

Relación del Índice ENOS (EL NIÑO-Oscilación del Sur) en cultivos de Tlaxcala, México: 1980-2016

Relationship of the ENSO index (EL NIÑO-Southern Oscillation) in crops from Tlaxcala, Mexico: 1980-2016

María de los Ángeles Velasco-Hernández

Tomás Morales-Acoltzi

Rogelio Bernal-Morales

Joaquín Zagoya-Martínez

Correspondencia: ambientalbuap@yahoo.com.mx
Profesora-Investigadora.
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Correspondencia: acoltzi@atmosfera.unam.mx
Investigador. Universidad Nacional Autónoma de México

Correspondencia: rbernal07@hotmail.com
Profesor-Investigador. Universidad Autónoma de Tlaxcala

Correspondencia: joaquin.zagoya@correo.buap.mx
Profesor-Investigador en estancia posdoctoral. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Fecha de recepción:
03-marzo-2020

Fecha de aceptación:
28-agosto-2020

Resumen

El clima y su variabilidad han sido imprescindibles en el sector agrícola. Cuando se presentan procesos océano-atmosféricos, relacionados con la variabilidad natural, con amplitudes extraordinarias, registradas en el índice EL NIÑO-Oscilación del Sur (ENOS), sobre todo en la época de temporal, resultan impactos negativos en los ciclos agrícolas, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. En este artículo se propone analizar la información de ciclos agrícolas y del índice ENOS, e identificar los principales cultivos que podrían ser vulnerables. Además, relacionar los rendimientos y siniestros con las fases del índice ENOS para el estado de Tlaxcala. Se utilizó información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 1980-2016 y de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), clasificando las bases de datos cada diez años. Los resultados muestran que los ciclos agrícolas que destacan son primavera-verano y perennes. Entre los principales cultivos que fueron identificados como vulnerables se encuentran: maíz grano, frijol, cebada grano, trigo grano, centeno grano, pera, perón, aguacate, tejacote, alfalfa verde, avena, entre otros. En el análisis por décadas de 1980-2016 con los mejores rendimientos corresponde a primavera-verano durante 2000-2016. Los años que destacaron con bajos rendimientos fueron: 1981 en fase NEUTRO, 1998 en fase NIÑO-NIÑA, 2009 en fase NIÑA-NEUTRO-NIÑO; y 2011 en fase NIÑA, presentándose las primeras heladas el 7 y 8 de septiembre, afectando a la cosecha de maíz, por presentarse el siniestro en una etapa de maduración del grano. Los siniestros analizados con mayores afectaciones corresponden a la fase NIÑO en la década de 1980-1989, de 1990-1999 a la fase NIÑO y de 2000-2009, en fase NEUTRO-NIÑA y de 2010-2016 en fase NIÑA.

Palabras clave: siniestros, rendimientos, ENOS, vulnerabilidad.

Abstract

The climate and its variability have been essential in the agricultural sector. When ocean-atmospheric processes occur, related to natural variability, with extraordinary amplitudes, recorded in the EL NIÑO-Southern Oscillation (ENSO) index, especially in the rainy season, they result in negative impacts on agricultural cycles, putting in risk food safety. This article aims to analyze the information on agricultural cycles and the ENSO index, and identify the main crops that could be vulnerable. In addition, relate the returns and claims with the phases of the ENSO index for the state of Tlaxcala. Information from the Agrifood and Fisheries Information Service (SIAP) 1980-2016 and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) was used, classifying the databases every ten years. The results show that the agricultural cycles that stand out are spring-summer and perennial. Among the main crops that were identified as vulnerable are: grain corn, beans, grain barley, grain wheat, grain rye, pear, perón, avocado, tejacote, green alfalfa, oats, among others. In the analysis for decades from 1980-2016 with the best yields corresponds to spring-summer during 2000-2016. The years that stood out with low performance were: 1981 in the NEUTRAL phase, 1998 in the EL NIÑO-LA NIÑA phase, 2009 in LA NIÑA-NEUTRAL-EL NIÑO phase; and 2011 in EL NIÑO phase, with the first frosts appearing on September 7 and 8, affecting the corn harvest, as the incident occurred in a stage of grain maturation. The claims analyzed with the greatest damage correspond to EL NIÑO phase in the 1980-1989 decade, from 1990-1999 to EL NIÑO phase and 2000-2009, in the NEUTRAL-LA NIÑA phase and from 2010-2016 in LA NIÑA phase.

Key words: claims, yields, ENSO, vulnerability.

Introducción

Los episodios cálidos (EL NIÑO) y frío (LA NIÑA) forman parte de un ciclo conocido como EL NIÑO-Oscilación del Sur (ENOS). EL NIÑO y LA NIÑA son los ejemplos más evidentes de la variabilidad climática global, siendo parte fundamental de un vasto y complejo sistema de fluctuaciones climáticas, con un intervalo medio de duración de cuatro años y un rango de 2 a 7 años (Trenberth, 1997). Con respecto a los efectos, la caña de azúcar es uno de los cultivos más afectados por el evento ENOS, en donde el rendimiento agrícola de la caña de azúcar provoca alteraciones en las decisiones de siembra, uso de insumos y factores productivos, los cuales afectan las ganancias y finalmente el bienestar de productores y consumidores (Bonilla, Rosales y Maldonado, 2003).

Por otra parte, en la región sur del Pacífico colombiano el cultivo de palma de aceite es uno de los principales sectores de la economía en condiciones de EL NIÑO, en donde se produce un incremento en las horas de brillo solar, los volúmenes mensuales de precipitación y de la temperatura media mensual del aire. En las condiciones de LA NIÑA ocurre lo contrario, dichas variaciones tienen un efecto importante en las diferentes fases de desarrollo del fruto de palma de aceite, afectando así la producción de la palma, en especial durante la fase fría (LA NIÑA). Otra variación se presenta en el occidente de Cuba, en el cual las precipitaciones y las temperaturas mínimas medias constituyen índices agrometeorológicos que influyen sobre la productividad del cultivo del tabaco negro; los resultados confirman la influencia adversa que este evento climático ejerce (Hoyos, Gutiérrez y González, 2004).

Un pronóstico avanzado y preciso de los eventos de EL NIÑO podría mitigar los efectos de los patrones climáticos variables (Falcon *et al.*, 2004). Los análisis realizados permiten visualizar que existe una asociación importante entre las fases del ENOS y los niveles de producción arroceras, en donde se concluye que el arroz en Uruguay, a pesar de ser un cultivo de bajo riego, es afectado por las fases del ENOS (Roel y Baethgen, 2005). En lo que respecta a los rendimientos, en la mayor parte de la región pampeana Argentina los desvíos de los rendimientos son positivos durante eventos de EL NIÑO y negativos durante LA NIÑA. Sin embargo, el impacto es muy fuerte al norte y centro de dicha región y se debilita hacia el sur. Asimismo, en Colombia, bajo condiciones de EL NIÑO, se registran volúmenes de precipitación (VP) subnormales; y con LA NIÑA hay lluvias superiores a lo normal, aumentando los rendimientos del ajonjolí, el plátano y el maíz; de este último cultivo siempre

y cuando en verano se registren VP por encima de lo normal, y se reducen si se registran en la segunda temporada lluviosa (Cabarcas y Caicedo, 2013).

En Argentina existe un aumento de las precipitaciones durante las fases del ENOS. La fase de LA NIÑA, durante el semestre cálido, condiciona los rendimientos de sorgo de los cultivos de verano (Sola y Coronel, 2016). Por consiguiente, el sector agropecuario es más afectado durante episodios de EL NIÑO en la Región Andina. Los cultivos con más afectación son: la cebada, la papa, la quinua, el maíz, la arveja y las habas, además del banano, arroz, caña de azúcar, y los cultivos de café y cacao, que constituyen la base de productos agrícolas de exportación (Martín, 2016). La influencia del evento ENOS en la producción de banano se evidencia por la disminución de la producción durante la presencia del evento EL NIÑO (Verzosa *et al.*, 2017). Una de las estrategias exitosas son los sistemas de alerta temprana, que permiten prontas acciones y planificación ante contingencias, pues se conocen bien las condiciones asociadas a EL NIÑO. Dicho evento limita las labores en el campo y compromete la seguridad alimentaria (Magadzire, Galu y Verdin, 2017). En 2017 se produjo otro evento de EL NIÑO, el cual produjo otro impacto agro socioeconómico para los pobladores de Perú, aumentando la producción de cultivos como el maíz, frijol y arroz; además, ocasionó un gran impacto a la población tanto en el aspecto económico y social, como agrícola (Urrego, Del Rosario y Quiroz, 2019). Los acontecimientos históricos han demostrado.

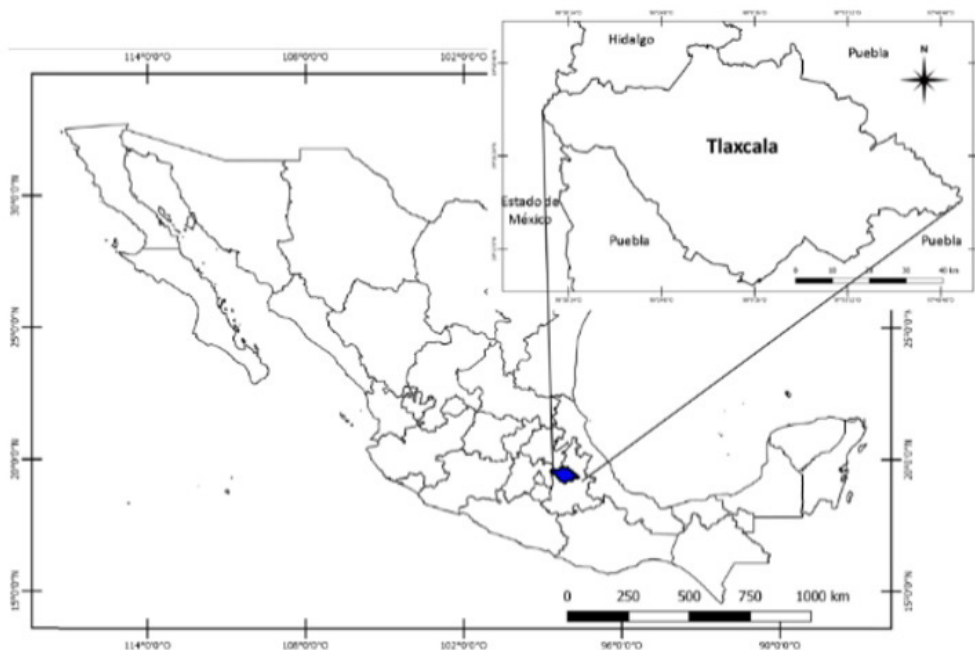
EL NIÑO genera un impacto adverso y masivo en la seguridad alimentaria, ejemplo de ello es el continente asiático, donde afectó severamente la disponibilidad de agua y, por ende, la producción agrícola (Schneider y Asch, 2020). La evaluación de las variaciones de la producción de cultivos es de gran importancia para la seguridad alimentaria mundial, por lo que eventos como EL NIÑO y LA NIÑA son particularmente críticos (Li, Strapasson y Rojas, 2020). Además, los países o regiones que producen elevadas cantidades de productos agrícolas pueden ser susceptibles a la pérdida de cosechas, lo que genera preocupación por la seguridad alimentaria mundial. En estos, las oscilaciones climáticas a gran escala como el Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO), North Atlantic Oscillation (NAO), EL NIÑO-Southern Oscillation (ENSO), Pacific Decadal Oscillation (PDO) y Pacific-North American (PNA), pueden incrementar los riesgos de pérdida de cultivos (Schillerberg y Tian, 2020). Así, el presente artículo tiene como objetivo analizar la información con respecto a los principales cultivos e identificar la relación de los rendimientos y los cultivos siniestrados con el índice ENOS de 1980-2016 en el estado de Tlaxcala.

1. Materiales y métodos

Gracias a información del SIAP, se identificaron los ciclos agrícolas en la modalidad de temporal, así como rendimientos, cultivos principales y la cantidad de hectáreas siniestradas. Cabe mencionar que, de acuerdo a los datos del SIAP, el estado de Tlaxcala mantiene pasivo el ciclo agrícola de otoño-invierno (OI), por lo que no se tomó en cuenta. Es preciso señalar que los rendimientos y siniestros se relacionaron con el índice ENOS en sus fases NIÑO, NIÑA y NEUTRO, las cuales se obtuvieron de la base de datos de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2018). De acuerdo con cifras del INEGI (2017), Tlaxcala aporta 0.8% a la producción nacional agrícola, ocupando el 25° lugar a nivel nacional. Aproximadamente 205 mil hectáreas, equivalentes al 77% del total de tierras de labor; 57 mil hectáreas, que corresponden al 21%, son áreas con pastos no cultivados; y 2 mil hectáreas (el 0.8%) son bosques (Fundación Produce, A. C., 2017). La participación del área agrícola en la superficie total de las unidades de producción es de 77%, frente a 27% nacional. El ejido es la principal forma de tenencia de la tierra. Los principales productos agrícolas generados en la entidad son: maíz forrajero y grano, alfalfa verde, trigo grano, cebada grano y avena forrajera.

En cuanto a los cultivos perennes destaca la producción de hortalizas y frutales, como alfalfa verde, nopal, manzana y durazno, que son los de mayor rentabilidad. Entre los productos con mayor valor en la entidad se encuentran: el maíz, la cebada, la leche de bovino, la carne de bovino y el trigo (Gobierno del Estado 2017-2021, s.a). En relación al clima, es importante mencionar los promedios: el 99.2% del territorio del estado tiene un clima templado subhúmedo; 0.6% un clima seco y semiseco localizado hacia la región este; y el resto del territorio presenta clima frío localizado en la cumbre de La Malinche. La temperatura media anual es de 14°C; la temperatura máxima promedio es alrededor de 25°C y se presenta en los meses de abril y mayo; la temperatura mínima promedio es de 1.5°C en el mes de enero. La precipitación media estatal es de 720 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a septiembre. Tlaxcala cuenta con 4,016 km² ubicándose en la posición 31 de 32 por superficie entre las entidades federativas que conforman México (INEGI, 2015) (ver Figura 1).

Figura 1. Estado de Tlaxcala, México



Fuente: elaboración propia, a partir del INEGI (2017).

2. Resultados

2.1 Rendimientos

En lo que respecta a los rendimientos, se analizó el comportamiento de los datos por cada diez años de 1980 a 2016. En la tabla 1 se muestran los rendimientos de cultivos perennes y primavera-verano. El rendimiento en el ciclo agrícola perennes de 1980-1989, tuvo una tendencia a mejorar con un mínimo de 4.6 t/ha y un máximo de 44.32 t/ha, en primavera-verano, en general; se mantuvieron los rendimientos con excepción de 1983 de 5.48 t/ha. En relación con el índice ENOS, los mejores rendimientos se identificaron en el ciclo agrícola perennes en 1986 en la fase de NEUTRO-EL NIÑO y en 1987 en fase de EL NIÑO-LA NIÑA; en primavera-verano el máximo valor en los rendimientos se dio en 1987 con 11.27 t/ha. Los rendimientos de 1990-1999 corresponden al ciclo agrícola perennes, en donde se muestra una mejora en los rendimientos, excepto 1992 y 1999, aunque no se alcanzan rendimientos como en la década 1980-1989. En el ciclo primavera-verano, hay un incremento

mínimo en los rendimientos en relación con la década anterior, con excepción del año 1996, mostrando un incremento de 62.94 t/ha.

En relación con el índice ENOS, el mayor rendimiento fue en 1996, en el ciclo primavera-verano en fase de LA NIÑA-NEUTRO. En el caso del periodo 2000-2009, los rendimientos en el ciclo de perennes tuvo una disminución, comparados con los de la década de 1990-1999 y una mejora en relación con la década de 1980-1989, con excepción de 1986 y 1987; en 2006 hubo intervalos de fase de LA NIÑA-NEUTRO-EL NIÑO, en el ciclo primavera-verano; el mayor rendimiento fue en 2004 en fase de NEUTRO-EL NIÑO. Finalmente, se muestran los rendimientos de 2010-2016 en el ciclo de perennes, se observan valores que varían de 12.9 a 21.8 t/ha, en primavera-verano, donde destacaron los años 2013, 2014 y 2015. En relación con el índice ENOS, los rendimientos más altos corresponden a 2013 y 2014 en fase NEUTRO y 2015 en fase de EL NIÑO.

Tabla 1. Rendimientos identificados de 1980-2016 en t/ha

Año	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Perennes	4.6	5.81	12.4	4.24	6.29	9.55	44.3	41.7	22	30.8
Primavera-verano	9.42	7.79	7.88	5.48	9.55	7.95	7.88	11.3	6.85	9.57
Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Perennes	25.6	30.4	12.6	25.7	23	20	25.8	20.7	25	15.2
Primavera-verano	9.05	9.34	10.2	11.7	11.8	11.4	62.9	10.3	7.67	8.91
Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Perennes	23	12.8	22.8	7.89	17.4	14.7	25.8	9.73	16.8	11
Primavera-verano	8.6	10	8.1	9.9	12.5	8.6	9.2	11.8	9.47	7.65
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Perennes	15.1	12.9	19.7	19.3	21.8	16.7	17.4			
Primavera-verano	10.9	3.17	12.2	511	472	612	9.98			

Fuente: Elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018).

2.2 Identificación de cultivos

A continuación, se muestran los principales cultivos durante los años 1980-2016, con respecto a los ciclos agrícolas perennes y primavera-verano. De acuerdo con los datos del

SIAP, se seleccionó el cultivo de mayor producción y se describe información relevante sobre el análisis de la información de otros cultivos que son relevantes. Se consideraron vulnerables los cultivos que en cada década no fueron sembrados, o bien, corresponden a bajos rendimientos. En la tabla 2 se muestran los cultivos perennes, en donde se observa que el perón y la alfalfa verde destacaron.

Tabla 2. Principal cultivo del ciclo agrícola perennes, 1980-1989

Perennes									
1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Perón	Perón	Alfalfa verde	Perón	Manzana	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018).

En la tabla 3 se muestran los cultivos del ciclo agrícola primavera-verano: el maíz forrajero es el principal cultivo. En el análisis de la información también destacan otros cultivos que permiten la comercialización de materias primas de calidad, para la elaboración de otros productos alimenticios como el trigo grano y la cebada grano. En 1986 y 1987, las hortalizas junto con la flor de Zempoalxochitl fueron notables.

Tabla 3. Principal cultivo del ciclo agrícola primavera-verano, 1980-1989

Primavera-verano									
1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Girasol forrajero en verde	Arvejón	Maíz forrajero en verde	Girasol forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018).

A continuación se muestran los principales cultivos de la década 1990-1999. En la tabla 4 se observan los cultivos perennes, en donde la alfalfa, junto con los frutos manzana y durazno son los que destacaron en dicha década. En comparación con la década 1980-1989, el perón, el aguacate y el tejocote son cultivos que destacaron y que no están presentes en la década 1990-1999.

Tabla 4. Principal cultivo del ciclo agrícola perennes, 1990-1999

Perennes									
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018).

En la tabla 5 se muestran los cultivos primavera-verano, en donde destacan los forrajes de maíz y avena. Además, los cultivos de cilantro, espinaca y papa también fueron importantes. La cebada forrajera verde destacó en 1994. En comparación con la década 1980-1989, los granos de maíz, trigo y avena fueron considerados cultivos principales, y en esta década no fueron los que destacaron.

Tabla 5. Principal cultivo del ciclo agrícola primavera-verano, 1990-1999

Primavera-verano									
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Maíz forrajero en verde	Cilantro	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Calabaza	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018).

A continuación se muestran los cultivos de la década 2000-2009 de los ciclos agrícolas perennes y primavera-verano en la tabla 6. Con respecto a los cultivos perennes destaca la alfalfa verde, maguey pulquero, nopalitos, pastos y praderas. Con respecto a los frutos, el durazno, la manzana y la pera fueron relevantes. En comparación con la década 1980-1989, el perón, la alfalfa verde, manzana, aguacate y tejocote fueron los que destacaron; y de 1990-1999 fueron la alfalfa verde, durazno, manzana, nopalitos y tuna. En esta década destaca el maguey pulquero, pastos y praderas. Los cultivos que dejaron de ser prioritarios fueron: tejocote, aguacate y perón.

Tabla 6. Principal cultivo del ciclo agrícola perennes, 2000-2009

Perennes									
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Alfalfa verde	Durazno	Alfalfa verde	Durazno	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Alfalfa verde	Maguey pulquero	Maguey pulquero	Maguey pulquero

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018).

En la tabla 7 se muestra el ciclo agrícola primavera-verano, en donde el maíz forrajero, la avena forrajera en verde y la papa fueron de importancia en el estado, también destaca el haba verde, el maíz grano y centeno grano, entre otros. En comparación con la década 1980-1989, los cultivos que destacaron en la década 2000-2009 fueron: girasol forrajero verde, alverjón, trigo grano, cebada grano y frijol; en la década 1990-1999 fueron: calabaza, cilantro, ebo y cebada forrajera, calabacita.

Tabla 7. Principal cultivo del ciclo agrícola primavera-verano, 2000-2009

Primavera-verano									
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde	Maíz forrajero en verde

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018).

A continuación se muestran los principales cultivos de 2010-2016 de los ciclos agrícolas perennes y primavera-verano. En la tabla 8 se muestran los cultivos perennes, en donde el maguey pulquero y el durazno fueron los que destacaron, así como los pastos, praderas, los nopalitos y la pera. Por otra parte, en el 2010, el maguey pulquero la manzana golden fueron de los cultivos principales. En comparación con la década 1980-1989, los cultivos no primordiales fueron: perón, alfalfa verde y tejocote; en la década 1990-1999 fueron: alfalfa verde y tuna; en la década 2000-2009 fue la pera.

Tabla 8. Principal cultivo del ciclo agrícola perennes, 2010-2016

Perennes						
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Maguey pulquero	Maguey pulquero	Maguey pulquero	Durazno	Maguey pulquero	Maguey pulquero	Maguey pulquero

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018).

En la tabla 9 se muestran los principales cultivos del ciclo agrícola primavera-verano de 2010-2016, en el cual el maíz forrajero, el amaranto y la planta de zempoalxochitl fueron los que destacaron, además del arverjón, la avena forrajera en verde, el triticale forrajero en verde, la semilla de calabaza y el haba, entre otros. En comparación con la década 1980-1989, los cultivos que no destacaron fueron: girasol forrajero verde, trigo grano, cebada grano, maíz grano y frijol; en la década 1990-1999 fueron: calabaza, cilantro, ebo y cebada forrajera; en la década 2000-2009 fueron: tomate, calabacita, maíz grano, lechuga y centeno grano. Por otra parte, en el 2013, SAGARPA informó que Tlaxcala genera alrededor de 73 bienes agroalimentarios (SAGARPA, 2013), lo cual representa una gran variedad de productos.

Tabla 9. Principal cultivo del ciclo agrícola primavera-verano, 2010-2016

Primavera-verano						
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Maíz forrajero en verde	Amaranto	Maíz forrajero en verde	Zempoalxochitl (planta)	Zempoalxochitl (planta)	Zempoalxochitl (planta)	Maíz forrajero en verde

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018).

3. Siniestros

A partir del análisis del estudio de la interacción océano-atmósfera, se sabe que ENOS está relacionado con eventos cálidos/fríos y que están asociados con anomalías climáticas alrededor del planeta (Enfield y Cid-Serrano, 2010), esto permite la posibilidad de relacionar los siniestros que ocurrieron durante la presente investigación con dicho índice. En la tabla 10 se muestra que en la fase de EL NIÑO ocurren los siniestros con mayor cantidad en hectáreas; en esta década, además, los años NEUTRO predominaron en comparación con los años de LA

NIÑA. También se observa que los cereales son los cultivos más vulnerables, como el maíz grano y trigo grano, además de leguminosas como el frijol y el haba.

En relación con las fases de EL NIÑO, los tipos de impacto son variados; sin embargo, uno de los sectores más afectados es la agricultura con la pérdida de cosechas principalmente en granos básicos (arroz, frijoles y maíz). Contrario a lo anterior, existen años en los que no se detectan impactos por sequías, esto se debe a periodos con condiciones neutras, más húmedas de lo normal o bajo el efecto de LA NIÑA, por lo que es importante la aplicación de índices de sequía para precisar la probabilidad de impactos desde una perspectiva socio-productiva (Quesada, Hidalgo y Alfaro, 2020).

Tabla 10. Cultivos siniestrados de temporal en relación con las fases ENOS, 1980-1989

Año	Cultivos	Siniestros (ha)	Índice ENOS (EL NIÑO, LA NIÑA, NEUTRO)
1980	Maíz grano	5,347	NEUTRO
1981	Maíz grano	3,732	NEUTRO
1982	Maíz grano	25,000	EL NIÑO
1983	Maíz grano	21,285	EL NIÑO
1984	Maíz grano	2,636	NEUTRO
1985	Cebada grano	982	LA NIÑA
1986	Cebada grano	631	NEUTRO
1987	Maíz grano	1,373	EL NIÑO
1988	Maíz grano	63,655	EL NIÑO hasta marzo y de abril a diciembre LA NIÑA
1989	Maíz grano	1,696	LA NIÑA-NEUTRO

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018) y NOAA (2018).

En la tabla 11 se muestra la década 1990-1999, en donde en 1997, en fase de EL NIÑO, predominó la mayor cantidad siniestrada; en 1990 y 1993 en la fase de NEUTRO destacan los años en fase de EL NIÑO; sin embargo, no causaron impactos relevantes en comparación con la década 1980-1989. También los cereales son los cultivos más vulnerables, además de la papa, chícharo y haba verde. En esta década los forrajes de avena y maíz tuvieron afectaciones.

Tabla 11. Cultivos siniestrados de temporal en relación con las fases ENOS, 1990-1999

Año	Cultivos	Siniestros (ha)	Índice ENOS (NIÑO, NIÑA, NEUTRO)
1990	Maíz grano	4,169	NEUTRO
1991	Trigo grano	1,254	EL NIÑO
1992	Maíz grano	479	EL NIÑO-NEUTRO
1993	Cebada grano	7,130	NEUTRO
1995	Maíz grano	1,550	EL NIÑO-NEUTRO-LA NIÑA
1996	Maíz grano	1,297	LA NIÑA-NEUTRO
1997	Maíz grano	14,799	EL NIÑO
1998	Cebada grano	1,370	EL NIÑO-LA NIÑA

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018) y NOAA (2018).

La tabla 12 muestra las cifras durante la década 2000-2009, en la cual no hubo años en fase de EL NIÑO, la mayoría de los años fueron fase NEUTRO, con cantidades siniestradas poco significativas; sin embargo, en 2002 en fase de NEUTRO-EL NIÑO se identificó la mayor cantidad siniestrada, seguida de la fase LA NIÑA. Entre los cultivos más afectados fueron el maíz grano, cebada grano, maíz forrajero en verde. Se considera que esta década tuvo menos siniestros comparadas con la fase de EL NIÑO. Un estudio de caso en Brasil muestra que existen limitaciones de agua en la mitad del sur del estado para cultivos de primavera-verano sin riego y el manejo del calendario agrícola se ve afectado cuando se pronostica EL NIÑO o LA NIÑA (Cordeiro, Berlato y Alves, 2019).

Tabla 12. Cultivos siniestrados de temporal en relación con las fases ENOS, 2000-2009

Año	Cultivos	Siniestros (ha)	Índice ENOS (EL NIÑO, LA NIÑA, NEUTRO)
2000	Maíz grano	9,681	LA NIÑA
2001	Maíz grano	82	NEUTRO
2002	Maíz grano	27,063	NEUTRO-NIÑO
2003	Trigo grano	345.69	
2004	Avena forrajera en verde	8	
2005	Maíz grano	138.75	
2007	Cebada grano	164	NEUTRO-NIÑA
2009	Frijol	10	

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018) y NOAA (2018).

La tabla 13 muestra las cantidades siniestradas del 2010-2014, debido a que en 2015 y 2016 no se identificaron datos siniestrados. La fase en NEUTRO destacó con cantidades que no fueron significativas en comparación con las demás décadas que se analizaron. Cabe mencionar que las cantidades con altas cantidades siniestradas fueron en fase EL NIÑO, no obstante, cuando el año se combina con la fase NEUTRO-EL NIÑO, las condiciones cambian en la cantidad siniestrada, aumentando el número de hectáreas afectadas, como el caso de 2014, en donde el maíz grano blanco presentó los mayores daños.

Con respecto a la fase LA NIÑA se identificaron afectaciones con cantidades significativas, destacando en 2011; cabe mencionar que, de acuerdo a la CONAGUA (2011), ese año la temperatura mínima promedio a nivel nacional fue de 17.5°C, el ingreso de la masa de aire frío que acompañó al frente frío No. 1 ocasionó el máximo descenso en la temperatura mínima en el país de 2.5°C, del 7 al 9 de septiembre; sin embargo, el 8 de septiembre sucedió la fase que ocasionó los mayores impactos, en donde se registraron heladas en Chihuahua, Durango, México, Tlaxcala, Puebla y Veracruz, afectando aproximadamente 40 municipios del estado de Tlaxcala. Los cultivos que fueron afectados corresponden a: cebada grano, maíz grano blanco, trigo grano, entre otros; además, se adelantó una semana las heladas, es decir, el 7 y 8 de septiembre, cuando ciertos cultivos están en etapas críticas de la fenología.

Tabla 13. Cultivos siniestrados de temporal en relación con las fases ENOS, 2010-2014

Año	Cultivos	Tipo / Variedad	Siniestros (ha)	Índice ENOS (EL NIÑO, LA NIÑA, NEUTRO)
2010	Cebada grano	Cebada grano s/clasificar	649.5	EL NIÑO-NEUTRO-LA NIÑA
2011	Cebada grano	Cebada grano s/clasificar	22,629	LA NIÑA-NEUTRO-LA NIÑA
2013	Maíz grano	Maíz grano blanco	1,050	NEUTRO
2014	Maíz grano	Maíz grano blanco	1,050	NEUTRO-EL NIÑO

Fuente: elaboración propia, con base en los datos del SIAP (2018) y NOAA (2018).

Conclusiones

A pesar de que el estado de Tlaxcala es una región relativamente pequeña, debido a que en el país ocupa el 0.2% en superficie, logra contribuir al PIB estatal en el rubro alimentario, mostrando que puede ser un factor que se potencialice y se busque inclusive exportar, siempre y cuando se cumpla con la normatividad. Con respecto a los siniestros, los mayores impactos

fueron en la fase de EL NIÑO. en relación con los rendimientos se identificaron variaciones en las fases de ENOS, destacando LA NIÑA. Los principales cultivos que se identificaron no fueron los mismos en cada década, influyendo la intensidad diferente de las fases del ENOS y, más recientemente, se puede atribuir a los cambios extremos del clima, generando un impacto diferenciado. Por otra parte, se mostraron cultivos considerados vulnerables que ponen en riesgo la seguridad alimentaria.

Referencias

- Bonilla, A., Rosales, R. y Maldonado, J. (2003). El valor económico de la predicción del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en el sector azucarero colombiano. *Revista Desarrollo y sociedad*, (52), 1-38.
- Cabarcas, A. D. C. R. y Caicedo, J. D. P. (2013). Efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la precipitación y su impacto en la producción agrícola del departamento del Atlántico (Colombia). *Cuadernos de Geografía*, 22(2), 35-54.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2011). *Reporte del clima en México*. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/reporte-del-clima-en-mexico>
- Cordeiro, A. P. A., Berlatto, M. A. y Alves, R. D. C. M. (2019). Tendência do Índice Hídrico Sazonal do Rio Grande do Sul e Sua Relação com El Niño e La Niña. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41(3), 216-226.
- Enfield, D.B. y Cid-Serrano, L. (2010). Secular and multidecadal warmings in the North Atlantic and their relationships with major hurricane activity. *Intl. J. of Climatology*, 3(3), 174-184.
- Falcon, W. P., Naylor, R. L., Smith, W. L., Burke, M. B. y McCullough, E. B. (2004). Using climate models to improve Indonesian food security. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 40(3), 355-377.
- Fundación Produce, A. C. (2017). *Agenda de Innovación y Transferencia de Tecnología Agrícola para el Sector Agroalimentario del Estado de Tlaxcala*. Recuperado de: https://www.amexagro.mx/laravel/public/recursos/Biblioteca_Tecnologica/Agendas2017pdf/AG_Tlaxcala.pdf

- Gobierno del Estado 2017-2021 (s.a.). *Plan estatal de desarrollo 2017-2021*. Recuperado de: <https://prensa.tlaxcala.gob.mx/2017/Junio/PED%202017-2021/PED%2017%2021%20HD.pdf> [Consultado en enero 2020].
- Hoyos González, R. R., Gutiérrez Gárciga, T. y González Pérez, M. (2004). Efectos del Evento Enos en el cultivo de tabaco negro tapado de la zona de partido en el occidente de Cuba. Ponencia presentada durante las *XXVIII Jornadas Científicas de la AME y V Encuentro Hispano-Luso de Meteorología*. Evento celebrado en Badajoz, del 11 al 13 de febrero de 2004. España: Asociación Meteorológica Española.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta intercensal 2015*. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/> [Consultado el 17 de agosto 2017].
- _____. (2017). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/cngf/2017/> [Consultado el 15 de agosto 2017].
- Li, Y., Strapasson, A. y Rojas, O. (2020). Assessment of El Niño and La Niña impacts on China: Enhancing the Early Warning System on Food and Agriculture. *Weather and Climate Extremes*, 27, 100,208.
- Magadzire, T., Galu, G. y Verdin, J. P. (2017). Cómo los pronósticos climáticos fortalecen la seguridad alimentaria. *Boletín-Organización Meteorológica Mundial*, 66(2), 10-15.
- Martín, L. (2016). “¡Es Niño! Impacto económico en la Región Andina”. Nota Técnica, N° IDB-TN-951. Estados Unidos de América: Banco Interamericano de Desarrollo (IDB).
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2018). *Cold & Warm Episodes by Season*. Recuperado de: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php [Consultado en abril 2019].
- Quesada-Hernández, L. E., Hidalgo, H. G. y Alfaro, E. J. (2020). Asociación entre algunos índices de sequía e impactos socio-productivos en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 16-32.
- Roel, A. y Baethgen, W. (2005). *Asociación entre las fases de El Niño y la producción arroceras del Uruguay*. Uruguay: INIA-Serie Técnica.
- Schillerberg, T. A. y Tian, D. (2020). Changes of crop failure risks in the United States associated with large-scale climate oscillations in the Atlantic and Pacific Oceans. *Environmental Research Letters*, 15(6), 064,035.

- Schneider, P. y Asch, F. (2020). Rice production and food security in Asian Mega deltas. A review on characteristics, vulnerabilities, and agricultural adaptation options to cope with climate change. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206(4), 491-503.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) (2013). *Infografía agroalimentaria de Tlaxcala 2013*. México. Recuperado de: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2013/Infografia-agroalimentaria-de-Tlaxcala-2013
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2018). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap>
- Sola, F., Jozami, E. y Coronel, A. (2016). Producción de sorgo en el departamento Rosario y efecto del fenómeno ENOS sobre su rendimiento. *Agromensajes*, 46, 8-13.
- Trenberth, K. E. (1997). The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 2,771-2,777.
- Urrego, R., Del Rosario, G. y Quiroz Frías, D. Y. (2019). “Impacto agrosocioeconómico ocasionado por el fenómeno de “el niño del 2017”, en el distrito de Jayanca provincia y región de Lambayeque”. (Tesis para obtener el grado en la Licenciatura en Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Verzosa, K. C., Gallegos, J. A., Jaramillo, Y. V. y Romero, E. L. (2017). Influencia de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en la producción de banano: provincia de El Oro (2001-2014). Ponencia presentada durante el *II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología*. Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Recuperado de: <http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach>