

VULNERABILIDAD AGRÍCOLA POR SEQUÍA: PROPUESTA Y VALIDACIÓN METODOLÓGICA PARA EL ESTADO DE MÉXICO

Luis Miguel Espinosa Rodríguez¹, José Alberto Alcántara Maya², José Ramón Hernández Santana³
UAEMEX

RESUMEN

El trabajo presenta una metodología que permite la identificación de zonas de vulnerabilidad agrícola por sequía meteorológica en el Estado México; la propuesta utiliza de técnicas de evaluación multivariada, sistemas de información geográfica, estandarización y análisis estadístico.

El proceso de validación metodológica se desarrolló en el territorio que comprende al Estado de México en donde se seleccionaron y aplicaron indicadores sugeridos por la guía metodológica del INECC y PNUD; asimismo se llevó a cabo el análisis por superposición temática de variables para procesar la información. Como resultado, se construyó cartografía del escenario correspondiente a exposición, sensibilidad, resiliencia y vulnerabilidad agrícola para el Estado de México y sus municipios.

Palabras clave: vulnerabilidad; evaluación multivariada; sistemas de información geográfica; resiliencia; sequía.

AGRICULTURAL VULNERABILITY DUE TO DROUGHT: PROPOSAL AND METHODOLOGICAL VALIDATION FOR THE STATE OF MEXICO

ABSTRACT

This paper presents a methodology that allows the identification of agricultural zones vulnerability due to meteorological drought in Mexico. The proposal uses multivariate evaluation techniques, Geographic Information Systems (GIS), standardization and statistical analysis.

The methodological validation process was developed and approved in the State of Mexico territory, where indicators suggested by methodological guide of the INECC and UNPN were select and applied.

Also the analysis by thematic overload of variables to process the information was carried out. As result, exposure mapping, sensitivity, resilience and agricultural vulnerability were developed.

Key words: vulnerability; multivariate evaluation; GIS; resilience; drought.

¹ Luis Miguel Espinosa Rodríguez, Facultad de Geografía, UAEMex. E-mail: geo_luismiguel@hotmail.com

² José Alberto Alcántara Maya. Facultad de Geografía, UAEMex. E-mail: jalcantara@conabio.gob.mx

³ José Ramón Hernández Santana. Instituto de Geografía, UNAM. E-mail: santanajr@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace dos décadas, se observan modificaciones en los patrones meteorológicos de México, como el aumento de la temperatura y descensos en la precipitación media anual en diferentes regiones, lo que en principio representa una variabilidad en los regímenes climáticos, sin que ello represente de forma estricta un cambio climático.

Los cambios observados en el sistema atmosférico, se relacionan con el desarrollo de períodos de sequía y una aparente prolongación del estiaje, que merecen una atención prioritaria en el ámbito de la prevención de impactos de orden natural y socioeconómico, en los tiempos presente y futuro cercano.

En el orbe, se han identificado cambios similares y la expansión progresiva de la aridez, por lo que desde la década de los años noventa, la perspectiva de manejo de este proceso se basa en un enfoque pro-activo, caracterizado por la planeación-atención de las áreas identificadas como vulnerables. A este respecto, Wilhelmi y Wilhite (2002) han definido que la vulnerabilidad juega un papel crítico en la relación entre el peligro y la sociedad, por lo que identificarla resulta fundamental en el proceso de mitigación, prevención y la gestión del desastre.

En este contexto, se han desarrollado propuestas para generar indicadores de vulnerabilidad en escalas regionales y locales, destacándose entre otros trabajos, los publicados por Conde *et al.*, (2000), Gay (2000), Wilhelmi y Wilhite (2002), Conteras *et al.* (2003), O'Brien *et al.* (2004), Servín (2005), Palma *et al.* (2009), Aymone y Ringler (2009), SEMARNAT (2010), Wu *et al.* (2011), Donatelli *et al.* (2012), Khoshnoodifar *et al.* (2012), Monterroso *et al.* (2012 y Sookhtanlo *et al.* (2013).

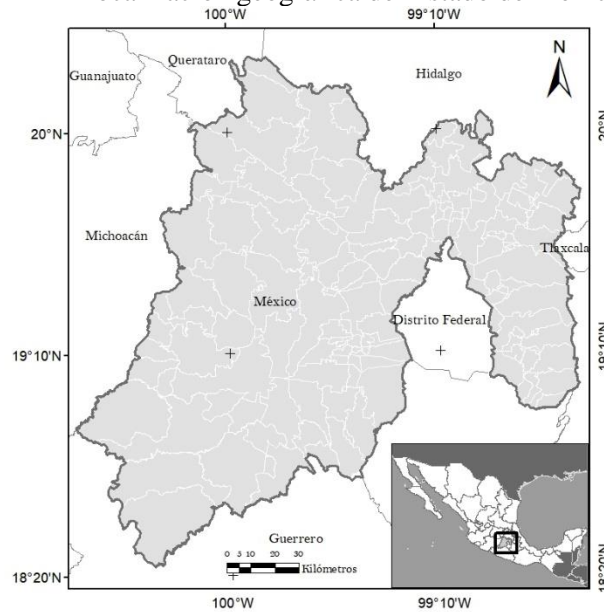
Asimismo, se reconoce la importancia del Proyecto de la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC), celebrado en 2012, en donde se publicó la “Guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante cambio climático”, en la cual se encuentran recomendaciones para realizar la evaluación de la vulnerabilidad, la generación de índices sobre la precipitación acumulada por año, la determinación del clima predominante y los procesos de desertificación, como los propuestos en el Monitor de Sequía de Norteamérica.

Sin embargo, a pesar de los avances y los logros obtenidos en el ámbito nacional e internacional hasta el presente, se considera que las metodologías empleadas y los índices desarrollados necesitan representación cartográfica de los valores locales y regionales de exposición, sensibilidad, resiliencia y de vulnerabilidad agrícola. En este sentido, el objetivo central de esta investigación se enfoca en el desarrollo y la adecuación de una metodología, que permita evaluar la vulnerabilidad agrícola ante la sequía meteorológica, utilizando indicadores existentes y accesibles para cualquier nivel gubernamental.

Con el propósito de validación, de forma particular, se construyó el modelo causal de la vulnerabilidad para el Estado de México, a partir de la definición de criterios, índices e indicadores para determinar el grado de vulnerabilidad agrícola por sequía meteorológica, a escala municipal, y evaluar su grado de intensidad.

El área de estudio empleada para validar la metodología fue la correspondiente al Estado de México, el cual comprende 125 municipios, en los cuales se emplearon cifras de siembra y cosecha correspondientes al año agrícola 2011-2012 debido a que este año representa el de mayor número de siniestros reportados por sequía en las últimas tres décadas (Figura 1).

FIGURA 1
Localización geográfica del Estado de México.



Fuente: Modificada de INEGI, 2019.

2. METODOLOGÍA

Diversos trabajos abordan el problema de la vulnerabilidad por sequía agrícola, entre ellos se destacan los que asimilan un enfoque de sistemas de información geográfica para mostrar la distribución espacial del proceso (Tabla 1).

TABLA 1
Antecedentes generales para la evaluación de la vulnerabilidad por sequía

Año	Autor responsable	Propuesta metodológica
1985	Wilhite y Glantz	Clasifican cuatro tipos de sequía; a la agrícola la relacionan con la meteorológica y el impacto que genera en los cultivos, considerando el proceso en términos de balance de humedad (evapotranspiración real y potencial, el déficit de agua en el suelo y las reservas de agua; consideran la especificidad del cultivo en cuanto a requerimientos de humedad, en función de la etapa de crecimiento y la biología de la planta.
2000	Gay	Determina áreas vulnerables a la sequía mediante un índice de severidad. Analiza la sequía desde el punto de vista meteorológico y la define como función del déficit de precipitación, expresado en porcentaje respecto a la pluviosidad media anual o estacional de largo período y su duración en una determinada región.
2002	Wilhelmi y Wilhite	Desarrollan un método de evaluación, a través de técnicas de sistemas de información geográfica y ponderación de capas; identifican como factores clave a la deficiencia de humedad en los cultivos, a la capacidad de retención y a la disponibilidad de agua en su sistema radicular, usos de

		suelo y riego.
2004	O'Brien <i>et al.</i>	Evalúan factores de estrés, como el cambio climático y la globalización económica. El perfil de la vulnerabilidad es obtenido a través de la combinación de índices, que evalúan la capacidad adaptativa con índices de sensibilidad que toman en cuenta la exposición al cambio climático; para medir esta capacidad identifican factores biofísicos, socioeconómicos y tecnológicos que influyen en la producción agrícola.
2005	Contreras	Relaciona los trabajos que se han realizado sobre las sequías en el siglo XIX, confronta la información de los registros meteorológicos del Archivo General de la Nación, con el propósito de establecer las bases que permitan conocer las grandes sequías en dicho siglo y la periodicidad.
2009	Palma <i>et al.</i>	Analizan la vulnerabilidad del sector agrícola veracruzano, a partir de las proyecciones de cambio de aptitud del maíz y la naranja, bajo condiciones de cambio climático. Emplean variables como los requerimientos de los cultivos, los ciclos agrícolas que predominan en la República Mexicana, así como cifras de rendimiento y producción.
2011	Wu, <i>et al.</i>	Determinan los factores que contribuyen a la vulnerabilidad por sequía agrícola y construyen un modelo basado en celdas y matrices para el trigo y el maíz, utilizando sistemas de información geográfica. Los indicadores que usan para construir el índice de vulnerabilidad son el clima, el suelo y el riego.
2012	Khoshnodifar <i>et al.</i>	Identificación de los índices para evaluar la vulnerabilidad y el grado de aversión al riesgo, enfatizando en la vulnerabilidad social y en la tecnológica.
2012	Monterroso, <i>et al.</i>	Proponen el uso de indicadores para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático en el sector agrícola, a nivel municipal; establecen que la escala de análisis nacional es la más apropiada para generar y dirigir información para definir políticas para apoyar a sectores sociales vulnerables.
2012	Sookhtanlo, <i>et al.</i>	Identifican los índices para evaluar la vulnerabilidad y el grado de aversión al riesgo; enfatizan en la vulnerabilidad social y en la tecnológica.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Con base en las experiencias de la Convención para Combatir la Desertificación de las Naciones Unidas, los Monitores de Sequía se implementaron como un mecanismo para combatir la desertificación y mitigar los efectos de la sequía, éstos incorporaron estrategias a largo plazo con un enfoque de cooperación internacional. En la Tabla 2, se muestra una síntesis de los tres monitores más representativos y las características operativo-funcionales de los mismos.

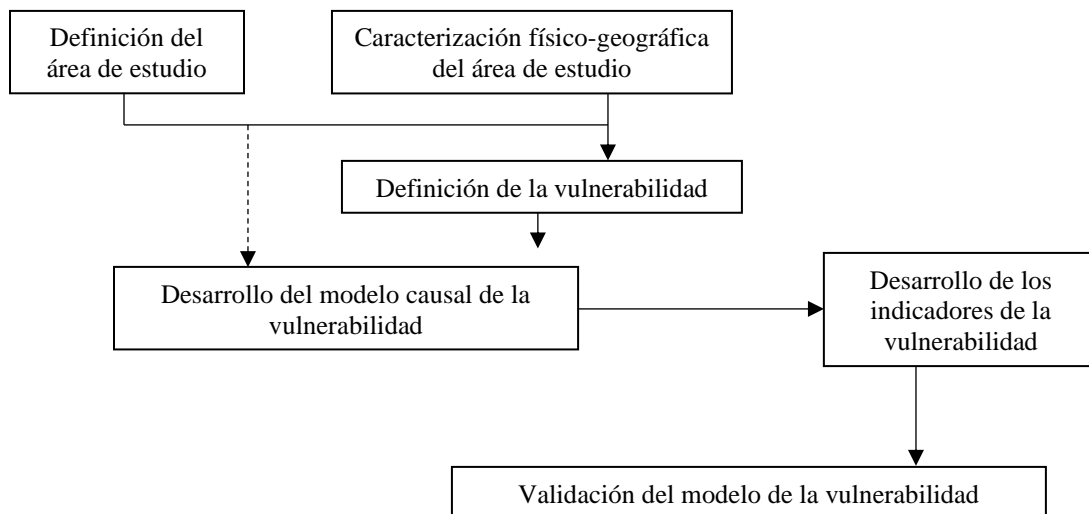
TABLA 2
Referenciales de los Monitores de sequía.

Año	Nombre del monitor	Características
1999	Monitor de sequía de los Estados Unidos de América (USDM)	Ofrece un seguimiento semanal; evalúa y comunica el estado de la sequía (Lawrimore <i>et al.</i> , 2002). Define áreas consistentes de sequía en el continente y crea bases de datos con alta calidad histórica que pueden ser consultados en tiempo real. Desarrolla un software para calcular, desplegar índices y consultar estadísticas relacionadas para evaluar la sequía.
2006	Sistema de Información Nacional Integrado para la Sequía (NIDIS)	Define un mecanismo proactivo, desarrolla redes de información para implementar el monitoreo y pronóstico integral en los niveles: federal, estatal y local. Apoya la investigación ambiental enfocada en la evaluación de riesgos, pronóstico e integración de la información. Finalmente, propone sistemas interactivos de educación y divulgación.
2008	Monitor de Sequía de Norteamérica y de actividades colaborativas de Europa, África y Australia.	Desarrolla una plataforma para compartir datos e información para incrementar las capacidades de afrontar amenaza de crecimiento mundial de la sequía.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En esta investigación se aplicó y modificó el método propuesto por Schröter *et al.* (2005) y se empleó la guía metodológica del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (INECC y PNUD, 2012), para evaluar la vulnerabilidad agrícola por municipio ante sequía meteorológica. La evaluación se llevó a cabo, a través de la construcción de un índice de severidad de la vulnerabilidad, construido mediante indicadores e índices ya existentes de acceso público. Se construyó esta herramienta con el fin ulterior de que apoye a toma de decisiones para áreas del sector gubernamental mexicano, encargadas de dar seguimiento al proceso de la sequía. De manera particular, la estructura metodológica se desarrolló en seis fases, las cuales se observan en la Figura 2.

FIGURA 2
Marco conceptual de la metodología desarrollada.



Fuente: elaboración propia, 2018.

De manera particular, la metodología propuesta se estructura en el desarrollo de diferentes etapas que, a su vez, se componen por el análisis estadístico, temporal y cartográfico de diferentes variables:

TABLA 3
Elementos estructurales de la metodología propuesta.

Fases metodológicas	Variables	Acciones y criterios
Definición del área de estudio	Delimitación estatal Ciclo agrícola Características físico-químicas del suelo, uso de suelo.	Delimitación de los 125 municipios estatales. Los programas de atención a sequías son municipales y estatales. Se eligió el ciclo agrícola del año 2011, debido a que éste fue el que reportó más eventos de sequía en los últimos veinte años.
Caracterización temporal	Información estadística de cobertura vegetal, índices de marginación, pobreza, rezago social, desarrollo humano y marginación.	Acopio de información referente a sequías y procesos de desertificación en el país Se analizan las bases de datos de los monitores de sequía existentes y los censos agrícolas
Definición de la vulnerabilidad	Declaratorias de sequías referidas en el DOF, CENAPRED, SIAP.	Desarrollo del proceso de propuesta de hipótesis acerca de objeto-vulnerabilidad, de acuerdo con los registros emitidos por instituciones oficiales. Identificación de las variables de impacto humano-ambiental, de los atributos de vulnerabilidad, identificación de peligros potenciales y de la escala temporal de análisis.
Desarrollo del modelo causal de vulnerabilidad	Análisis de sensibilidad, exposición y resiliencia (Figura 3).	Análisis multivariado de factores que se interrelacionan con la dinámica territorial y la relación peligro-riesgo ante la sequía. El modelo muestra la sensibilidad, expresada mediante la integración de las variables producción agrícola, grado de marginación, pobreza/rezago social e índice de desarrollo humano.
Generación de indicadores para los elementos de vulnerabilidad	Generación de indicadores compuestos de exposición, sensibilidad y resiliencia para generar el índice de vulnerabilidad.	El índice de vulnerabilidad se genera mediante la suma de los indicadores de exposición, sensibilidad y la resta de la resiliencia. Para el cálculo, se procesaron los datos tabulares de índices e indicadores mediante la metodología factorial, a través de componentes.
Validación del índice de vulnerabilidad	Aplicación del modelo en las entidades municipales; desarrollo de bases de datos y su cartografía.	Para evaluar la resiliencia, se construyó un índice de exposición conformado por índices referidos en la literatura, considerados como importantes en la evaluación de la vulnerabilidad ante la sequía meteorológica en el campo mexicano. Para evaluar la sequía, a través de datos directos, se usó el mapa del Monitor de Sequías de Norteamérica (NADM), basado en datos preliminares y calibrados con el período de 1951-2001, y se incorporan datos

	de los Índices de Sequía de Palmer, el índice de Porcentaje Promedio de Precipitación y el Índice Standard de Precipitación.
--	--

Fuente: elaboración propia.

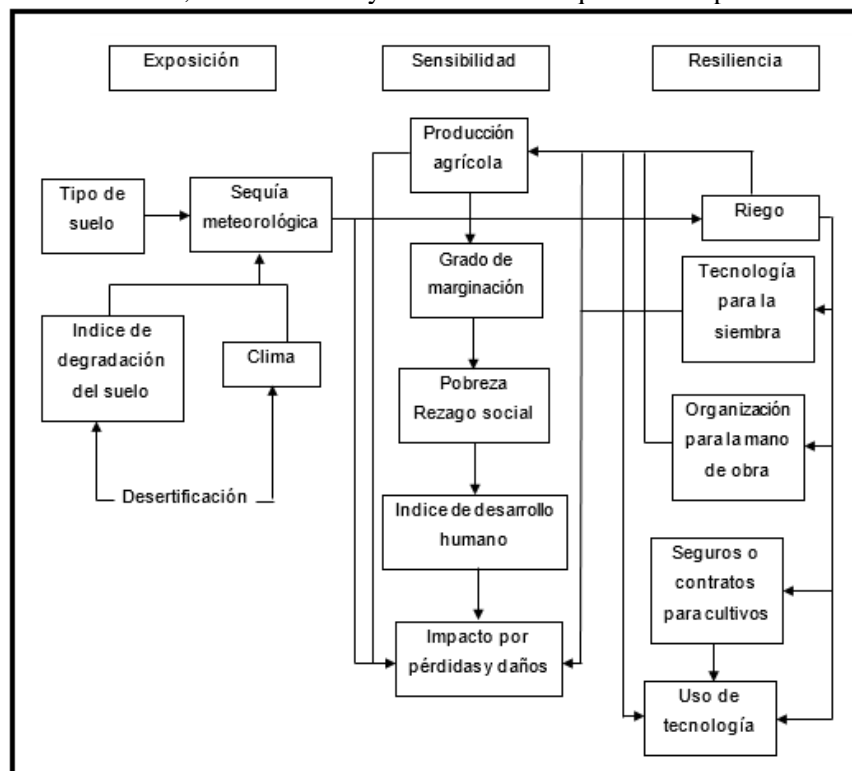
Para el desarrollo de la metodología, se emplearon diversas fuentes de consulta y se aplicaron diferentes criterios para la valoración de los parámetros de exposición, resiliencia y peligro, destacándose los siguientes:

En primer término, la cartografía empleada para la base de la investigación fue la publicada por INEGI (2005), con escala 1: 1 000 000, con la proyección Cónica Conforme de Lambert; para las capas del NADM, se emplearon las escalas 1:50 000 y 1:250 000, toda vez que la escala de salida fue 1:200 000 con una proyección de UTM, zona 14, Datum y elipsoide en WGS84.

Por otra parte, se revisaron las declaratorias nacionales de sequía en el Diario Oficial de la Federación, encontrándose las correspondientes a los años 2003 y 2005, exhibiendo a 5 y 55 municipios afectados de manera respectiva (DOF, 2003) y las del Centro Nacional de Desastres (CENAPRED, 2013), que muestran tres períodos de registro: el comprendido entre 1960 y 1964; el de 1970 a 1978 y, finalmente, el correspondiente a 1993-1996, encontrándose más de cincuenta reconocimientos de períodos de estiaje extremo. Asimismo y con base en Schöter *et al.* (2005) se diseñó un plan para la evaluación de la exposición, sensibilidad y resiliencia territorial, a través de la integración de diferentes variables y para destacar las características dominantes de la zona de validación metodológica (Figura 3), y se generó el índice de vulnerabilidad con base en Wu *et al.* (2011), a través de la suma de los indicadores de exposición, sensibilidad y la resta de la resiliencia: $V = (\text{Exposición} + \text{Sensibilidad}) - \text{Resiliencia}$

FIGURA 3

Diagrama de vulnerabilidad, donde se incluyen las variables que inciden para el Estado de México.



Fuente: Elaboración propia con base a Schöter *et al.* (2005) y en el INECC y PNUD (2012).

De manera particular, los índices de exposición, sensibilidad y resiliencia fueron sometido a tres procedimientos: la ponderación mediante el juicio de expertos por el Proceso Jerárquico Analítico (PJA) Saaty (2008), el análisis factorial por componentes principales y la estratificación por el método de Dalenius y Hodge (DH).

La técnica de análisis factorial por componentes principales permite unir, en una sola dimensión, distintos valores con escalas distintas, usando las variables que más aporten a la explicación del proceso. Dicha técnica requiere, que los datos muestren aspectos sólo positivos o negativos, no combinados, y para los casos que no cumplieran con este requisito, se invirtió el porcentaje de la magnitud de los datos, según lo proponen Aymone y Ringler (2009).

Asimismo, se buscó que los valores de la prueba de KMO fuesen entre 0.5 y 1, lo cual indica que el análisis factorial es pertinente para el grupo de datos, toda vez que en el caso de la varianza total se consideró que el valor fuera al menos del 70%, es decir, la mayor representación posible de la información en las variables originales. Los datos que se aproximan al valor 1 son los que tienen mayor significancia directa, aquellos que se acercan al -1 tienen significancia inversa.

Para realizar los procedimientos de clasificación territorial, se generaron índices de exposición, sensibilidad y resiliencia, los cuales se clasificaron en cinco clases que son “Muy bajo”, “Bajo”, “Medio”, “Alto” y “Muy alto”. Para generar el índice de vulnerabilidad, se usaron los valores aplicando la fórmula propuesta por Wu *et al.* (2011) y estratificando los resultados en las cinco clases mencionadas.

Para determinar la sequía meteorológica, se usaron datos acerca de la pérdida de cosechas y ganado, pago de impuestos, variación en el precio de los granos, etcétera. Asimismo, para evaluar la sequía a través de datos directos, se usó el mapa del Monitor de Sequías de Norteamérica (NADM), el cual es un índice de severidad para el mes de agosto del año 2011. En éste, se incorporan datos de los Índices de Sequía de Palmer (agosto, 2011), el correspondiente del Porcentaje Promedio de Precipitación (agosto, 2011) y el Índice Estándar de Precipitación (agosto, 2011), todos ellos basados en datos preliminares y calibrados con el período de 1951-2001.

Para el índice de degradación, se empleó la capa de información “Degradación del suelo en la República Mexicana”, a escala 1:250 000, publicada por la SEMARNAT (2014), en la que se representan tipos, grados y fuentes de degradación del suelo y, finalmente, para el estudio del suelo se empleó la información de INIFAP y CONABIO (1995), así como de la FAO (WRB, 2014). Cabe aclarar, que a los suelos con la degradación por desertificación, se les asignó mayor peso. Con esta información, se asignó la ponderación de los valores con el criterio de capacidad para la retención de agua y de nutrientes.

Integrando los datos del clima, de la degradación y de los municipios con los distintos grados de sequía agrícola, se calculó el índice de exposición. Estos índices permiten observar las presiones que tienen los municipios, al estar cultivando tierras con posibles afectaciones por sequía, con tipos de suelo y clima poco favorables para la agricultura. Los mapas resultantes permiten apreciar, aún dentro del municipio, que existen distintos niveles de exposición.

Por otra parte y con base en autores como Conde *et al.* (2000), Luers *et al.* (2003), O'Brien *et al.* (2004), Aymone y Ringler (2009), Wu *et al.* (2011), Khoshnodifar *et al.* (2012) y Sookhtanlo *et al.* (2013), la resiliencia fue evaluada con indicadores relacionados con las unidades de producción agrícola, con el riego, la tecnología aplicada a los cultivos, el número de tractores usados en las unidades de producción, la organización para la mano de obra, los contratos y seguros para la producción; asimismo, se extrajo información del Censo Agrícola del año 2007, disponible en el sitio de INEGI (2007a), y la publicada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2011). Entretanto, el indicador de tecnología aplicada a cultivos, se conformó con las variables del Censo Agrícola (2007): Unidades de Producción (UPA) totales, UPA con uso de fertilizantes químicos, UPA con uso de semilla mejorada, UPA con uso de abonos naturales, UPA con uso de herbicidas químicos, UPA con uso de herbicidas orgánicos, UPA con

uso de insecticidas químicos, UPA con uso de insecticidas orgánicos y UPA con uso de quemas controladas. Se realizó una ponderación de las variables con el PJA y se utilizó el software *Super Decisions* para realizar los cálculos y la comparación por pares, mediante una interfaz gráfica.

Los índices que conforman la resiliencia son aquellos, que permiten observar las formas en que los municipios pueden atender la sequía o con ventajas para la producción, cosecha y/o transformación de los cultivos. Los mapas resultantes son a nivel municipal, ya que los datos, programas y apoyos son distribuidos por municipio.

Por otro lado, se construyó la relación del grado de sensibilidad, compuesta por indicadores publicados en el Índice de Desarrollo Humano (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD); el Índice de marginación por municipio para el Estado de México, calculado por Consejo Nacional de Población (CONAPO); el índice del porcentaje de superficie sembrada bajo la modalidad de temporal contra la superficie sembrada de temporal siniestrada y, por último, el índice de Rezago Social, calculado por el CONEVAL.

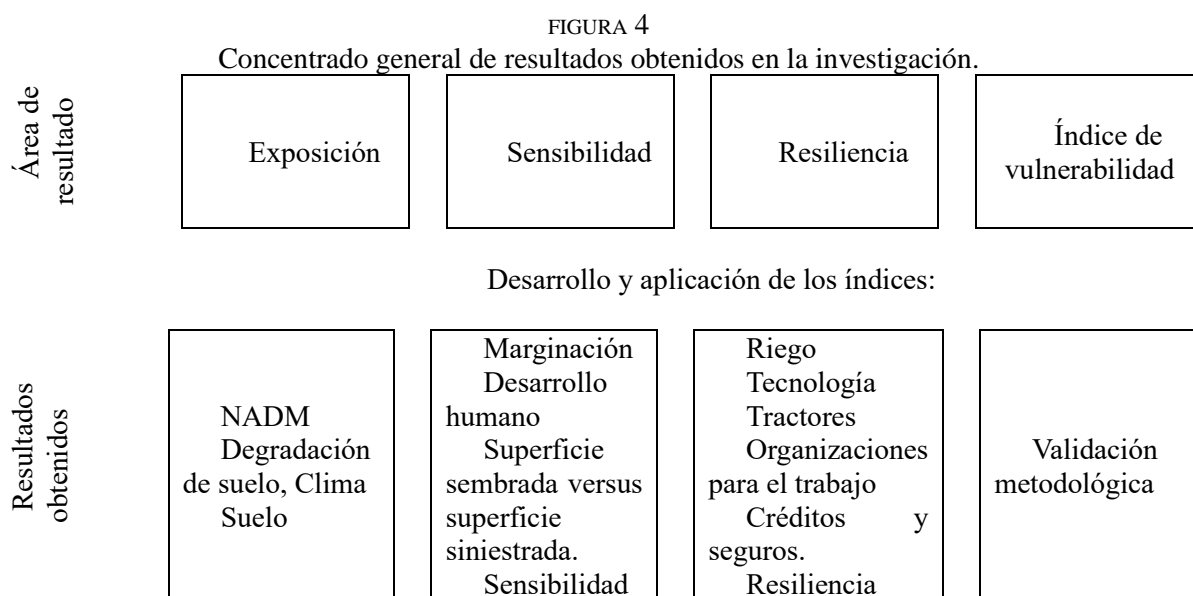
Los índices que conforman el índice de resiliencia son aquellos que permiten ver las presiones que existen en la población y que refleja las posibilidades positivas o negativas para atender la sequía. La representación cartográfica de este índice es a nivel municipal.

Por último, el Índice de vulnerabilidad a través de tres indicadores compuestos que, a su vez, evaluaron la exposición, sensibilidad y resiliencia. Las variables que componen a los índices son elementos que se identifican como componentes esenciales en la evaluación de procesos de riesgo ante cambio climático (Wilches-Chaux, 1993; González, 2001; Wilhelmi y Wilhite, 2002; Luers *et al.*, 2003; O'Brien *et al.*, 2004, 2007; Kumpulainen, 2006; Füssel, 2007; Aymone y Ringler, 2009; Palma *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2011; Donatelli *et al.*, 2012; INECC y PNUD, 2012; Monterroso *et al.*, 2012; Rubio Carriquiriborde, 2012; Sookhtanlo *et al.*, 2013; IPCC, 1997, 2014).

Las operaciones se realizaron mediante el programa ArcGIS 10.2, usando las capas vectoriales de las envolventes municipales, donde el archivo contiene una base de datos ligada con los rasgos espaciales. El dato resultante se sometió a una estratificación para obtener las categorías conocidas para generar el mapa temático de la vulnerabilidad ante la sequía en el Estado de México.

3. RESULTADOS

Los resultados se concentraron en cuatro rubros particulares, que involucran a la representación cartográfica y la correspondiente base de datos estandarizada, que valida el proceso metodológico (Figura 4).



Fuente: Elaboración propia.

En este orden de ideas, la Tabla 4 exhibe el concentrado de datos más representativo de los municipios, que presentan el mayor grado de vulnerabilidad ante la sequía en el Estado:

TABLA 4
Municipios con la clase “5 Muy alto” del índice de vulnerabilidad en más del 50% de su territorio.

Clave municipal	Nombre del municipio	Superficie por valor	Porcentaje
15087	Temoaya	18698.47891	100
15056	Morelos	23184.59126	98.957981
15026	Chapa de Mota	28404.67653	97.86169
15112	Villa del Carbón	29389.57626	97.50348
15048	Jocotitlán	24069.62206	87.334905
15061	Nopaltepec	7034.56925	85.714856
15084	Temascalapa	13459.79496	82.320158
15071	Polotitlán	10317.26202	82.059361
15064	El Oro	10988.01132	80.456275
15016	Axapusco	22793.90323	80.08539
15079	Soyaniquilpan de Juárez	10590.87181	72.776108
15102	Timilpan	10223.74446	61.74088
15124	San José del Rincón	29371.30514	60.554511
15045	Jilotepec	31631.94919	56.054342
15067	Otzolotepec	5903.222658	52.853712
15115	Xonacatlán	2796.763594	52.574133

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la metodología empleada, el mapa de vulnerabilidad muestra un mosaico de clases dentro de los límites municipales, este resultado fue esperado, ya que se partió de la premisa de que un municipio no debería representarse por una sola clase; con el mosaico de diversas clases, se puede caracterizar, de mejor manera, la vulnerabilidad dentro del propio municipio. Este es el aporte de las capas de información del índice de exposición.

Se muestran originalmente, en un formato de “mapas de semáforo”, el color más intenso indicará los lugares en donde se encuentra un grado de vulnerabilidad Muy alto, hacia el color más claro indicará que la vulnerabilidad disminuye hasta el valor de Muy bajo. Esta forma de representación de los cartogramas facilita su comprensión, ubicando al tomador de decisión en el contexto espacial de los elementos intrínsecos de su territorio de acción. A su vez, auxilia a los no expertos en el uso de las distintas variables.

TABLA 5

Presencia de las clases del índice de vulnerabilidad y porcentaje de superficie en el Estado de México.

	*Municipios con presencia de la clase	Porcentaje de superficie en el estado
Muy alta	39	15.58 %
Alta	84	27.30 %
Media	90	18.13 %
Baja	96	27.48 %
Muy baja	43	11.51 %

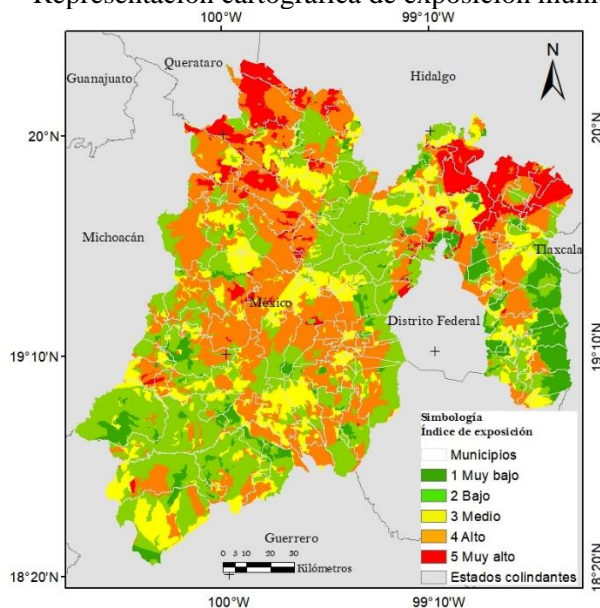
*Un municipio puede tener presente de una o más clases.

La clase Muy baja y la clase Alta son las clases con mayor porcentaje de superficie presentes en el estado. La clase con más menor porcentaje es la clase “Muy baja”.

Los municipios con “Muy alta vulnerabilidad”, se encuentran en las zonas noreste y noroeste del estado; en estos municipios hay presencia de suelos con degradación y con presencia de eventos de sequía agrícola. En la parte noreste, se observa la influencia de la zona urbana con una resiliencia baja y una sensibilidad media-alta. En la parte noroeste, se observan valores altos de sensibilidad y una resiliencia baja-media.

De forma general, destaca que el índice de exposición tiene mucho peso en este tipo de análisis y traslada esa afectación a municipios con niveles de resiliencia altos. Los resultados reflejan que para el Estado de México, los municipios con presencia de suelos con degradación y tendencia a la desertificación, con índices de marginación altos y con la modalidad de siembra temporal son los que tiene mayor grado de vulnerabilidad.

FIGURA 5
Representación cartográfica de exposición municipal.



Fuente: Elaboración propia

Para calcular la validación del método, se cotejaron las declaratorias de sequía publicadas en el Diario Oficial de la Federación (2003; 2005a; 2005b). Para el período del 2000-2015, aparecen tres declaratorias de sequía atípica para el Estado de México, una de desastre natural por sequía atípica para el año 2003 (DOF, 2003) y dos de contingencia climatológica para el año 2005, una en julio (DOF, 2005b) y otra en septiembre (DOF, 2005a). De los cinco municipios mencionados en las declaratorias del año 2003, coinciden tres con presencia del valor 5 del índice y dos con presencia del valor 4; para la declaratorias del 2005, en julio coinciden 15 de los 15 mencionados, 13 con presencia de valor 5 y dos con presencia de valor 4 del índice y, para el mes de septiembre, se mencionan 56 municipios en la declaratoria y coinciden con la presencia de valores 5 del índice y dos municipios con presencia del valor 5, así como 31 municipios con presencia del valor 4.

En el reporte del clima en México, proporcionado por el Servicio Meteorológico Nacional, se menciona que para el mes de junio, en el segundo trimestre del 2011, se observó el grado de sequía de categoría “D3 Extrema” en el Estado de México, según el Monitor de Sequías de Norteamérica. Las zonas que registraron tal intensidad, se localizan mayoritariamente en los municipios con índice de vulnerabilidad 4 (Alto) y 5 (Muy alto). Estos datos confirman y validan la metodología, dado que permitió identificar a los municipios que han sufrido los intensos embates por la sequía, registrados además en las declaratorias oficiales.

4. DISCUSIÓN

El objetivo de la investigación se ha centrado en evaluar la vulnerabilidad municipal a través de la recopilación de información de fuentes oficiales en el escenario de la agricultura del Estado de México; uno de los problemas que enfrentó el proceso metodológico fue la disposición y de la calidad de la información debido a que no se encuentra completa y/o validada en su totalidad; sin embargo, el método empleado permite la realización de cálculos, proyecciones y tendencias que configuran escenarios aceptables.

A partir del establecimiento del modelo explicativo se desglosaron las variables para el estudio del problema de investigación del modelo causal de la vulnerabilidad; por ello se requiere de contextualizar el territorio del estado de México, y de ser necesario integrar elementos de la realidad del campo mexicano para sí elegir variables que permitieran representar la realidad de la zona. Con ello se confirma que no todas las variables que presenta la literatura para la evaluación de la sequía son aplicables, ni dentro del contexto del campo mexicano, ni del fin ulterior de la investigación.

En este orden de ideas se observa que en la construcción del modelo se deben de reducir las dimensiones a aquellas que resultan necesarias y de las que se cuente con información disponible para elaborar los índices, de lo contrario se vuelve un elemento multidimensional difícilmente manejable. Asimismo, se pueden elegir variables complementarias o integradoras previamente construidas como los índices de marginación, IDH y rezago social. Para concretar el modelo, se adecuó y se realizaron cambios hasta llegar al más adecuado, se agregaron y eliminaron posibles variables hasta terminar con el utilizado en este estudio.

Respecto a las limitantes del método, se asume en primer lugar se asume cierto grado de error humano intrínseco en la información de las variables conformantes de los índices, al ser, en muchos casos, la fuente oficial o la única disponible; por ello se considera un grado de error en su cálculo. Por otra parte, resulta importante considerar el nivel de agregación la información, sobre todo cuando la combinación paramétrica de variables se vuelve compleja, como resulta con la degradación, pues ésta posee diferentes atributos cuantificables.

Los resultados obtenidos coinciden con las declaratorias de desastre natural por sequía y de contingencia climatológica; sin embargo, es deseable en un futuro repetir el ejercicio en un estado donde la sequía sea recurrente, de esta forma se podría tener una serie de índices de vulnerabilidad y crear un modelo de predicción.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ADGER, N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change Vol 16*, 268-281.
- AYMONE-GBETIBUO, G., y RINGLER, C. (2009). *Mapping South African Farming Sector Vulnerability Climate Change and Variability: A Subnational Assessment*. Documento presentado en la Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change ‘Earth System Governance: People, Places and the Planet’, Theme: Adaptiveness of Earth System Governance, Amsterdam, Países Bajos.
- BREWER, M. J. (2012). US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Global Water / Disaster Risk Reduction. En <http://climate-services.org/system/files/resource/GDMP%20Case%20Study.pdf> (Consultado el día 12 de abril de 2013),
- BUZAI, G., y BAXENDALE, C. (2011). *Análisis socio espacial con sistemas de información geográfica. Tomo 1 Perspectiva científica: Temáticas de bases raster*. GEMAPA.
- CCD/PNUMA. (1995). *Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África*. Documento presentado en la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África. , Suiza(Consultado el día
- CENAPRED. (2013). Sequias históricas. (Consultado el día
- CONAGUA, C. G. d. S. M. N. (2012a). Distribución de la precipitación pluvial anual 1971-2000. *Atlas Digital del Agua México 2012, Sistema Nacional de Información del Agua*. 2013,

- En <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo15.html>, (Consultado el día 16 de marzo de 2014)
- CONAGUA, C. G. d. S. M. N. (2012b). Precipitación anual 2011. *Atlas Digital del Agua México 2012, Sistema Nacional de Información del Agua*. 2013, En <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo15.html>, (Consultado el día 16 de marzo de 2014)
- CONAPO, C. N. d. P. (2010). Índice de marginación por localidad. En http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/2010/basededatos/basecompleta.zip, (Consultado el día 23 de noviembre de 2013)
- CONDE, M., FERRER, R. M., y Liverman, D. (2000). Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal Mediante el modelo CERES – MAIZE. pp 93-110. en México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Gay García Carlos (Compilador). *Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program.*, 220.
- CONEVAL, C. N. d. E. d. I. P. d. D. S. (2015). *Medición de la pobreza, índice de rezago social*. Disponible en <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice-de-Rezago-Social-en-entidades-federativas-y-municipios.aspx>. (Consultado el día)
- CONTERAS-SERVÍN, C. (2005). Las sequías en México durante el siglo XIX. *Investigaciones Geográficas* En <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56905609> (Consultado el día 1 diciembre de 2013),
- CHAMPION, M., FERRIS, C., HAAS, H., MCCABE, F., NEWCOMER, E., y ORCHARD, D. (2004). Web Services Architecture. Wold Wide Web Consortium (W3C) Working Group Note 11 February 2004. W3C. En <http://www.w3.org/TR/ws-arch/wsa.pdf> (Consultado el día 17 de abril de 2013),
- DOF, D. O. d. I. F. d. M. (2003). Declaratoria de Desastre Natural para efectos de las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) 24 de abril de 2003. En http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=697846&fecha=24/04/2003, (Consultado el día 03 de diciembre de 2014)
- DOF, D. O. d. I. F. d. M. (2005a). Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) 13 de septiembre de 2005. En http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2088336&fecha=29/07/2005, (Consultado el día 03 de diciembre de 2014)
- DOF, D. O. d. I. F. d. M. (2005b). Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) 29 de julio de 2005. En http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2091756&fecha=13/09/2005, (Consultado el día 03 de diciembre de 2014)
- DONATELLI, M., DUVEILLER, G., FUMAGALLI, D., SRIVASTAVA, A., ZUCCHINI, A., ANGILERI, V., FASBENDER, D., LOUDJANI, P., KAY, S., JUSKEVICIUS, V., TOTH, T., HAASTRUP, P., M'BAREK, R., ESPINOZA, M., CIAIAN, P., y NIEMEYER, S. (2012). Assessing agriculture vulnerabilities for the design of effective measures for adaption to climate change. In J. R. centre (Ed.), *AVEMAC Project* (pp. 176). Publications Office of the European Union: Joint Research centre.
- FLORES, E. (2004). Geoinformática e investigación geográfica situación actual y perspectiva. *Revista forestal latinoamericana*, Vol 36, 59-81.

- GAY, C. (Ed.). (2000). *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*: Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program.
- GEM, G. d. E. d. M., y SMA, S. d. M. A. (2008). *Bases de Diagnóstico: Identificación de Zonas Susceptibles a la Erosión en el Estado de México*. Disponible en http://qacontent.edomex.gob.mx/idc/groups/public/documents/edomex_archivo/sma_pdf_base_diag_ide_zon_sus.pdf. (Consultado el día 19 de enero de 2015)
- GEM, G. d. E. d. M., y SMA, S. d. M. A. (2009). *Iniciativa ante el cambio climático en el Estado de México*. En http://portal2.edomex.gob.mx/sma/cuida_medioambiente/cambio_climatico/groups/public/documents/edomex_archivo/sma_pdf_iniciativa_cam_clima.pdf (Consultado el 18 de septiembre de 2014)
- GINER, R., FIERRO, L., y NEGRETE, L. (2012). Análisis de la problemática de la sequía 2011-2012 y sus efectos en la ganadería y la agricultura de temporal. En <http://www.conaza.gob.mx/transparencia/Documents/Publicaciones/boletin5.pdf> (Consultado el día 24 de octubre de 2013),
- GONZÁLEZ, L. (2001). *Espacialidad y vulnerabilidad*. Documento presentado en la 8o encuentro de geógrafos de América latina, Santiago de Chile 4 -10 marzo, En <http://observatoriageograficoamericalatina.org.mx/egal8/Geografiasocioeconomica/Geografiaspacial/05.pdf> (Consultado el día 24 de septiembre de 2013).
- HEIM, R. R., y Brewer, M. J. (2012). The Global Drought Monitor Portal: The Foundation for a Global Drought Information System. *Earth interactions*, Vol 16, 1-28.
- HISDAL, H., y Tallaksen, L. M. (2000). Drought event definition. Technical report No. 6. *Assesment of The Regional Impact of Droughts in Europe (ARIDE)*.
- INECC, I. N. d. E. y. C. C., y PNUD, P. d. I. N. U. p. e. D. (2012). *Guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante cambio climático*. Documento presentado en la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC), México En http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_estudio_cc_vyagef3.pdf (Consultado el día 02 de septiembre de 2014).
- INEGI. (2007a). Censo agrícola, ganadero y forestal. Retrieved 11 de marzo de 2015 http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx
- INEGI. (2007b). *Glosario, Censo agropecuario 2007*. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/Glosario/paginas/Contenido.aspx?ClvGlo=cagf2007&nombre=326&c=12896&s=est>. (Consultado el día 17 de marzo de 2015)
- INEGI. (2010). *Conteo de población y vivienda 2010, ITER 2010*. Disponible en http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est. (Consultado el día 30 de junio de 2014)
- INIFAP, I. N. d. I. F. y. A., y CONABIO, C. N. p. e. C. y. U. d. I. B. (1995). Edafología. (Consultado el día
- IPCC. (1997). Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. (Incluido en resumen para responsables de políticas). *Intergovernmental Panel on Climate Change, Vol. Informe especial del Grupo de trabajo II del IPCC*.
- IPCC. (2014). *Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to*

- the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea & L. L. White (Eds.), (Consultado el 23 de septiembre de 2014)
- JIMÉNEZ, P., y PASCAL, G. (2002). *Marco regional de adaptación al cambio climático para los recursos hídricos en centroamérica*. Documento presentado en la Diálogo Centroamericano sobre el Agua y el Clima, Noviembre 26-28, 20002., San José, Costa Rica
En http://www.asocam.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/CC_008.pdf (Consultado el día 24 de octubre de 2016).
- KHOSHODIFAR, Z., SOOKHTANLO, M. (2012). Identification and measurement of indicators of drought vulnerability among wheat farmers in Mashhad County, Iran. *Annals of Biological Research*, Vol 3 (No. 9), 4593-4600.
- KUMPULAINEN, S. (2006). Vulnerability concepts in hazard and risk assesment. *Geological Survey of Finland* (No. Special paper 42), 65-74.
- LAWRIMORE, J., HEIM, R., SVOBODA, M., SWAIL, V., y ENGLEHART, P. (2002). Beginning a new era of drought monitoring across North America. *Bulletin of the American Meteorological Society* (No. Agosto), 1191-1192.
- LUERS, A. L., Lobell, D. B., Sklar, L. S., Addams, C. L., y Matson, P. A. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, Vol 13 (No. 4), 255-267. doi: 10.1016/s0959-3780(03)00054-2.
- MARTÍNES, A. (2007). Resultados Procedimiento Descriptivos de SPSS. En <http://www.spssfree.com/spss/analisis14.html>, (Consultado el día 11 de junio de 2014)
- MARTÍNEZ, A. (2011). Se vive en México la peor sequía en 70 años: SMN. Periódico La Jornada.
- MAYORGA, F. (2012). Palabras del Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Francisco Mayorga Castañeda, durante la Firma del Acuerdo por el que se instruyen Acciones para Mitigar los Efectos de la Sequía en diversas entidades federativas, en la Residencia Oficial de Los Pinos: SAGARPA 2012 Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/paginas/2012D002.aspx>. (Consultado el día 24 de octubre de 2018)
- MONTERROSO, A., CONDE, C., GAY, C., GÓMEZ, J., y LÓPEZ, J. (2012). *Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura de México*. Documento presentado en la 8º Congreso de la asociación española de climatología, Salamanca, España. En <http://fundacion.usal.es/conaec/pendrive/ficheros/ponencias/ponencias3/19-Impactos.pdf> (Consultado el día 03 de noviembre de 2018).
- NWS, (2006). Drought, Public fact sheet. Agosto. En <http://www.nws.noaa.gov/om/brochures/climate/Drought.pdf> (Consultado el día 08 de abril de 2013),
- O'BRIEN, K., ERIKSEN, S., NYGAARD, L. P., y SCHJOLDEN, A. N. E. (2007). Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*, Vol 7 (No. 1), 73-88. doi: 10.1080/14693062.2007.9685639.
- O'BRIEN, K., LEICHENKOB, R., KELKARC, U., VENEMAD, H., AANDAHLA, G.,

- TOMPKINSA, H., JAVEDC, A., BHADWALC, S., BARG, S., NYGAARDA, L., y WEST, J. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change* (No. 14), 303-310.
- OSORIO, J. (2011). Las tecnologías de la geoinformática en la agricultura. *El cerealista* (No. Octubre - diciembre 2011).
- PALMA, B., CONDE, C., MOREALES, R., y COLORADO, G. (2009). Análisis de la vulnerabilidad agrícola *Estudios para un programa Veracruzano ante el cambio climático* (pp. 53). Programa de estudios sobre cambio climático de la Universidad Veracruzana: Universidad Veracruzana.
- PNUD, P. d. I. N. U. p. e. D. (2012). El Índice de Desarrollo Humano en México: cambios metodológicos e información para las entidades federativas.
- PNUD, P. d. I. N. U. p. e. D. (2014) Índice de Desarrollo Humano Municipal en México 2010.
- PROBOSQUE, GEM, G. d. E. d. M., y SEDAGRO, S. d. D. A. (2010). *Inventario forestal 2010* En:http://portal2.edomex.gob.mx/probosque/publicaciones/inventario_forestal/groups/public/documents/edomex_archivo/probosque_pdf_inventario10_1.pdf (Consultado el 04 de septiembre de 2009).
- POLSKY, C., y, A. (2005). Assessing vulnerabilities to the effects of global Change: an eight step approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change Vol 10* (No. 4), 573-595.
- QUARANTA, G. (2012). Agricultura de secano. Land Care In Desertification Affected Areas (LUCINDA). *Serie folletos, Vol C* (No. 4).
- RUBIO, I. (2012). La estructura de vulnerabilidad y el escenario de un gran desastre. . *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* (No. 77), 75-88.
- SAATY, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences, Vol 1* (No. 1).
- SÁNCHEZ-PEÑA, L. (2012). Alcances y límites de los métodos de análisis espacial para el estudio de la pobreza urbana. *Papeles de la población, Vol 18* (No. 72), 147-179.
- SEMARNAT. (2006). *Suelos. El medio ambiente en México 2005: en resumen*. México: Disponible en http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/pdf/3_info_resumen.pdf. (Consultado el día 20 de enero de 2015)
- SEMARNAT, D. d. g. (2004). Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/geo/degra250kgw.zip> (Consultado el día 30 de octubre de 2013)
- SEMARNAT, S. d. M. A. y. R. N. (2010). Estudio para la Caracterización y Diagnóstico del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de la Cuenca de México En http://web2.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/bitacora_cuenca_valle_mexico/zip/diagnostico_cuemex.pdf (Consultado el día 08 de diciembre de 2013),
- SIAP, S. d. I. A. y. P. (2011). Cierre de la producción agrícola por estado. *Producción agrícola, Ciclo: Ciclicos y Perennes 2011, Modalidad: Riego y temporal*. En <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>, (Consultado el día 17 de marzo de 2014)
- SIAP, S. d. I. A. y. P. (2014). Cierre de la producción agrícola por estado. *Producción agrícola, Ciclo: Ciclicos y Perennes 2011, Modalidad: Riego y temporal*. En

- <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>, (Consultado el día 17 de marzo de 2014)
- SMN, S. M. N. (2013). Sequía. En http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=236&Itemid=74, (Consultado el día 08 de abril de 2013)
- SOOKHTANLO, M., GHOLAMI, H., y REZA S. (2013). Drought Risk Vulnerability Parameters among Wheat Farmers in Mashhad County, Iran. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, Vol 3 (No. 4), 219-225.
- STOPPER, R., IOSIFESCU ENESCU, I., WIESMANN, S., y SCHNABEL, O. (2012). Open Geospatial Consortium (OGC) and Web Services (WMS, WFS). *Cartography for Swiss Higher Education (CartouCHE)*. En http://www.e-cartouche.ch/content_reg/cartouche/webservice/en/text/webservice.pdf (Consultado el día 17 de abril de 2013),
- TAM, J., VERA, G., y OLIVEROS, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación. *Pensamiento y acción*, Vol 5, 145-154.
- TORRES, P., CRUZ, J., y ACOSTA, R. (2011). Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climáticos. Agendas de adaptación y sistemas institucionales. *Política y cultura*, Vol Otoño 2011 (No. 36), 205-232.
- WILCHES-CHAUX, G. (1993). La vulnerabilidad global. In A. Maskey (Ed.), *Los desastres no son naturales* (pp. 9-50): la Red.
- WILHELMI, O., y WILHITE, D. (2002). Assessing Vulnerability to Agricultural Drought: A Nebraska Case Study. *Drought Mitigation Center Faculty Publications, Paper 9*. En http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/9/?utm_source=digitalcommons.unl.edu%2Fdroughtfacpub%2F9&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages (Consultado el día 17 de marzo de 2013),
- WLODARZ, M. (2012). *Sustainable adaptation to drought in agriculture – a literature review, Annual World Symposium*. Documento presentado en la The Road to 2050: "The China Factor", Shanghai, China (Consultado el día
- WRB, I. W. g. (20014). International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps *World soil resources reports no. 106*: FAO, Rome.
- WU, J., He, B., LU, A., ZHOU, L., LIU, M., y ZHAO, L. (2011). Quantitative assessment and spatial characteristics analysis of agricultural drought vulnerability in China. *Natural Hazards* (No. 56), 785-801.
- YEVJEVICH, V. (1967). An objective approach to definition and investigations of continental hydrologic droughts. *Hidrology papers* (No. 23).
- WILHITE, D. A. and M. H. GLANTZ. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*.