial del riesgo por TME en el ganado bovino del valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de SIACON (2011) y del mapa de cultivos en el valle de Mexicali de CONAGUA (2011).

Por lo anterior y de acuerdo a Avendaño (2010), se considera que los hatos bovinos que se encuentran en ranchos estabulados (donde se alimenta) y no tienen suficiente ventilación, es recomendable colocar sistemas de enfriamiento en zonas clave de la explotación, con el fin de evitar la disminución del consumo de alimento o de agua, lo

que permitirá un crecimiento rápido del ganado así como mantener una adecuada producción de leche. Estas zonas pueden ser, para ganado lechero, el corral de espera previo a la ordeña y la sala de ordeña, además de los corrales de producción y cercanos al parto durante los meses más calientes del año.

En ganado de carne se pueden colocar aspersores de agua cercanos al comedero para atraer a los animales a consumir las raciones en horas calientes del día. Sin embargo, si el hato se encuentra en praderas, es recomendable limitar la zona de movimiento del hato para que sus energías sean dedicadas a la alimentación y producción de leche y no a caminar para comer. También se recomienda poner una sombra artificial o natural en las praderas para disminuir el estrés calórico en los animales pastoreando.

En explotaciones de ganado bovino productor de carne, se recomienda modificar los horarios de suministro de alimento, proporcionándolo durante las horas menos calientes en la época de verano. La alimentación nocturna puede ser una alternativa para evitar una drástica caída en el consumo de alimento y, por ende, en la ganancia diaria de peso.

Las vacas preñadas podrían ponerse en un lugar separado a las demás hembras, y con la comida más cerca de ellas, para evitar que el cansancio provoque abortos o becerros de poca calidad. Los becerros deben estar mínimos una semana con la madre para que se alimente de la mayor cantidad de calostro posible y puedan ser capaces de aclimatarse al clima extremo. Finalmente, se considera que en época de verano es preferible que la inseminación sea artificial se realice bajo sistemas de enfriamiento para aumentar la probabilidad de concepción en las vacas lactantes.

## **IV CONCLUSIONES**

De acuerdo con la pregunta que dio origen a la presente investigación, en este trabajo se encontró que el nivel de riesgo derivado de temperaturas mínimas en el valle de Mexicali fue bajo, en cambio para temperaturas máximas el nivel fue medio. Esto es porque independientemente de la vulnerabilidad, la peligrosidad es mayor en verano que en invierno. En el periodo analizado se observó un incremento en las temperaturas de la zona y una mayor duración, de los eventos con temperaturas máximas extremas, lo cual indica una intensificación del peligro es mayor en el verano (temperaturas máximas extremas) que en invierno (temperaturas mínimas extremas).

Adicionalmente, se encontró que el nivel de riesgo, es heterogéneo, en el valle de Mexicali y en los diferentes elementos analizados (asentamientos humanos y actividad agropecuaria). Esto es porque la intensidad del peligro varía espacialmente en el valle y porque la capacidad de resistencia y recuperación de cada elemento ante las temperaturas extremas es distinta. Es decir, mientras que la ocurrencia de eventos con temperaturas máximas extremas afectan a los asentamientos humanos, a la ganadería bovina y al cultivo del algodón, eventos de temperaturas mínimas extremas afectan a los asentamientos humanos y al cultivo del trigo, al grado de provocar, como se menciona en la introducción de éste documento, daños a la salud y muerte en humanos, plantas y ganado, así como, repercusiones en la economía del valle de Mexicali y del estado de Baja California en general.

La vulnerabilidad de los asentamientos humanos está relacionada con los niveles de precariedad, por lo que independientemente del peligro, el nivel de riesgo fue mayor en las localidades donde las viviendas fueron construidas con material de desecho y donde los habitantes carecen de servicios básicos y de salud. En particular, la mayor vulnerabilidad para las TME y TmE se situó en las localidades más alejadas de la zona urbana. En la agricultura la vulnerabilidad más alta se presentó en la etapa de germinación de las plantas de algodón y de trigo, mientras que en la ganadería bovina de doble uso, la producción de leche puede disminuir más de 40% en los meses de mayo a julio por el estrés calórico.

Por todo lo anterior, la disminución de riesgo de daños y pérdidas ante temperaturas extremas requiere considerar las siguientes líneas de acción:

Mejorar el registro de información climática (ampliar cobertura y garantizar su continuidad) para que se puedan efectuar diagnósticos más precisos. Realizar estudios para implementar estrategias que eviten el aumento de la peligrosidad (intensificación de las temperaturas) como lo son la reforestación, cuidado y protección de cuerpos de agua y áreas verdes (zonas de amortiguamiento). Disminuir los contaminantes al ambiente (fumarolas, incendios) y minimizar el uso de productos químicos que afectan la calidad del suelo, impactando en la producción agrícola.

En relación a los asentamientos humanos en la zona rural, se propone ampliar la cobertura del servicio de salud a los habitantes promover programas para el mejoramiento y adecuación bioclimática de las viviendas; orientar las campañas para la prevención y manejo de afectaciones respiratorias (en invierno) y las campañas para prevención de golpe de calor (en verano) hacia las zonas donde se presenta el mayor nivel de riesgo por temperaturas extremas y; en estas zonas, priorizar la apertura de albergues para tener una pronta atención.

Respecto a la actividad agropecuaria, se sugiere promover campañas de capacitación y talleres informativos a los productores de algodón y trigo para evitar las pérdidas económicas por un mal manejo de la calendarización de siembra y cosecha. A los ganaderos utilizar alternativas para el manejo del hato en estas condiciones climáticas. Al gobierno establecer financiamientos para apoyar a los agricultores y ganaderos no solo cuando se presentan siniestros por temperaturas extremas sino para prevenir las pérdidas incorporando sistemas que disminuyan el estrés calórico en explotaciones agrícolas y ganaderas.

Finalmente, se puede señalar desde una visión alternativa, que el riesgo de las zonas rurales ante temperaturas extremas incluye la capacidad de enfrentarlas y resistirlas.

# REFERENCIAS

## Referencias citadas

- Álvarez, V. (2003). *Apuntes de Meteorología*. Universidad de Chapingo. Sistemas de Clasificación climática.
- Aneas, S. (2000). Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. *Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 60 (1), 2845.
- Arturi, M. (1984). *El algodón: mejoramiento genético y técnica de cultivo*. Editorial Hemisferio Sur.
- Avendaño, L., Álvarez, D., Correa, A., Saucedo, S., Rivera, F., Verdugo, A., Aréchiga, C., y Robinson, P. (2007). Evaluación de un sistema de enfriamiento aplicado en el período seco de ganado lechero durante el verano. *Revista pecuaria de México*, 45(2), 209225.
- Avendaño, L., Álvarez, D., Correa, A., Algándar, A., Rodríguez, E., Pérez, R., Macías, U., Díaz, R., Robinson, P. y Fadel J. (2007). Comparison of three management system to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambient conditions. *Livestock Science*, 132,- 4852.
- Avendaño, L., Álvarez, F., Correa, A., Saucedo, S., y Robinson, P. (2010). Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions. *Livestock Science*, 105,198-206.
- Banco Mundial. (2002). Instituciones para los mercados. Informe sobre el desarrollo mundial. Panorama General. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. Washington D. C.
- Base de Datos Internacional de Desastres, EM-DAT. (2011). *Desastres en números 2010 (epidemias e infecciones no incluidas)* enero 12 (29)  
<http://cred.be/sites/default/files/PressConference2010.pdf>
- Battaglia, R. (1987). *Manual de ganado y aves de corral*. I(2), 32-46
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. y Wisner, B. (1996). Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres. Primera edición. *Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina*.

- Briones, G. (2008). La complejidad del riesgo: breve análisis transversal. *Revista de la Universidad Cristóbal Colón*, 20, 9-19.
- Buch, M., Turcios, M. (2003). Vulnerabilidad Socio ambiental: aplicaciones para Guatemala. *Series de documentos técnicos*, 9.
- Calderón, G. (2001). *Construcción y reconstrucción del desastre*, Plaza y Valdés, México D.F.
- Cardós, C., Barrera, E. y Sanz, R. (2004). *Un estudio sobre episodios de temperaturas extremas en Canarias*. Centro meteorológico Territorial de Canarias Occidental.
- Cardozier, V. (1962). *Cultivo y producción del algodón*. Ed. Herrero SA. México.
- Chiapa, C. (2009). Crisis y pobreza rural en América latina: el caso de México, 39(1).
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED. (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Capítulo III Análisis del peligro y vulnerabilidad por bajas temperaturas y nevadas*.
- Coles, B. y C. Scott (2009). Vulnerability and adaptation to climate change and variability in semiarid rural southeastern Arizona, USA, *Natural Resources Forum*, 33, 297309.
- Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. (2003). Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región Península de Baja California. 1,42-97
- Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. (2010). Mapa con la ubicación y delimitación de las parcelas en el valle de Mexicali por tipo de cultivos.
- Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. (2011). Datos de las estaciones meteorológicas en México
- [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO. (2004). *Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad realizado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*.
- Consejo nacional de evaluación de la política de desarrollo social CONEVAL. (2012). Informe de evaluación de la política de desarrollo social 2011 a responsables de la política pública. *Comunicado de prensa 005*.
- De Alba, J. (1983). *Alimentación del ganado en América Latina* 2<sup>da</sup> Ed.). México D.F., México: Ediciones científicas médica mexicana.

- Estrada, F., Martínez, B., Conde, A. y Gay, C. (2008). Análisis de tendencias de temperatura y precipitación en la República Mexicana, Centro de ciencias de la atmósfera. *Revista Geos*, 28(2), 7893.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, ISDR (2002). *Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives*.
- Fariña J. (2003). Vigor de la planta de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). *Publicación Miscelánea*, 12, 0-13.
- Fields, P. y Muir, W. (1996). Integrated Management of Insects in Stored Products, 3, 195–221.
- Foschiatti, A. (2011) Vulnerabilidad global y pobreza. Consideraciones conceptuales. <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo2/archivos/vulglobal.pdf>
- Fuentes, J. (2000). *Iniciación a la meteorología y la climatología*. Ediciones Mundi-Glénans Prensa. México: 2<sup>da</sup> Edición.
- García, O., Santillán, N., Ojeda, S., Quintero, M. (2012). Escenarios de temperaturas extremas en Mexicali, México bajo condiciones de cambio climático. 349-358.
- García, E. y Vidal, R. (1992). Atlas Nacional de México. Vol. II. Sección Naturaleza. Tema Clima. Carta IV.5.H Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- [http://www.igeograf.unam.mx/web/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/tomo\\_2/naturaleza.php](http://www.igeograf.unam.mx/web/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/tomo_2/naturaleza.php)
- Gipson, J. y Joham. H. (1968). Influence of night temperature on growth and development of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Fruiting and boll development*.
- Glénans, I. (1995). *La meteorología marina*. Ed. náutica. Madrid, España.
- Graef, F. (2008). El efecto de la oscilación del pacifico norte en el clima de México. *Reporte para el Instituto Nacional de Ecología*. México D.F.
- Griffin, J. y Grijalva, A. (2008). *Aquellos años del algodón: la jabonera y el valle de Mexicali*. México, Baja California.
- Gobierno de Estado de Baja California, GobBC. (2000). Programa de Desarrollo del Producto turístico recreativo para las zonas rurales del estado de Baja California.

- Gobierno de Estado de Baja California, GobBC. (2011). [http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro\\_estado/municipios/mexicali/medio\\_fisico\\_m.jsp](http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/mexicali/medio_fisico_m.jsp)
- González, N., López, G., Cervantes, L., Estela, J. 2011. Análisis del nivel de calor en interiores de empresas de Mexicali para el desarrollo de un sistema de enfriamiento que disminuya la energía calorífica y el cambio climático. *Aleph Zero* (59)
- Gutiérrez, E. (1985). *Química general*, 6<sup>ta</sup> Ed. Editorial Reverté. Barcelona, España.
- Guyton, H. (1998) *Tratado de Fisiología Humana Médica*. Ed. Mc. Graw Hill. México. 9<sup>a</sup>. edición,
- Hernández, E. y García, E. (2004). Evaluación de la vulnerabilidad a la desertificación. Cambio climático: una visión desde México. *Instituto Nacional de Ecología y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*, 303-313.
- Hewitt, K. (1983). *Interpretation of Calamity: From the Viewpoint of Human Ecology*. Allen&Unwin Inc. Mass, USA.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2012) Programa ERIC III Vol. 2 (Extractor Rápido de Información Climatológica con información desde 1960 de la base de datos CLICOM (Clima Computarizado))
- Instituto Nacional de Ecología, INE. (1999). *Reporte de biodiversidad del municipio de Mexicali*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2010). <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/poblacion/distribucion.aspx?tema=me&e=02>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. (2012) <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/default.aspx>
- Instituto de Geografía (2007) *colección de mapas Naturaleza: temperaturas extremas* IV, 4.5.
- Le Vay, D. (2004). *Anatomía y fisiología humana*. 2<sup>da</sup> Ed. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Ley, J., García, R., Ortega, G, Venegas, R. y Denegri, F. (2006). *Atlas de Riesgos Naturales y Químicos. Identificación y zonificación de la Ciudad de Mexicali*, Baja California, México.

- Ley, J. (2008). *La producción del espacio como riesgo: Ciudad de Mexicali*. Facultad de Filosofía y letras, UNAM.
- Ley, J., Denegri, F.M., García, R. y Ochoa, M.J. (2011). *Actualización del Atlas de Riesgos del municipio de Mexicali, B.C.*
- Lidith de Joude, M. (2005). Análisis y estrategias para poblaciones rurales con mayor vulnerabilidad socio-económica en Centroamérica. *Series de Publicaciones Ruta*. Documento de trabajo No. 18. Infoterra editores.
- López, F. 1979. *Historia de la conquista de México*. Biblioteca Ayacucho. Venezuela
- Luers, A. (2005). The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change, *Global Environmental Change*, 15, 214-223.
- Magrin, G. y Canziani, O. (2007). *Evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático y del potencial de adaptación en América Latina*. Editorial Pull Creativo S.R.L. Publication.
- Miller, E. (1988). *Plant physiology*. McGraw Hill Book Company. New York.
- Nelson, D y Cox, M. (2010). *Lehninger: principios de bioquímica*. Editorial Omega.
- Oficina estatal de Información para el desarrollo rural sustentable (OEIDRUS) 2011. *Guía para producir algodón en el valle de Mexicali, B.C. y S.L.R. Colorado, Sonora*.
- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable, OEIDRUS. (2012). Series históricas agrícolas.  
[http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus\\_bca/serieshistoricasyagricolas/http](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/serieshistoricasyagricolas/http)
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, FAO. (2012). <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB461S/AB461S06.htm>
- Organización Meteorológica Mundial, OMM. (2002). *Reducción de la vulnerabilidad a los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos*. I, 37.
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático, IPCC. (2007). *Climate Change2007: the Physical Science Basis*. Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.
- Parson, D. (1981). Trigo, cebada, avena. Editorial Trillas.
- Pérez, R., (2008). El lado oscuro de la ganadería. *Revista latinoamericana de economía*, 39(2),154.
- Pocock, G. (2005). *Fisiología humana: la base de la medicina*. Editorial Masson.

- Polanco, J. (2004) Diagnóstico socioeconómico y técnico de la ganadería bovina en el área de protección de flora y fauna del Valle de los cirios. *Tesis para obtener el grado de Maestra en administración integral del ambiente. Colegio de la Frontera.*
- Porrúa, F. (2008). Análisis de factibilidad para la elaboración de un estudio de costos de cambio climático en América central. <http://www2.cepal.org.mx/mexico/cambioclimatico/FactibilidadCostosEstrada.pdf>
- Real academia española, (2012). Definición de riesgo, 10 de mayo de 2012. [http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=riesgo](http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=riesgo)
- Reddy, K., Hodges H. y Reddy, V. (1992). *Temperature effects on cotton fruit retention.*
- Reyes, C. (2001). *Introducción a la meteorología.* B.C., México.
- Reyes, S., Miranda, F. y García L. (1991). *Climatología de la Región Noroeste de México (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa).* II, 170.
- Reyes, S. y Troncoso R. (2005). *Modulación multidecenal de la lluvia invernal en el noroeste de Baja California.* Ciencias marinas, 30 (01-A). 99-108.
- Romo, M. (1996). Riesgos naturales y vulnerabilidad social en Tijuana, B.C. *Tesis para obtener el grado de Maestra en administración integral del ambiente. Colegio de la Frontera.*
- Romo G. y Arteaga R. (1989). *Meteorología agrícola.* 2<sup>da</sup> edición. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación. Chapingo, México.
- Sánchez, A. (1982). *Cultivo de fibras.* Manual para educación agropecuaria. Área: Producción vegetal. Editorial SEP/Trillas México.
- Sánchez, A. (1984). *Tecnificación de la ganadería Mexicana.* Editorial Limusa.
- Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, SAGARPA. (2010). *Biotechnología, factor para adaptar actividad agropecuaria a cambio climático.* <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/paginas/2010B490.aspx>
- Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, SAGARPA. (2012). Programa Nacional Pecuario. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Paginas/ProgNacPecuario.asp>
- X
- Secretaría de Salud. (2012). Comunicación personal enero-febrero, 2012.
- Semerena E. y Catalán, H. (2008). *Situación actual del sector agropecuario en México: retos y perspectivas,* 350(1).

- Silverthorn, H. (2009). *Fisiología Humana: Un enfoque integrado*. 4<sup>ta</sup> Ed. Editorial Panamericana. México, D.F.
- Sistema de información agroalimentaria de consulta, SIACON. (2011). *Software de computadora*. México, D.F.
- Sistema de información agroalimentaria, SIAP. (2011). *Software de computadora*. México, D.F.
- Solís, D. (2010). Análisis térmico de una vivienda económica en clima cálido-seco bajo diferentes orientaciones y medidas de sombreado. *Estudios sobre arquitectura y urbanismo del desierto*. III (3).
- Degree-days. (2011). *Software de computadora*. University of California.
- Torres, P., Cruz, J., Acosta, R. (2011) Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. Agendas de adaptación y sistemas institucionales. *Políticas y Cultura* otoño (36) 2005-232.
- Vargas, M. (1993). *El reino del algodón en México: La estructura agraria de La Laguna, 1855-1910. Historia Mexicana*, 43(1), 155-162.
- Villegas, G, Bolaños, A, y Olguín L. (2001). *La ganadería en México*. Editorial Plaza y Valdés.
- Zeigler, D., Johnson J. y Brunn, S. (1983). Technological Hazards, Association of American Geographers, Washington DC. *Reviews the spatial perspective on hazards*.

### **Lecturas Sugeridas**

- Álvarez, G. (2006). Como funcionan nuestras ciudades. *Revista Universitaria*. UABC. 53(4), 1422.
- Álvarez, E. (1993). Producción de leche en praderas de invierno en el valle de Mexicali. *Gaceta universitaria*, 12(12), 9-12.
- Avendaño, B. (2012). *El trigo en Baja California*. Editorial Porrúa.
- Bringas R., Nora L. y Cuamea, F. (2000). *Programa de Desarrollo del producto turístico recreativo para las zonas rurales del estado de Baja California*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (1999). *fenómenos climáticos y vulnerabilidad: La ecuación determinante de los Desastres. El caso de los pequeños Estados Insulares en Desarrollo*.

- Córdova, F. (1993). *Reproducción aplicada en el ganado bovino lechero*. Editorial Trillas.
- Dugas, W. (1983). *Agroclimatic Atlas of Texas*, Precipitation and dry period probabilities at Texas research and extension centers. Texas Agric.
- Gallardo M., Valtorta, S., Leva, P., Gaggiotti M. y Conti, G. (2012). Interacciones de dieta y refrigeración sobre respuestas fisiológicas y producción y composición de la leche de vacas lecheras en pastoreo. <http://www.agrositio.com/vertex/vertex.asp?id=81529&se=36>
- García, O., Guerrero, M, y Dávalos, E. (1994) *Índices agroclimáticos derivados de la temperatura para el Valle de Mexicali*, B.C., México.
- García, O. y Valdés, A. (1986). Calculo de probabilidad de heladas en Valle de Mexicali, B.C.
- Griffiths, J. (1985). *Climatología aplicada*. Texas A & M University 1<sup>ra</sup> Ed. Publicaciones Cultural, México, D.F.
- Hargreaves, G. (1983). *Practical Agroclimate Information Systems in Agroclimate Information for Development*, Edited Wesfielw. Colorado, USA.
- Jones P. y Thornton P. (2003). The potential impacts of climate change in tropical agriculture: the case of maize in Africa and Latin America, 13(1), 51-59.
- Jones P. y Thornton P. (2003). The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*, 13, pp.51-59.
- Miranda, R. (1987). *Caracterización de Zonas Climáticas Sinópticas en la Península de Baja California*. Baja California, México.
- Monterroso, A., Conde, A., Gómez J., López, J. (2007) Vulnerabilidad y riesgo en agricultura por el cambio climático en la región centro del estado de Veracruz. *Zonas Áridas* 11(1)
- Mosiño, A. (1983). *Climatología de las zonas áridas y semiáridas de México; en Recursos Agrícolas de las zonas áridas y semiáridas de México*. Editorial del Colegio de Postgraduados, Ed. De México. México.
- Naciones Unidas. (2010). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.

- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, FAO. (2007). *Improved adaptive capacity to climate change for sustainable livelihoods in the agriculture sector*. Roma, Italia.
- Osune, L. y Acosta, J. (1987) *Plantas útiles y de importancia económica del Ejido Nativos del Valle de Mexicali*, Municipio de Ensenada, B.C.
- Ramírez J. (2006). *Una visión de la problemática ambiental de Mexicali y su valle*. Baja California, México.
- Sanahuja, H. (1999). El daño y la evaluación del riesgo en américa central: una propuesta metodológica tomando como caso de estudio a Costa Rica. Tesis de Posgrado, *Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*.
- Villalpando I. (1984). Metodología de Investigación en Agroclimatología. Documento de trabajo. *Circulación Interna INIA*. México. D.F.
- Wheng, Q., Sheng, D., y Shubringa, J. (2003). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies, 6 (1), 11-24.