

## **SEQUIA EN VERACRUZ: IMPACTOS ECONOMICOS PRELUDIO DE UN DESASTRES FUTURO**

Carlos Manuel WELSH RODRIGUEZ<sup>1</sup>, Carolina Andrea OCHOA MARTÍNEZ<sup>1</sup>,  
Alejandro OLAN ROMAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Ciencias de la Tierra. Universidad Veracruzana.*

<sup>2</sup>*Facultad de Economía. Lic. en Geografía. Universidad Veracruzana.*

[cwelsh@uv.mx](mailto:cwelsh@uv.mx)

### **RESUMEN**

La sequía es un fenómeno que se ha convertido en una amenaza global, su impacto se ha subestimado en muchos sectores tales como salud, medio ambiente y el económico. Los efectos de la sequía en el sector económico han sido analizados desde diversas ópticas, seguridad alimentaria, acceso a recursos, producción e inclusive la pobreza. Las Naciones Unidas en su reporte 2021 de sequía (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction y United Nations Convention to Combat Desertification*) señalaron que es urgente acciones ante un incremento cercano a los 2°C para reducir el peligro de la sequía y reducir los efectos devastadores costos de medios de subsistencia, vidas y ecosistemas.

Dada la importancia del sector ganadero de Veracruz en el País, se decidió evaluar la zona norte, lugar donde la economía desde la década de los setenta ha estado basada en la producción ganadera y es posible observar los efectos de la sequía en el sector. Se evaluó la sequía mediante el uso de índices climatológicos estándar (SPI-SPEI) con el objeto de observar la presencia, intensidad y frecuencia del fenómeno. Además, se analiza y discute la sequía en el sector ganadero, se evalúan los efectos posibles y se generan escenarios futuros con la finalidad de presentar una visión sobre un posible desabasto y desastre futuro.

**Palabras clave:** Sequía, economía, desastres.

### **ABSTRACT**

Drought is a phenomenon that has become a global threat, its impact has been underestimated in many sectors such as health, environment and economic. The effects of drought on the economic sector have been analyzed from various angles, such as food security, access to resources, production and even poverty. United Nations Drought Report 2021 (United Nations Office for Disaster Risk Reduction and United Nations Convention to Combat Desertification) noted that urgent action is needed in the face of an increase of close to 2°C to reduce the danger of drought and reduce the devastating effects of livelihood costs, lives and ecosystems.

Given the importance of the livestock sector of Veracruz in the country, it was decided to evaluate the northern area, where the economy since the seventies has been based on livestock production and it is possible to observe the effects of drought in the sector. Drought was evaluated using standard climatological indices (SPI-SPEI) in order to

observe the presence, intensity and frequency of the phenomenon. In addition, the drought in the livestock sector is analyzed and discussed, the possible effects are evaluated and future scenarios are generated in order to present a vision of a possible shortage and future disaster.

**Key words:** Drought, economy, disaster.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La sequía es considerada como un fenómeno devastador y extremo de carácter hidrometeorológico que se asocia cada vez más con el cambio climático. Dentro de los estragos ocasionados, la agricultura es el sector más afectado. Este sector emplea alrededor del 84.3% del agua. Otro sector vulnerable es la ganadería que genera numerosas pérdidas de cabezas de ganado. También tiene un impacto en los ecosistemas terrestres y acuáticos, tanto en la flora como en la fauna (García-Acosta, 2003; Román, 2017).

México por su parte ha padecido episodios de sequía desde tiempos ancestrales. Recientemente se ha visto que la duración y área de afectación de la sequía ha ido en aumento ya que gran parte del territorio nacional es impactado por dicho fenómeno. La problemática que está pasando el país en materia del recurso hídrico es el balance y consumo de este, así como las reservas que se encuentran disponibles; a su vez, el consumo del agua en México presenta tres rubros: la mala distribución, su sobreexplotación y su contaminación (Esparza, 2014). Para el estado de Veracruz, la sequía se ha presentado en diferentes años y periodos de tiempo. Las pérdidas más importantes que se presentan en el sector agrícola es el descenso de cosechas por la escasez del agua, y en la ganadería que perecen miles de cabezas de ganado por carencia de esta. Se estima que las lluvias han aumentado en los últimos años en la zona sur, sin embargo, el centro y norte del estado se ha presenciado una tendencia de disminución anual de precipitaciones (Reyes-Jiménez, 2014).

La ausencia de lluvias en el municipio de Tuxpan y vecinos colindantes afecta a los diversos sectores productivos, socioeconómicos y la flora local. En los sectores agrícola y ganadero, sus efectos repercuten en la producción de cultivos, el crecimiento de plántulas y la falta de humedad en el suelo, generan grandes pérdidas de pastizales para alimentación del ganado, produciendo pérdidas económicas

### **1.2. Sequía**

La sequía es un fenómeno hidro-climatológico recurrente y se caracteriza por la disminución o bien la ausencia de precipitaciones que ocurre en un área. Sus efectos llegan a percibirse durante semanas, meses o incluso años y traen como consecuencias un déficit de abastecimiento del recurso hídrico, sus efectos negativos llegan a afectar a la agricultura, ganadería, a la industria, estragos a nivel ecológico y a la sociedad (Campos-Aranda, 2014; Paredes et al., 2015; Estrada-Medina et al., 2016; Castillo-Castillo et al., 2017). Su origen se da por producto de complejas interacciones entre factores de tipo natural (alteraciones de la circulación atmosférica, El Niño y variaciones en la actividad solar) y antropogénico (quema de combustibles fósiles, deforestación, cambios en el uso del suelo, etc.), esto se ha convertido en un peligro

latente y en aumentó con las anomalías con aumento de las temperaturas (Méndez y Magaña, 2010; Ortega-Gaucin, 2013).

La severidad de la sequía no solamente abarca el grado de reducción de las lluvias, sino también la demanda del recurso hídrico para la permanencia de los sistemas naturales y desarrollo humano (Ortega-Gaucin y Velasco, 2013; Pineda-Pablos y Salazar-Adams, 2016). Para entender al meteoro climatológico existen cuatro tipos de sequía, los cuáles dependiendo de su persistencia e impactos se manifiesta en el siguiente orden (Paredes et al., 2015; Quiroz y Paredes, 2015):

- Sequía meteorológica
- Sequía agrícola.
- Sequía hidrológica.
- Sequía socioeconómica: es cuando el déficit hídrico empieza a generar severos impactos a las actividades económicas y a la población de un determinado lugar. Dentro de los impactos generados por este tipo de sequía se encuentran (Scarpati y Capriolo, 2016):
  - Impactos económicos: pérdidas en producción agrícola, ganadera, forestal y pesca, baja en la tasa de rendimiento económico, baja en la ganancia de los productores, comerciantes, transportistas, etc., aumento en la demanda energética, disminución en actividades industriales, baja del nivel de empleo, falta del crédito y estancamiento de actividades bancarias, reducción del flujo de activos y la disminución de los ingresos y beneficios a través de impuestos,
  - Impactos sociales.
  - Impactos ambientales.

### **1.3. Zona de estudio**

El presente trabajo se realizó en el municipio de Tuxpan, se localiza al norte del estado de Veracruz, MEXICO, en la región de la Huasteca Baja, su cabecera municipal es la ciudad y puerto de Tuxpan de Rodríguez Cano ubicada a orillas del río Tuxpan (Pantepec) a 11 km de su desembocadura en el Golfo de México. El territorio tiene una extensión de 1,061.90 km<sup>2</sup> (Ayuntamiento, 2018). Sus paralelos son 20° 44' y 21° 09' latitud Norte; y los meridianos 97° 13' y 97° 36' longitud Oeste (Figura 1). Consta de una altitud promedio de 10 a 200 m.s.n.m. y colinda al norte con el municipio de Tamiahua; al oeste con el municipio de Álamo-Temapache; al sur con los municipios de Tihuatlán y de Cazonces de Herrera y al este con el Golfo de México (de Veracruz, 2020).



*Fig. 1: Ubicación geográfica de Tuxpan. Fuente: Elaboración propia.*

Tuxpan alberga una población total de 154,600 habitantes, cuenta alrededor de 317 localidades distribuidas a lo largo del municipio y únicamente tres presentan características urbanas, una de ellas representa la cabecera municipal; es considerada como el puerto más cercano a la capital de República y ocupa el 6° lugar de los municipios más poblados del estado (INEGI, 2020).

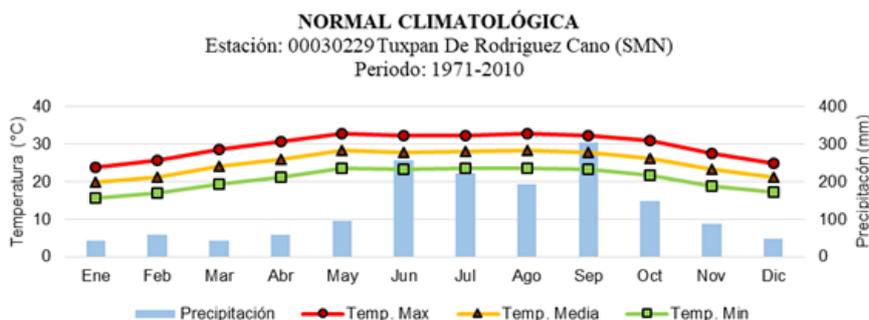


Fig. 2: Climograma de Tuxpan del periodo 1971 al 2010 con los datos publicados en el SMN (Servicio Meteorológico Nacional) Fuente: Elaboración propia.

Tuxpan presenta un tipo de clima peculiar que es Ax' (w1) (e) (w''), el cual corresponde a el clima "cálido subhúmedo extremoso, con régimen de lluvias en verano y con presencia de canícula". La descripción de la formula corresponde al grupo de climas cálidos (A), con temperaturas anuales arriba de 22°C y con temperaturas anuales para los meses fríos que es superior a 18°C, con respecto al grado de humedad es intermedio (W1) con presencia de lluvias en verano con una precipitación anual de 1 352 mm; por último, la presencia de canícula o sequía durante el verano es la temporada con menor humedad y se manifiesta en la mitad caliente y lluviosa del año (García, 2004).

## 2. MÉTODOS

El uso de índices en la estimación de la sequía es el método convencional de aproximación, SPI (el índice de precipitación estándar) y SPEI (Índice de Precipitación Evapotranspiración Estandarizada); ambos índices se estiman en el área de estudio para escalas de 3, 6, 9, 12 y 24 meses. Se utilizaron los datos disponibles de precipitación, y temperatura máxima y mínima comprendiendo el periodo de 1961 – 2012. Mostrando un patrón de ocurrencia de sequía en los últimos años (Castillo-Castillo et al., 2017). Estas estimaciones se realizaron para determinar la duración (detectar el inicio y final), la frecuencia, la magnitud o severidad, la intensidad y la extensión espacial (Urquijo-Reguera, 2015):

- La magnitud o severidad es el nivel del déficit acumulado por debajo del nivel crítico,
- La intensidad es la media del valor del parámetro de sequía por debajo del nivel crítico,
- La duración consiste en la determinación del inicio y el final de la presencia del meteoro climatológico; y
- La extensión espacial consta del área de afectación por la sequía.

La única limitante que cuenta es la disponibilidad de datos, los cálculos requieren largas series de ellos. Los datos para realizar el análisis comportamiento de sequía fueron obtenidos mediante la consulta del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), se adquirieron los datos diarios y mensuales de precipitación (mm) y temperatura (°C) de las estaciones meteorológicas de Tuxpan y municipios vecinos (tabla 1), abarcando el periodo de 2003 al 2020.

El índice de precipitación estándar (SPI, por sus siglas en inglés) fue creado por McKee et al., (1993), para cuantificar el déficit de precipitación en diferentes escalas de tiempo (meses) con la finalidad de identificar las sequías. Este índice es el más viable para medir la intensidad, duración y extensión del fenómeno. Compara la cantidad de precipitación para ciertos periodos de tiempo (meses) en un sitio con el registro de precipitación a largo plazo (climatología) para el mismo periodo, y ese se ajusta al modelo de probabilidad Gamma de dos parámetros, el cual se transforma en distribución normal, cuya variable es el índice SPI, con valores positivos para los años húmedos y negativos para los años secos de la sequía (Campos-Aranda, 2014). Este índice tiene tres características (Méndez-Pérez, 2010):

1. Su simplicidad, está basado en los registros de precipitación y requieren únicamente dos parámetros (de forma y escala).
2. La versatilidad temporal, siendo útil para el análisis de la dinámica de la sequía, que permite describir las condiciones importantes de la sequía para un rango de aplicaciones en diferentes escalas de tiempo.
3. Su forma estandarizada, la cual permite ver la frecuencia de eventos extremos (sequías o anomalías húmedas) en cualquier sitio y escala de tiempo que sean consistentes.

| <b>Municipio</b>     | <b>Clave</b> | <b>Estación</b>                | <b>Latitud</b> | <b>Longitud</b> | <b>Altura (msnm)</b> |
|----------------------|--------------|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| Tuxpan               | 30190        | Tuxpan de Rodríguez Cano (OBS) | 20.959722°     | 97.418889°      | 5                    |
| Álamo-Temapache      | 30006        | Álamo                          | 20.929444°     | 97.679444°      | 19                   |
| Poza Rica de Hidalgo | 30132        | Poza Rica                      | 20.540833°     | 97.472778°      | 50                   |

*Tabla 1: Estaciones climatológicas de la región de estudio. Fuente: SMN*

Para generar el SPI, se utiliza un ajuste a los datos de precipitación a través de la función de distribución de probabilidad tipo Gamma, ya que es la que va más acorde con la distribución de la precipitación. Se debe utilizar una serie de datos de 15 años o más y la función se define del siguiente modo (Méndez-Pérez, 2010):

$$f(x) = (x/\beta)^{\alpha-1} \exp(-x/\beta) / (\beta \Gamma(\alpha)) \quad (1)$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los llamados parámetros de forma y escala, respectivamente. Mientras que  $\Gamma$  es la función Gamma, definida por la integral.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (2)$$

La función Gamma puede ser elevada numéricamente o aproximada. La función Gama satisface la siguiente relación de recurrencia:

$$\Gamma(\alpha + 1) = \alpha\Gamma(\alpha) \quad (3)$$

El parámetro de la forma  $\alpha$ , es adimensional y dependiendo de su valor, la función Gamma toma una gran variedad de formas (Figura 4). Para los valores de  $\alpha < 1$  la distribución está muy sesgada hacia la derecha, mientras que para  $\alpha > 1$ , el sesgo es menor y la distribución se desplaza hacia la derecha. Para los valores de  $\alpha$  muy grandes, la función Gamma se aproxima a la distribución normal.

El SPI es calculado y analizado usando diversas escalas de tiempo (meses) de interés (OMM, 2012):

- SPI-1 refleja las condiciones a corto plazo, su aplicación está relacionada estrechamente para la sequía meteorológica y cuya aplicación puede estar relacionada a la humedad del suelo y estrés de los cultivos a corto plazo.
- SPI-3 provee las condiciones húmedas a corto y mediano plazo, proporcionando una estimación estacional de la precipitación.
- SPI-6 indica la cantidad de precipitación caída durante el periodo de estaciones húmedas, refleja los niveles de los caudales fluviales y niveles de almacenamiento anómalos, en función de la región y época del año.
- SPI-9 da una indicación de pautas de precipitación inter estacionales en escala temporales; para esta escala es considerada como un indicador de la sequedad en la agricultura, así como afecta a otros sectores.
- SPI-12 y 24 tiene a situarse en torno a cero, a menos que se produzca una tendencia húmeda o seca característica. Esta escala refleja los patrones de precipitación a largo plazo, usualmente relacionado a caudales de ríos, niveles de almacenamiento de presas, etc.

Otro de los índices utilizados en el presente trabajo es el Índice estandarizado de precipitación-evapotranspiración (SPEI, por sus siglas en inglés) (Vicente-Serrano et al., 2010) es un índice multiescalar de sequía que combina los datos de precipitación y temperatura, fácil de calcular y está basado en el procedimiento del cálculo del SPI. El SPI utiliza la precipitación mensual como datos de entrada, mientras que el SPEI utiliza la diferencia mensual entre la precipitación y la evapotranspiración potencial (PET, por sus siglas en inglés) en conjunto con la distribución log-logística, lo cual representa un balance climático del agua (Thornthwaite, 1948).

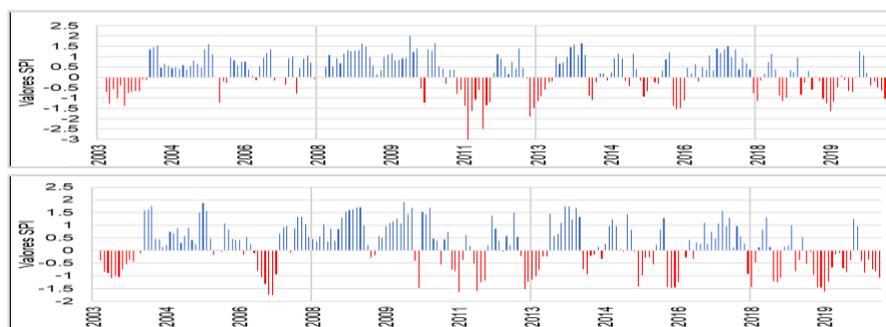
### 3. RESULTADOS

Los valores del SPI y SPEI 3 representan la intensidad de sequía, es decir, que tan grande es el déficit de precipitación de acuerdo con la escala temporal utilizada, la

cual se calculó de forma sistemática para cada mes y no representa necesariamente la gravedad de la totalidad del evento seco.

La Figura 3 muestra la intensidad de sequía del periodo estudiado. Con base a los registros de lluvia se presentaron periodos de sequía para Tuxpan predominando los eventos húmedos de SPI (Figura A), donde la intensidad ligeramente húmeda tuvo un registro del 19.91%, a continuación, los periodos moderadamente húmedos con un 17.59%, para las condiciones de humedad severa y extremadamente húmedo alcanzaron un 3.24 y 0.46%, estos dos últimos eventos fueron presentes de manera corta en los años de 2004, 2005, 2009, 2010, 2013, 2014 y 2017 con presencia de un mes. Para la situación de los eventos secos hubo una predominancia de periodos ligeramente secos con un 10.65% de incidencia, posteriormente se presentó la sequía moderada con un 9.72% concentrando 21 eventos totales del periodo estudiado (Tabla 2). Por último, la sequía severa y extrema presenciaron un 2.31 y 0.93% de eventos totales.

Las series de los índices para la escala de tiempo a tres meses, se mueven con extremada rapidez entre los valores negativos y positivos, esto probablemente este asociado al periodo que estas variables son tomadas en cuenta son muy cortos y los cambios entre los periodos de sequía son asimilados a mayor velocidad. El comportamiento para estos índices a escalas temporales cortas (1 o 3 meses) es muy variable y alteran rápidamente entre los periodos húmedos de corta duración, como lo señala McKee et al. (1993). En cambio, cuando el periodo de tiempo se llega a largar a 12 y 24 meses, los índices responden con más lentitud a los cambios de precipitación y temperatura, los periodos secos y húmedos se hacen menos frecuentes, pero son más duraderos. Para SPI y SPEI 12 muestran sus series más estables.



*Fig. 3: Sequía estimada. a) SPI. b) SPEI. Fuente: Elaboración Propia.*

Para describir la gravedad de los eventos de sequía de acuerdo con el SPI y SPEI 3 de cada una de las sequías detectadas; clasificadas en cinco clases señaladas anteriormente. El hecho de establecer esta caracterización en base a los resultados de la magnitud, constituye una fuente primordial para planificar estrategias que estén orientadas a tomar decisiones para hacer frente de manera eficiente y eficaz a la sequía. De acuerdo con los resultados de magnitud, para el SPI 3, predominan las sequías extremadamente fuertes con un 28.57%, seguidamente la sequía fuerte y leve, ambos registraron 21.43% y para los eventos poco frecuentes y normales se observó el mismo registró de 14.29%.

| Categoría     | Sequía extrema | Sequía severa | Sequía moderada | Ligeramente seco | Normal | Ligeramente húmedo | Moderadamente | Severamente | Extremadamente | Sin datos |
|---------------|----------------|---------------|-----------------|------------------|--------|--------------------|---------------|-------------|----------------|-----------|
| <b>SPI 3</b>  |                |               |                 |                  |        |                    |               |             |                |           |
| Núm. Eventos  | 2              | 5             | 21              | 23               | 70     | 43                 | 38            | 7           | 1              | 6         |
| %             | 0.93           | 2.31          | 9.72            | 10.65            | 32.41  | 19.91              | 17.59         | 3.24        | 0.46           | 2.78      |
| <b>SPEI 3</b> |                |               |                 |                  |        |                    |               |             |                |           |
| Núm. Eventos  | 0              | 6             | 23              | 26               | 76     | 38                 | 26            | 19          | 0              | 2         |
| %             | 0              | 2.78          | 10.65           | 12.04            | 35.19  | 17.59              | 12.04         | 8.80        | 0              | 0.93      |

Tabla 2. Registro de eventos totales de eventos húmedos y secos a tres meses comprendiendo los años 2003 al 2020. Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del SPEI 3, la magnitud de la sequía fue extremadamente fuerte con un 35.71%, esto se debió a la acumulación de valores negativos por varios meses del año; después se manifestó la sequía poco frecuente presentando 28.57%, la sequía muy fuerte se presentó con un 14.29%, los demás eventos registraron un 7.14%. Los resultados ya explicados anteriormente demostraron que el municipio de Tuxpan ha presentado un ciento de eventos de magnitud extremadamente fuerte; sin embargo, estos episodios han sido detectados estos periodos. En la tabla 3 se presenta los eventos de sequía para SPI y SPEI 3.

| <b>SPI 3</b>    | <b>Duración</b> |             |
|-----------------|-----------------|-------------|
| <b>Magnitud</b> | <b>Periodo</b>  | <b>Año</b>  |
| <b>12.74</b>    | May-Dic         | 2011        |
| <b>4.55</b>     | Nov-Ene         | 2012 - 2013 |
| <b>5.51</b>     | Feb-May         | 2016        |
| <b>5.11</b>     | Jul-Oct         | 2019        |
| <b>SPEI 3</b>   | <b>Duración</b> |             |
| <b>Magnitud</b> | <b>Periodo</b>  | <b>Año</b>  |
| <b>5.86</b>     | Nov-Feb         | 2006 - 2007 |
| <b>4.02</b>     | Sep-Dic         | 2011        |
| <b>4.88</b>     | Nov-Feb         | 2012 - 2013 |
| <b>5.61</b>     | Feb-May         | 2016        |
| <b>3.53</b>     | Jul-Sep         | 2018        |
| <b>5.78</b>     | Jul-Oct         | 2019        |

Tabla 3. Registro de eventos con duración de tres meses comprendiendo los años 2003 al 2020. Fuente: Elaboración propia.

#### **4. IMPACTO DE LA SEQUÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO**

Dentro de los sectores de producción de alimentos para el municipio de Tuxpan, en el área de la agricultura existen gran diversidad de cultivos, así como la temporalidad de cosechas de estos. Por su parte, el maíz en el primer año del estudio 2003-2004 generó una cosecha alta del 76.67%; en los años siguientes el maíz se mantuvo estable hasta 2010-2011 con un descenso del -38.90%, posteriormente volvió a tener un aumento en sus cosechas, no obstante, en 2016-2017 nuevamente tuvo un descenso de producción del -27.86%. Para el caso del chile, se registraron pérdidas hasta 2008-2009 de un -92.71%, los siguientes años se presentaron varios descensos significativos alcanzando su máximo valor negativo en 2016-2017 con pérdidas del -57.14%. Pese a la presencia de sequía en 2011-2012 la producción de estos productos tuvo una tendencia positiva. Sin embargo, pese a las pérdidas generadas en los años siguientes para 2019 – 2020 hubo un aumento en las cosechas de un 8% para el chile, 16% en frijol y 8% en maíz, estos últimos lograron al alcanzar un crecimiento mayor al 1%; este último año tuvo presencia de sequía de acuerdo con los índices elaborados. Para el ciclo de cultivos perennes existió una mayor predominancia en la producción de litchi, maíz, vainilla y cítricos en general (limón, mandarina, naranja, tangerina y toronja) y coco. Para el grupo de los cítricos existieron pocos eventos de decrecimiento de las cosechas. Estos eventos se presentaron entre 2004 a 2010 con dos episodios de pérdidas principalmente sobre la mandarina, naranja, tangerina y la toronja. Dentro de este grupo se registraron pérdidas entre -0.38 a -17.31%. A pesar de ello en los años con registros de sequía no se presentaron descensos en el porcentaje de cosechas. El limón mostró pérdidas de producción del -71.01% durante el año 2012-2013; posteriormente volvió a manifestarse otro decrecimiento en 2016-2017 arrojando un -25%.

Otros de los sectores alimenticios de Tuxpan es la ganadería, dentro de la Figura 13 se observan los principales productos generados destacando principalmente la miel de abeja y cera, carne y huevo de aves principalmente de gallina, carne y leche de bovinos, carne de guajolote, carne de ovino y carne porcina, también se contempla la cantidad de cabezas de ganado existentes para cada año de las especies ya mencionadas. Entre los años de 2008 a 2011 manifestaron un aumento significativo en la producción de alimentos, esto debido a la presencia de lluvias durante esos periodos, obteniendo un volumen de producción muy alto.

Los productos de origen apícola, mostraron una tendencia negativa los primeros años de producción de los años disponibles de información con valores del -52.70% de cera y -81.08% en miel, mismos que se manifestaron en años posteriores. Sin embargo, entre los dos grupos la miel manifestó pocas bajas en su producción a comparación de su contraparte la cera. En el caso de la especie bovino, durante los primeros años del estudio en 2007-2008 se presentó una disminución en producción de los tres sectores de carne, ganado en pie y leche, con pérdidas del -3.98, -3.27 y 29.91% respectivamente, esto de acuerdo con los índices de sequía no hubo presencia periodo seco. Entre 2013 a 2016 se registraron dos años consecutivos con bajas en bovinos con valores que rondaban entre -1 al -6%, pero a partir de 2017 a 2020 logró aumentar ligeramente la producción con valores entre 0.1 al 2%.

La producción de aves de corral correspondiente a la producción de carne y ganado en pie, es el grupo con mayores episodios de pérdidas para el periodo estudiado,

principalmente para el ganado en pie. Este grupo registró ocho periodos de disminución en el porcentaje de producción; estos valores rondaron entre -0.1 hasta un -4%, cabe resaltar que durante 2008-2009 y 2010-2011 fueron los años con mayor registro de bajas para este grupo con datos del -82.63 y -12.58%. En estos últimos no existió presencia de sequía.

Por último, la especie porcina no mostró pérdidas consecutivas. Sin embargo, estuvieron presentes en los años del presente trabajo. Los primeros indicios de pérdidas para este grupo se observaron durante 2009 a 2011; durante esos dos años la carne de porcino manifestó un -17.50% de pérdidas y el ganado en pie con un 18.28%. Después de esta pérdida, ambos grupos tuvieron registros aislados en bajas productivas hasta 2016-2017 donde se observó para ambas categorías un descenso en la producción con un -0.29% para carnes y un -3.84%, estos valores mostraron un descenso de casi cinco veces al registro obtenido en 2009-2010.

## 5. CONCLUSIONES

La sequía es una amenaza real, silenciosa y de alto impacto. Este estudio fue una sequía meteorológica, se observó que el SPI mostró mejores resultados para la caracterización de este fenómeno, ayudo a comprender el efecto sobre el sector agropecuario, es útil ya que requiere una variable para su análisis, dando como resultado una buena aproximación de la sequía que ha sucedido a lo largo de la historia en el municipio de Tuxpan.

Al identificar y caracterizar a la sequía meteorológica del 2003-2020, se comprobó que Tuxpan es susceptible a la presencia de sequía. La frecuencia y duración de eventos húmedos son más intensos que los periodos secos, aunque estos dos llegan a tener la misma duración, aproximadamente un año.

Uno de los aportes que se obtuvieron a partir de los índices de sequía, fue la cartografía que muestra la expansión espacial y territorial de este fenómeno. Dicha cartografía será una herramienta para la caracterizar a futuro la presencia de periodos secos y húmedos, así como la determinación, planificación y mitigación para combatir los efectos y desastres que llegasen a formar.

Por parte de la producción agrícola y ganadera, se presentó que los productos de granos básicos tales como el maíz y frijol, dentro del estudio mostraron una tolerancia a los periodos secos que se presentaron. En los cítricos cultivados tampoco mostraron pérdidas descensos en sus cosechas para dichos periodos, sin embargo, el comportamiento en la ganadería es muy susceptible a los cambios de temperatura y ausencia de precipitación principalmente en guajolotes y en el ganado ovino.

## REFERENCIAS

- Campos-Aranda, D. F. (2014). Comparación de tres modelos estadísticos para detección y monitoreo de sequías meteorológicas. *Agrociencia*. 48 (5): 463 – 476.
- Campos-Aranda, D. F. (2016). Estudio de sequías meteorológicas anuales por medio del índice de aridez, en el estado de Zacatecas, México. *Ingeniería investigación y tecnología*. 3 (3): 405 – 417.

- Castillo-Castillo, M., Ibáñez-Castillo, L. A., Valdés, J. B., Arteaga-Ramírez, R., y Vázquez-Peña, M. A. (2017). Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río Fuerte, México. *Tecnología y ciencias del agua*. 8 (1): 35 – 52.
- CONAGUA. (2019). Reporte del clima en México. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional Gerencia de Meteorología y Climatología. Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo. Reporte anual 2019. México.
- CONAGUA. (2020). Reporte del clima en México. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional Gerencia de Meteorología y Climatología. Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo. Reporte anual 2020. México.
- Diéguez, T. E., Mancera, M. G., Falcón, C. A., Garibay, N. A., Cepeda, V. R. D., Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México. Situación actual y perspectivas futuras secuencias. *Revista de historia y ciencias sociales*. 89: 193 – 219.
- Estrada-Medina, H., Cobos-Gasca, V., Acosta-Rodríguez, J. L., Peña Fierro, S., Castilla-Martínez, M., Castillo-Carrillo, C., y Maldonado-Repetto, A. (2016). La sequía de la península de Yucatán. *Tecnología y ciencias del agua*. 7 (5): 151 – 165.
- García-Acosta, V., Zevallos, J. P., y del Villar, A. M. (2003). Desastres agrícolas en México. Catálogo histórico. Sección de obras de ciencia y tecnología.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México.
- INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados>
- McKee, T. B., Doesken, N. J., y Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* 17(22):179-183. Boston, MA: American Meteorological Society.
- Méndez, M., y Magaña, V. (2010) “Regional aspects of prolonged meteorological droughts over Mexico and Central America”, en: *J. Climate*. 23: 1175 – 1188.
- Méndez-Pérez, J. M. (2010). Variabilidad espacio-temporal de la sequía meteorológica en México: aspectos dinámicos. Tesis Doctoral en Geofísica. UNAM. México.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2012). Guía del usuario sobre el Índice normalizado de precipitación (OMM-N.º 1090), Ginebra.
- Organización Meteorología Mundial (OMM). (2016). Manual de indicadores e índices de sequía. Asociación mundial para el agua. Argentina.
- Ortega-Gaucin, D. (2013). Sequía: causas y efectos de un fenómeno global. *CIENCIAUANL*. 16(61): 8 – 15.
- Ortega-Gaucin, D., y Velasco, I. V. (2013). Aspectos socioeconómicos y ambientales de las sequías en México. *Aqua-LAC*. 5 (2): 78 – 90.
- Ortega-Gaucin, D., Velasco, I. V., Güitrón-de los Reyes., A., Arreguín-Cortés F. I. y López-
- Ortega-Gaucin, D., Cruz Bartolón, J. D. L., y Castellano Bahena, H. (2018). Peligro, vulnerabilidad y riesgo por sequía en el contexto del cambio climático en México.
- Paredes, F. J., Barbosa, A. H., y Guevara, E. (2015). Análisis espacial y temporal de las sequías en el norte de Brasil. *AGRICIENTIA*. 32 (1): 1 – 14.
- Pineda-Pablos, N., y Salazar-Adams, A. (2016). Ciudades y sequía en México. La gestión del agua como estrategia crítica de mitigación. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 7 (5): 95 - 113.

- Quiroz, I., y Paredes, F. (2015). Características espaciales y temporales de la sequía en el estado Cojedes durante el periodo 1950 – 2005. *Revista Agrollanía*. 12: 56 – 60.
- Reyes-Jiménez, T. A. (2014). Variabilidad espacio-temporal de la sequía meteorológica en el estado de Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad veracruzana.
- Román, S. M. (2017). Sequía: algo más que falta de lluvia. *Greenpeace Magazine*, (24): 6 – 9.
- Scarpati, O. E. y Capriolo, A. D. (2016). Sequías agrícolas: recurrencia, clasificación y distribución en la región de Pampeana, Argentina. *Cuadernos Geográficos*. 55 (1): 6 – 32.
- Thornthwaite, C. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*. 38 (1): 55 – 94.
- Urquijo-Reguera, J. (2015). La gestión de la sequía, contribuciones para su evaluación. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. España.