

EL IMPACTO DE LA CANÍCULA EN POBLACIONES AGRÍCOLAS DE TEPEACA, SIGLO XVI

Resumen: La canícula es un fenómeno climático que afecta a buena parte del altiplano mexicano, incluyendo la porción central del Estado de Puebla. Se caracteriza por un periodo de sequía estacional de intensidad variable que tiene lugar a mediados de la época de lluvias. Al igual que otros eventos meteorológicos negativos, la canícula afecta a la capacidad productiva de los sistemas agrícolas debido a un decremento en el suministro de agua a los cultivos. Eventos climáticos negativos de este tipo debieron ser trascendentales para la producción de alimentos en las antiguas poblaciones mesoamericanas. Este trabajo examina los efectos negativos de una canícula prolongada que afectó a la región de Tepeaca durante el 2009 y produjo una reducción en la producción de maíz a nivel regional. Al estudiar los efectos perjudiciales del clima sobre los cultivos de poblaciones modernas, podemos modelar analógicamente sus consecuencias en poblaciones pretéritas. Entender el impacto del clima sobre la productividad agrícola es crucial para reconstruir de mejor manera el desarrollo de los sistemas agrícolas y económicos indígenas del siglo XVI.

Palabras clave: Tepeaca, agricultura indígena, canícula, *teccalli*, *macehualli*

Title: The Impact of the *Canícula* within Agricultural Populations of XVI Century Tepeaca

Abstract: The *canícula* is a climatic phenomenon that affects a large area of the Mexican highlands, including the central portion of the State of Puebla. It is characterized by a period of seasonal drought of varying intensity that occurs during the middle of the rainy season. The *canícula*, as well as other unfavorable meteorological events, has a significant effect on the production capacity of agricultural systems, mainly due to the lack of water supply to crops. This type of negative climatic events had to be of great significance for food production among ancient Mesoamerican populations. This paper examines the negative effects of a prolonged *canícula* event that affected the Tepeaca region in 2009 and produced a regional decrease in maize yields. Studying the effects of modern climatic events on agricultural systems is useful for modeling its consequences among ancient populations. Understanding the impact of climate on agricultural productivity is crucial in order to reconstruct the development of sixteenth century indigenous agricultural and economic systems.

Key words: Tepeaca, indigenous agriculture, canícula, *teccalli*, *macehualli*

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es examinar el grado de afectación a nivel regional que una canícula prolongada pudo generar sobre las poblaciones agrícolas indígenas de la región de Tepeaca durante el siglo XVI¹. La canícula es un periodo de sequía estacional que afecta principalmente a los cultivos de temporal. El fenómeno ocurre entre julio y agosto y es generado por la formación de un sistema de alta presión sobre la meseta central de Puebla que afecta el flujo de vientos del este. Su duración varía entre una y cuatro semanas, aunque ocasionalmente puede extenderse por periodos mayores, lo que a la postre deriva en severas sequías regionales. Esta condición volátil se debe, en parte, a que fenómenos de mayor envergadura como la Oscilación Sur El Niño (ENSO) del Océano Pacífico (Adams *et al.* 2003), el Sistema de Monzón de Norte América (NAMS) (Douglas *et al.* 1993) y la Zona de Convergencia Intertropical del Océano Pacífico (ZCIT) (Magaña *et al.* 2004), modifican la duración e intensidad de la canícula (Appendini y Liverman 1994; Peralta *et al.* 2008). Por ende, cada año se genera gran expectación e incertidumbre entre los agricultores ya que, aparentemente, no existe un patrón definido en cuanto a la ocurrencia del estiaje estacional ni su grado de afectación temporal y espacial.

Desafortunadamente, es difícil estudiar los efectos de la canícula y otros fenómenos climáticos sobre la producción agrícola exclusivamente a partir de datos arqueológicos y fuentes históricas. El trabajo arqueológico se ha centrado en la reconstrucción de los antiguos regímenes climáticos y sus cambios a largo plazo, usualmente en términos de siglos o milenios empleando datos extraídos de ambiente lacustres o en depósitos aluviales profundos (p. ej. Borejsza *et al.* 2008; Lauer 1979; Ohngemach y Straka 1978; Rivera Uria *et al.* 2007; Xelhuantzi-López 1994). Otro ejemplo es el análisis de los anillos de crecimiento de los árboles, los cuales son altamente susceptibles a los cambios anuales de precipitación y temperatura, que también sirven para detectar periodos de sequía que probablemente derivaron en desastres agrícolas (p. ej. Anderson *et al.* 1995; Burns 1983; Cleveland *et al.* 2003; Stahle y Cleveland 1994; Stahle *et al.* 2011; Therrell 2005; Therrell *et al.* 2006). El uso de anillos en Mesoamérica, sin embargo, aún está limitado por la falta de una larga secuencia de datos y la pobre preservación de las muestras de madera en el registro arqueológico. A su vez, los textos históricos indígenas del centro de México no registran con detalle la variación anual en la producción agrícola producida por fluctuaciones climáticas de menor escala; por el contrario, generalmente hablan de catástrofes agrícolas de gran envergadura derivadas de eventos como granizadas, sequías o inundaciones (García Acosta *et al.* 2003).

Una manera de reconstruir los efectos negativos del clima sobre la antigua producción agrícola es examinando los efectos de la variabilidad climática moderna. Resulta útil entender los efectos dañinos del clima sobre los cultivos de secano y las circunstancias

¹ Aquí incluyo la parte final del Posclásico Tardío hasta 1520, cuando Tepeaca es conquistado por el ejército de Hernán Cortés, y el primer siglo del periodo Virreinal debido a que gran parte de la información histórica que utilizo concierne a este lapso de tiempo.

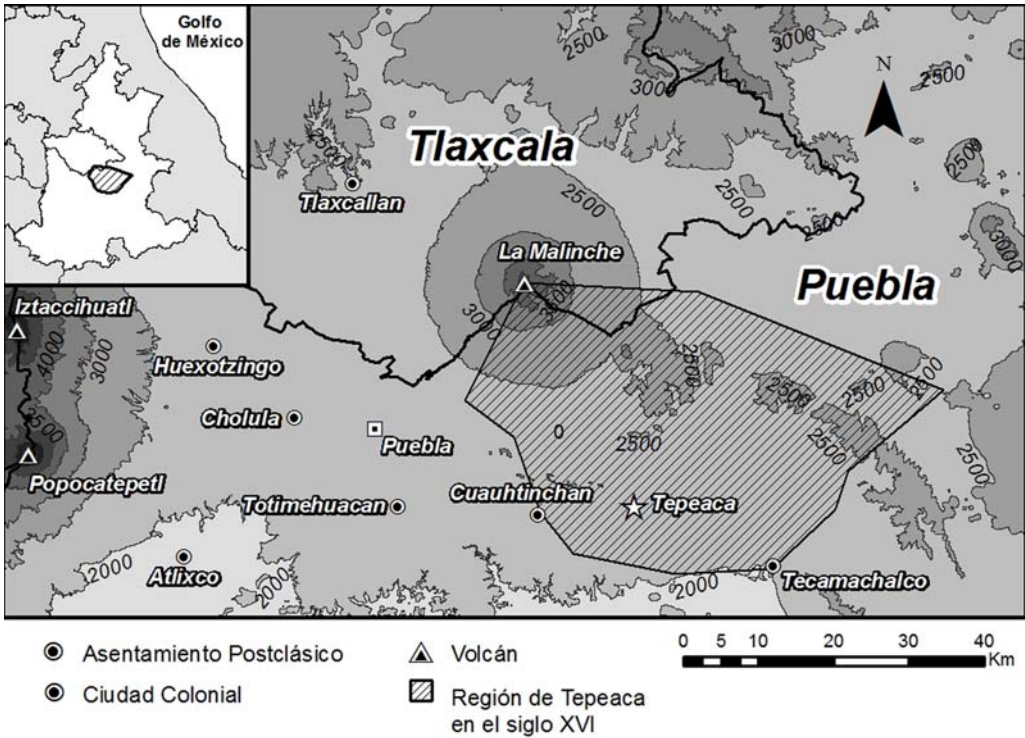
adversas a las que se enfrentan los agricultores modernos (Wilken 1987) pues nos ayuda a inferir posibles patrones de comportamiento de las poblaciones agrícolas indígenas del pasado. La lógica es que, aún cuando el clima ha fluctuado sustancialmente durante la ocupación humana en el altiplano central (p. ej. Lauer 1979; Niederberger 1987), la variabilidad climática interanual y estacional debió prevalecer en tiempos antiguos, como ocurre actualmente (Eakin 2000; Halstead y O'Shea 1989). Incluso, si los sistemas agrícolas locales hubiesen cambiado para mejores o peores condiciones durante un periodo determinado, la naturaleza impredecible del ambiente habría sido una importante restricción para la producción de alimentos, especialmente para aquellos sectores de la sociedad que practicaron la agricultura de temporal y emplearon una tecnología agrícola muy básica como la presente en el Postclásico Tardío y el primer siglo del Virreinato (Rojas 1984). Los fenómenos climáticos inesperados pueden tener importantes consecuencias económicas para las comunidades agrarias. Sabemos que, en la actualidad, alrededor del 90% de las afectaciones a la agricultura mexicana se derivan de sequías generadas por la variabilidad climática (Appendini y Liverman 1994: 156). Por ello, generalmente los agricultores no pueden determinar con exactitud cuándo y dónde ocurrirá un fenómeno climático negativo, ni su grado de intensidad. La misma incertidumbre, sin lugar a duda, debió predominar en las antiguas poblaciones indígenas del centro de México.

LA REGIÓN DE TEPEACA

La región de Tepeaca se ubica en las tierras altas de la porción central del Estado de Puebla, México (Mapa 1). Durante el Postclásico Tardío, Tepeaca fue un prominente *altepetl* o entidad política a nivel estado. Según la Historia Tolteca Chichimeca (Kirchhoff *et al.* 1976: 319, 320), el primer asentamiento fue fundado entre el 1178 y 1182 A.D. por los grupos migrantes chichimeca *colhuaque* y *tepeyacatlaca*, y estuvo bajo el poder político de Cuauhtinchan, la entidad que gobernó a la región durante gran parte del Postclásico Medio. Alrededor del 1457 A.D., Tepeaca logra cierta independencia gracias a su acelerado crecimiento político y militar, y a la desestabilización de Cuauhtinchan, producto de una serie de conflictos históricos entre los diversos grupos de poder regionales.

Durante el Postclásico, la región de Tepeaca fue una zona estratégica para el comercio, pues se ubicaba sobre una ruta que conectaba al altiplano con la Costa del Golfo y la región oaxaqueña. Por esta razón, en 1466 A.D. el Imperio Mexica de la Cuenca de México decidió conquistar los territorios de Tepeaca y regiones aledañas (Martínez 1994). Por extraño que pueda parecer, este acontecimiento resultó benéfico para los gobernantes de Tepeaca. Con ello lograron su total independencia política de Cuauhtinchan, obtuvieron su propio territorio, y pudieron establecerse como un prominente centro económico al tener un mercado local de gran importancia y fungir como un recolector regional de tributos para los Mexica (Durán 2006 II: 161-162).

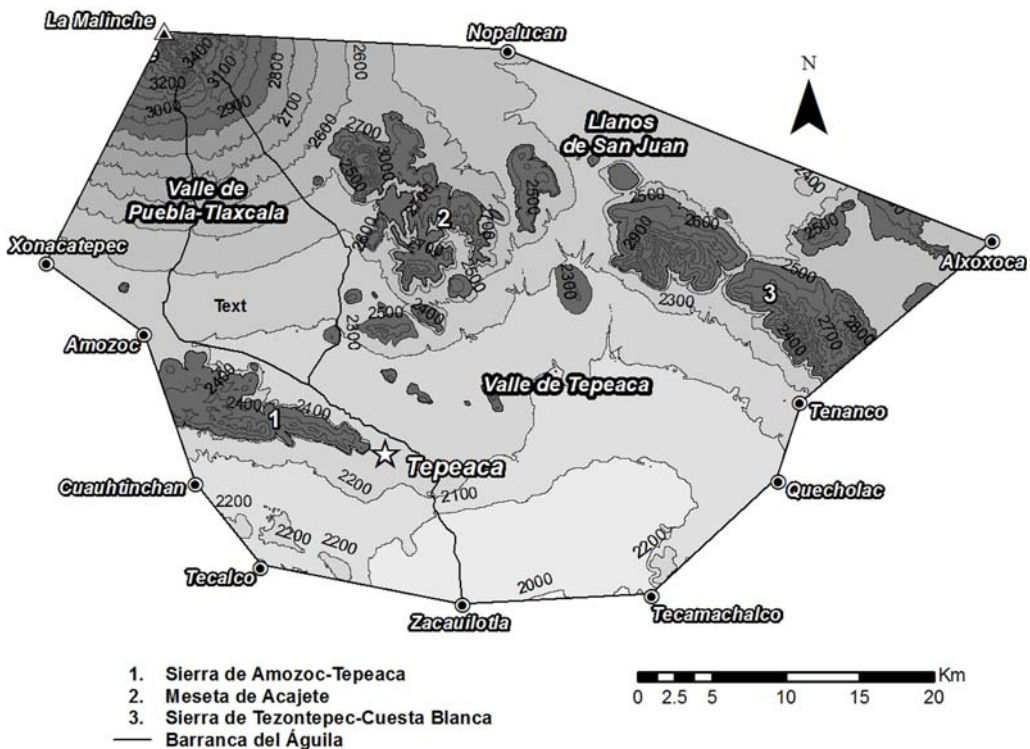
Desconocemos la extensión exacta de los territorios de Tepeaca durante la época prehispánica. Es probable que sus límites fuesen similares a los presentes durante la primera parte del siglo XVI (Martínez 1984; ver también el *Mapa de Cuauhtinchan No. 4*



Mapa 1

en: Yoneda 1994) (Mapa 2). El núcleo del territorio de Tepeaca debió cubrir alrededor de 1.300 kilómetros cuadrados y comprendió secciones de tres regiones ambientales: (1) el valle de Tepeaca, (2) la porción sur de los Llanos de San Juan, y (3) la porción este del valle de Puebla-Tlaxcala. De acuerdo con Hildeberto Martínez (1984: 54), el núcleo del *altepetl* abarcó desde el volcán Matlalcuéyetl (hoy La Malinche), hasta los asentamientos de Nopalucan al norte, Alxoxoca al noreste, Tenanco y Quecholac al este, Tecamachalco al sureste, Zacauilotla al sur, Cuauhtinchan y Tecalco (Tecali) al suroeste, y Amozoc y Xonacatepec al oeste. Dentro de este territorio se asentaron varias comunidades, generando una alta densidad poblacional que, de acuerdo con los documentos históricos, pudo alcanzar hasta 480 personas por kilómetro cuadrado (Cook 1996: 113). La reconstrucción de los patrones de asentamiento en Tepeaca, hecha a partir de los trabajos arqueológicos del Proyecto Acatzingo-Tepeaca de la Universidad Estatal de Pennsylvania (Anderson 2009; Sheehy *et al.* 1995; Sheehy *et al.* 1997), también muestra que durante el Postclásico Tardío la zona central de Puebla tuvo un importante número de asentamientos y una alta densidad poblacional.

En el siglo XVI, que incluye la parte final del Posclásico Tardío y el primer siglo del Virreinato, la agricultura de Tepeaca estuvo íntimamente ligada a las marcadas diferencias en cuanto al acceso a los medios de producción y la distribución de la tierra. El *teccalli* o “casa” noble, fue la institución medular de las poblaciones indígenas de la región de Puebla y Tlaxcala (Anguiano y Chapa 1976; Chance 2000; Olivera 1978; Perkins



Mapa 2

2007), y en Tepeaca se le conoció como *tlahtocayo* (Martínez 1984). Cada *teccalli* tenía un papel crucial en la economía, ya que poseía vastas tierras patrimoniales y controlaba un elevado número poblaciones tributarias comunales que le suministraban mano de obra, servicio y productos en especie. Para los nobles, esto representó la principal forma de acceso a bienes y recursos. En contraparte, la mayor parte de la población estaba conformada por grupos tributarios *macehualtin* (sing. *macehualli*) dedicados principalmente a la agricultura de subsistencia destinada a satisfacer sus necesidades de autoconsumo. Este sector fue el responsable de generar los recursos agrícolas necesarios para el mantenimiento de toda la comunidad. Los *macehualtin* fueron gente con y sin tierras patrimoniales, estos últimos conocidos como terrazgueros durante el primer siglo del Virreinato (Carrasco 1973: 32; Molina 1985: 242-243).

El *teccalli* promovió un arreglo socioeconómico altamente polarizado en el cual los nobles controlaron grandes territorios de tierras patrimoniales y un gran número de poblaciones tributarias asentadas en sus dominios. Al igual que Cuauhtinchan (Reyes 1988), Morelos (Smith 1993) y Otumba (Evans 2001), en Tepeaca la tierra agrícola estaba distribuida de manera desigual ya que prácticamente toda estaba bajo el control de las instituciones políticas locales (Martínez 1984). La mayoría de los grupos domésticos agricultores probablemente consistieron en familias nucleares que disponían de relativamente pocos recursos de mano de obra, trabajando pequeños terrenos que en conjunto no sobrepasaban las 600 brazas cuadradas (1.36 hectáreas) ubicadas en un radio máximo de cuatro

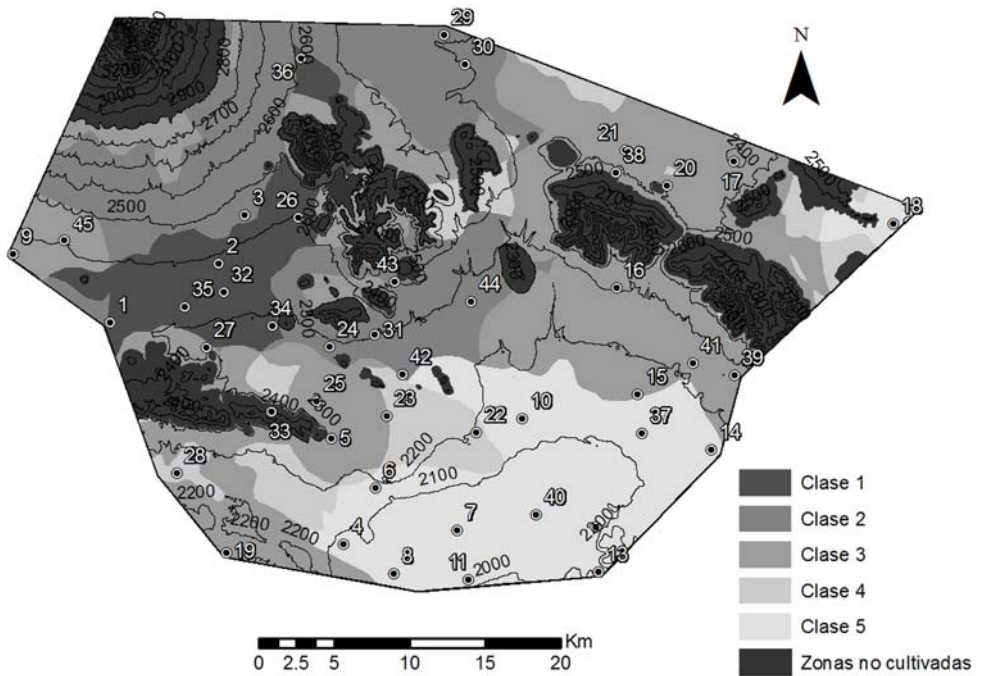
kilómetros del conjunto habitacional (López 2011: 175-176). Aunado a ello, debieron practicar una agricultura de temporal altamente susceptible a la variabilidad climática, pues, salvo en algunas zonas con manantiales y filtraciones (Calvo 1973; Garavaglia y Grosso 1990; Medina 2001; Yoneda 2005), la región de Tepeaca careció de sistemas de irrigación a gran escala. Por el contrario, el *teccalli* controló terrenos que rebasaban los cientos de hectáreas y estaban distribuidos en diferentes contextos ambientales dentro de los límites del *altepetl*. Con ello, la nobleza logró producir y acumular grandes cantidades de alimentos para sustentar a la élite y otras instituciones políticas, permitiéndole a la vez disponer de un sistema económico más estable y poder promediar la producción agrícola global, aminorando considerablemente el riesgo de pérdida total.

LA CANÍCULA Y LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ A NIVEL REGIONAL

Los fenómenos climáticos rara vez golpean de manera homogénea a las poblaciones agrícolas asentadas dentro de un territorio. Por ello, para entender las respuestas culturales ante los efectos negativos del clima es imprescindible entender el grado de afectación y su dispersión espacial de acuerdo con las condiciones ambientales dentro de una región. Para entender los efectos de un evento climático negativo como la canícula sobre la agricultura en la región de Tepeaca, he tomado como referencia la producción de maíz (*Zea mays* L.), ya que en la actualidad es el principal cultivo y fuente de alimentación para las poblaciones dentro de la región de estudio. Ciertamente, en la antigüedad las poblaciones indígenas cultivaron una extensa variedad de productos incluyendo asociaciones de cereales y leguminosas como el amaranto (*Amaranthus*), el maíz, y los frijoles (*Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*), así como muchas variedades de frutas, verduras y plantas silvestres (Torres 1985). Generalmente, los productos fueron sembrados en forma de policultivos, como la tradicional milpa mesoamericana (Gliessman 2000; Rojas 1988). Sin embargo, sabemos que el maíz representó la principal fuente de alimentación para los grupos prehispánicos y ello se ve reflejado en el registro arqueológico, al ser el cultivo más representado en las colecciones arqueobotánicas (p. ej. Johannessen y Hastorf 1994; Mangelsdorf *et al.* 1967; Staller *et al.* 2006). Por ende, el estudiar el actual comportamiento productivo de las razas tradicionales de maíz nos sirve como una medida de aproximación para entender la antigua producción agrícola y los efectos negativos del clima sobre ella.

Dentro de los 1.300 km² que abarca la región de estudio, la mayor parte de los terrenos se trabajan bajo la agricultura de temporal cuya principal característica es que está sujeta a los problemas que acarrea la variabilidad climática. Las variedades de maíz sembradas en los valles altos del centro de Puebla abarcan a los grupos de mazorcas de forma cónica, como las razas cónico, cacahuacintle, pepitilla y cuapeño (Benz 1988; Wellhausen *et al.* 1952). En la agricultura de temporal del centro de México la producción de maíz en temporal puede variar desde los 100-200 kg/ha hasta más de 4 toneladas/ha; sin embargo, una característica de la agricultura de secano es que, sin importar la raza de maíz empleada y el tipo de fertilización utilizado en los terrenos, generalmente los rendimien-

tos promedio rondan poco más de una tonelada por hectárea (López 2011: 20-21, tabla 1). En la región del centro de Puebla, varios factores influyen en la capacidad productiva de los campos agrícolas de temporal de acuerdo con cada sector geográfico. Las cuatro variables principales que actualmente condicionan la productividad agrícola de temporal son (1) la calidad del suelo, (2) los niveles de precipitación pluvial, (3) la retención de humedad en el subsuelo, y (4) los niveles de evapotranspiración. De acuerdo con estas variables, la región puede ser dividida en una escala ordinal de cinco clases de zonas con diferentes niveles de potencial para la agricultura, donde las tierras de Clase 1 tienen el mejor potencial y las de Clase 5 son las menos aptas (Mapa 3 y Cuadro 1). Esta escala se correlaciona bien con la productividad histórica promedio de maíz por municipio reportada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) para los años 2001-2008 (Cuadro 2). Las tierras en los Llanos de San Juan poseen tierras de Clase 1, 2 y 3 y reportan un promedio histórico de 2,222



1. Amozoc	10. Acatzingo	19. Tecali	28. Cuauhtinchan	37. Simón Bravo
2. Tepatlaxco	11. Caltenco	20. Mazapiltepec	29. Nopalucan	38. Soltepec
3. Acajete	12. Tlaxipan	21. Xicotenco	30. Ixtiyucan	39. Tenango
4. Mixtla	13. Tecamachalco	22. Acozac	31. Tenextepec	40. Huixcolotla
5. Tepeaca	14. Quecholac	23. Zahuatlan	32. Nenetzingtla	41. Santa Úrsula
6. Xochiltenco	15. Las Tunas	24. Álvaro Obregón	33. Acatlan	42. Benito Juárez
7. Cuapixtla	16. Villanueva	25. Carpinteros	34. Tetela	43. Tlayoatla
8. Hueyotlipan	17. El Seco	26. La Joya	35. Tlaxco	44. Macuila
9. Xonacatepec	18. Atenco	27. Guadalupe	36. Zitlaltepec	45. Capulac

Mapa 3

Clase	Tipo de suelo		Retención de humedad en el suelo (meses)	Evapo-transpiración (mm)	Precipitación (mm)
1	Be+Je+Hc/1	I+E+Be/2	9 a 10	1,400-1,900	800-900
2	Be+Bk+Vc/2	I+E+Be/2	8 a 12	1,400-1,900	600-1,000
	Be+Hh/1	Je+Bv/1			
	Be+Je+Hc/1	Je+Lo/1			
	Hh+Be+I/2/D	Th+Rd/1/P			
3	Be+Bk+Vc/2	I+E+Be/2	6 a 12	1,400-2,000	500-1,000
	Be+Hh+To/2	I+Rc+E/2			
	Be+I+E/2/L	Je+Bv/1			
	Hh/2	Rc+Bk/2/L			
	Hh+Be/2	Re+I+Hh/2/L			
	Hh+Be+I/2/D	Th+Rd/1/P			
	I/2	Th+To/2/L			
4	I+E/2		5 a 9	1,500-2,000	500-800
	Be+Hh+To/2	Rc+Bk/2/L			
	Be+I+E/2/L	Re+I+Hh/2/L			
	Be+To+Th/2	Th+To/2/L			
	Hh/2	Vc/3			
5	I+E/2	Xh/2/PC	5 a 8	1,700-2,000	500-700
	I+E+Be/2	Xh+Hc/2/PC			
	I+Rc+E/2				
	Be+To+Th/2	Xh/2/PC			
	Re+I+Hh/2/L	Xh+I/2/PC			
	Xh/2				

Nomenclatura del suelo			Textura	Fase física	
Be	Cambisol Eútrico	Lo	Luvisol Órtico	1 Gruesa	P Rocosa
Bk	Cambisol Calcárico	Rc	Regosol Calcárico	2 Mediana	L Lítica
Bv	Cambisol Vértico	Rd	Regosol Dístrico	3 Fina	D Dúrica
E	Rendzina	Re	Regosol Eútrico		PC Petrocálica
Hc	Faeozem Calcárico	Th	Andosol Húmico		
Hh	Faeozem Háplico	To	Andosol Ótrico		
I	Litosol	Vc	Vertisol Crómico		
Je	Fluvisol Eútrico	Xh	Xerosol Háplico		

Cuadro 1 Clasificación de las diferentes zonas de potencial agrícola dentro de la región de estudio.

Región	Municipios	Promedio de productividad de maíz (kg/ha)*	Rango de producción (kg/ha)*
Llanos de San Juan	Atenco, Aljojuca, El Seco, Huamantla, Mazapiltepec, Nopalucan, Rafael Lara Grajales, Soltepec, Zitlaltepec	2,222	361-3,500
Valle de Puebla-Tlaxcala	Acajete, Amozoc, Puebla, Tapatlaxco	2,459	813-3,300
Valle de Tepeaca	Acatzingo, Cuapiaxtla, Cuauhtinchan, Felipe Angeles, Mixtla, Quecholac, Los Reyes de Juárez, Huixcolotla, Hueyotlipan Tecali, Tecamachalco, Tepeaca, Tochtepec	694	0-2,500

* Fuente SAGARPA (2001-2008).

Cuadro 2 Producción promedio de maíz de acuerdo a las diferentes regiones medioambientales dentro de la región de estudio.

kilogramos de maíz por hectárea. La zona oeste, que comprende una porción del valle de Puebla-Tlaxcala, tiene predominantemente tierras de Clase 1 y 2 registra un promedio de 2.459 kg/ha, el mayor dentro de la región de estudio. En contraste, los municipios del valle de Tepeaca poseen tierras de Clase 3, 4 y 5 con un promedio de tan solo 649 kg/ha. En particular, la franja sur del valle tiene una productividad muy baja con rendimientos históricos promedio de menos de 300 kg/ha en municipios como Huixcolotla, Tochtepec y Tecamachalco.

La canícula del 2009

Desafortunadamente, para los agricultores de Tepeaca, durante el 2009 la región fue afectada por una canícula severa y prolongada que se intensificó debido al fenómeno de El Niño registrado en 2009-2010. Esto produjo una sequía que duró más de 12 semanas en algunas áreas y afectó sustancialmente a la producción de maíz a nivel regional. Para examinar los efectos de este evento, realicé un muestreo de 500 terrenos agrícolas de temporal que emplean mayoritariamente una agricultura tradicional (González Jácome 2003: 23) dentro de un área de 1.300 km². Esta área corresponde al núcleo territorial que tuvo Tepeaca durante el Postclásico Tardío y gran parte del primer siglo del Virreinato (Martínez 1984). Los campos fueron seleccionados mediante la generación de puntos aleatorios en ArcGIS y posteriormente fueron localizados en campo utilizando un equipo GPS de amplio espectro (WAAS) y fotografía aérea digital. En cada terreno se realizó una estimación de la producción de kilos de maíz por hectárea mediante el Método de Volumen de la Mazorca (López 2011: 104-108). Este método estima los rendimientos mediante el cálculo del volumen promedio de una mazorca de forma

Clase de tierra	Valle de Tepeaca		Llanos de San Juan		Valle de Puebla-Tlaxcala	
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio
1	–	–	798-886	838	175-784	489
2	194-441	305	171-960	732	175-800	407
3	34-679			681	182-799	476
	209					
	350-1108					
4	41-448	206	426-752	562	–	–
5	30-437	94	399-558	482	–	–

Cuadro 3 Rango y promedios de rendimientos de maíz (kg/ha) durante la canícula del 2009 de acuerdo a las clases de tierras dentro de la región de estudio.

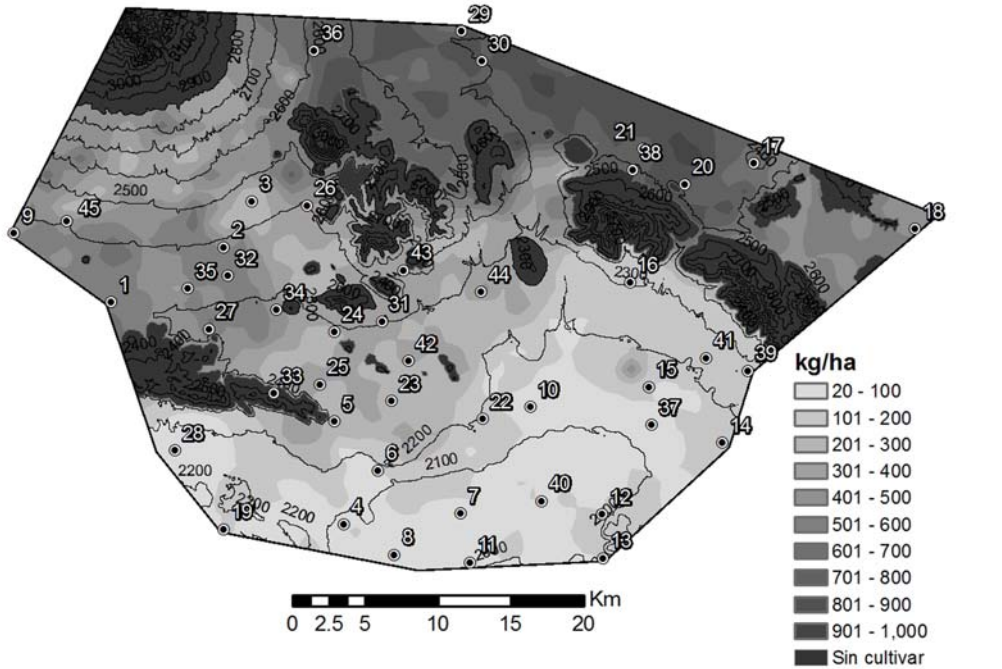
cónica de una muestra de plantas de un terreno. El volumen promedio de la mazorca fue convertido a kilogramos de maíz desgranado producido por planta, valor que a su vez es multiplicado por la densidad de plantas por hectárea, obteniendo así los rendimientos de kilogramos de maíz desgranado por hectárea. Los valores derivados fueron procesados y trazados en el mapa de la región de Tepeaca utilizando un análisis de interpolación espacial de *Inverse Distance Weighted* (O'Sullivan y Unwin 2003: 220) (Mapa 4).

Los resultados del muestreo indican que en el 2009 la producción promedio regional fue de tan sólo 371 kg/ha, con una mínima de 30 kg/ha registrada en la porción sur del valle de Tepeaca, y una máxima de 1.108 kg/ha registrada en los Llanos de San Juan en el norte (Cuadro 3). Los efectos de la canícula fueron más severos en la porción sur en altitudes de entre 2,000 y 2,100 metros donde se ha registrado un promedio histórico de precipitación de 500 a 600 mm, el más bajo dentro de la región de estudio. La afectación fue mucho menor en la zona norte con altitudes de entre 2.250 y 2.600 metros y una precipitación promedio de 700 a 900 mm.

El valle de Tepeaca presentó diferencias sustanciales en cuanto a la productividad del maíz. Las tierras de Clase 2, localizadas en Macuila, Tetela, y Tlayoatla, tuvieron los mejores rendimientos que el resto del valle con un promedio de 305 kg/ha. Las tierras de Clase 3 localizadas en la porción oeste y este del valle fueron fuertemente afectadas y tuvieron una media de tan sólo 209 kg/ha. Los rendimientos más bajos se dieron en las tierras marginales de Clase 5 del sureste del valle, incluyendo Caltenco, Cuapiaxtla, Huixcolotla, Mixtla y Tecamachalco, donde el promedio de productividad fue raquíptico (88 kg/ha).

La zona oeste de la región de estudio que abarca una parte del valle de Puebla-Tlaxcala posee tierras de Clase 1 a 3. La producción en tierras de Clase 1 tuvo un promedio bajo de 489 kg/ha, mientras que las tierras de Clase 2 y 3 presentaron rangos polarizados con una media de 784 kg/ha y 476 kg/ha, respectivamente.

Los Llanos de San Juan tuvieron rendimientos variables. Las tierras de Clase 1 localizadas en un pequeño sector de Zitlaltepec, registraron rangos de producción estables con un promedio de 744 kg/ha. Las de Clase 2, localizadas en Nopalucan, Ixtiyucan



- | | | | | |
|-------------------|------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| 1. Amozoc | 10. Acatzingo | 19. Tecali | 28. Cuauhtinchan | 37. Simón Bravo |
| 2. Tepatlaxco | 11. Caltenco | 20. Mazapiltepec | 29. Nopalucan | 38. Soltepec |
| 3. Acajete | 12. Tlaxpan | 21. Xicotenco | 30. Ixtiyucan | 39. Tenango |
| 4. Mixtla | 13. Tecamachalco | 22. Acozac | 31. Tenextepec | 40. Huixcojotla |
| 5. Tepeaca | 14. Quecholac | 23. Zahuatlan | 32. Nenetzintla | 41. Santa Úrsula |
| 6. Xochiltlenango | 15. Las Tunas | 24. Álvaro Obregón | 33. Acatlan | 42. Benito Juárez |
| 7. Cuapiaxtla | 16. Villanueva | 25. Carpinteros | 34. Tetela | 43. Tlayoatla |
| 8. Hueyotlipan | 17. El Seco | 26. La Joya | 35. Tlaxco | 44. Macuila |
| 9. Xonacatepec | 18. Atenco | 27. Guadalupe | 36. Zitlaltepec | 45. Capulac |

Mapa 4

y Zitlaltepec, tuvieron rangos volátiles a pesar de que la media (732 kg/ha) fue muy similar a la registrada en las tierras de Clase 1. Las tierras de Clase 3 en El Seco, Soltepec, Mazapiltepec y Xicotenco, produjeron rangos promedio más bajos de 681 kg/ha.

En general, en el 2009 la anomalía en el rendimiento del maíz varió de manera considerable entre las distintas zonas dentro de la región de estudio (Cuadro 4). El porcentaje de anomalía en la producción de maíz se estimó dividiendo los rendimientos promedio del 2009 entre los rendimientos de la media histórica y después restando 1 al resultado para así obtener el decremento negativo². A nivel regional, los resultados muestran que los Llanos de San Juan fueron los menos afectadas por la canícula del 2009 al registrar un decremento de -69.04% con respecto al promedio histórico. A pesar de haber tenido el promedio más alto, los rangos de producción fueron muy disímiles (Cuadro 3), aunque se observó que el 97% de los campos registraron una producción de entre 300 y 1.000 kg/ha.

² Anomalía = (promedio del 2009/promedio histórico) - 1.

Región	Promedio histórico de rendimientos (2001-2008)*	Promedio de rendimientos durante el 2009	Anomalía
Llanos de San Juan	2,222	688	-69.04%
Valle de Puebla-Tlaxcala	2,459	448	-81.78%
Valle de Tepeaca	694	197	-71.68%

* Fuente SAGARPA.

Cuadro 4 Rendimientos de maíz promedio durante el 2009 y porcentaje de anomalía por región.

En el valle de Tepeaca la anomalía en rendimientos fue de -71.78% con respecto al promedio histórico. El rango de productividad fue muy amplio, pero se puede ver que la mayoría de los terrenos (96.62%) rindieron menos de 500 kg/ha y sólo unos cuantos lograron rebasar los 600 kg/ha. A pesar de ser la zona que tuvo la producción más baja, su anomalía fue menor a la registrada en el valle de Puebla-Tlaxcala. Esto puede explicarse debido a que algunas porciones del valle de Tepeaca de por sí tienen una productividad promedio histórica muy baja. Por ello, aún cuando la canícula del 2009 produjo un severo decremento en la precipitación pluvial, la productividad difícilmente habría bajado más allá de la que comúnmente fluctúa.

La anomalía en rendimientos más pronunciada, interesantemente, se registró en las tierras de Clase 1 a 3 del valle de Puebla-Tlaxcala incluyendo la zona de Acajete-Amozoc. Como se mencionó anteriormente, históricamente esta zona ha registrado la mejor productividad dentro de la región de estudio. En esta área el rango de rendimientos fue muy marcado y el promedio tuvo un decremento de -81.78% con respecto al promedio histórico. A pesar de ello, la producción de maíz en las tierras de Acajete y Amozoc fue más del doble que la registrada en aquellas del valle de Tepeaca. Esto refleja la calidad que hoy en día tienen las tierras de Clase 1 y 2 en esta zona, las cuales probablemente fueron muy apreciadas por las comunidades indígenas.

DISCUSIÓN

La sequía generada por la canícula del 2009 revela importantes datos respecto a la distribución e intensidad de las catástrofes agrícolas a nivel regional en las tierras de temporal. Sería erróneo suponer que la sequía regional registrada en el 2009 habría ocurrido exactamente de la misma manera en tiempos pretéritos. También debemos considerar que en la antigüedad los sistemas agrícolas emplearon diferentes técnicas de cultivo y manejo de los recursos a las actuales, entre ellas la siembra de policultivos en milpa, que podrían haber ayudado a mitigar algunos de los efectos negativos. Sin embargo, sí podemos establecer ciertos patrones respecto a la distribución y grado de afectación de las disrupciones climáticas en cultivos de secano. El punto más importante es que, de haber ocurrido una canícula de esta envergadura, sus efectos podrían haber derivado en pérdidas agrí-

colas de proporciones variables, de acuerdo con las distintas condiciones ambientales de la región. Los efectos de una sequía prolongada debieron acentuarse en aquellas zonas donde predominaron condiciones marginales para la agricultura, como el sureste del valle de Tepeaca. En las áreas con una producción estable y sustancial como las tierras de Clase 1 y 2 del valle de Puebla-Tlaxcala y los Llanos de San Juan, las anomalías en la producción de maíz pudieron ser muy grandes e incluso mayores a las de zonas marginales. Sin embargo, a pesar de la severidad de una disrupción climática, las tierras de temporal de mejor calidad podrían haber generado rendimientos moderados y suficientes en tiempos de lluvias promedio o abundantes para sufragar la demanda de alimentos a nivel del grupo doméstico.

Queda claro, sin embargo, que sin importar si hubo o no una fuerte disrupción de los patrones de lluvia, la porción sureste del valle de Tepeaca debió ser la zona de menor productividad para el cultivo de maíz. Las restricciones mayores fueron las condiciones marginales de sus suelos y la baja precipitación pluvial, las cuales debieron recrudecerse durante una canícula prolongada o cualquier fenómeno climático similar. El resultado de ello fue que probablemente en las zonas marginales del sur, la agricultura de temporal generó rendimientos sumamente bajos en años promedio, y que en la actualidad fluctúan por debajo de los 350 kg/ha.

El análisis de la canícula del 2009 también sugiere que los efectos volátiles del clima, aunado a la distribución desigual de la tierra en Tepeaca durante el siglo XVI, debió generar un patrón en el que la mayor parte del riesgo de catástrofes agrícolas estaba concentrado en el ámbito del grupo doméstico. La mayoría de los *macehualtin* fueron pequeños productores, muchos de ellos terrazgueros sin tierras, con sus campos concentrados en zonas relativamente pequeñas. Este patrón de uso de la tierra les hizo altamente susceptibles a los niveles extremos de productividad agrícola anual que son consecuencia de las fluctuaciones climáticas regionales y locales. Por el contrario, las élites pudieron generar mayores volúmenes de producto y de manera más estable durante años promedio, debido a que sus terrenos estuvieron repartidos de manera estratégica en grandes áreas, aminorando así los efectos de la variabilidad del clima y fenómenos inusuales, como la canícula del 2009. Al promediar la producción agrícola de varios campos localizados en distintas zonas ambientales, la nobleza probablemente enfrentó de manera más eficiente la baja generalizada de alimentos en tiempos de sequía.

CONCLUSIÓN

Los resultados derivados del análisis del impacto de la canícula en el 2009 sugieren que los sistemas agrícolas de temporal del Posclásico Tardío y durante el primer siglo del Virreinato debieron ser afectados de manera sustancial por fenómenos inusuales del clima. En particular, la producción de maíz a nivel de la agricultura de subsistencia debió padecer los estragos de una sequía regional y su consecuente desastre agrícola. La distribución polarizada de la tierra, promovida por el sistema de *teccalli*, aunado a la altamente variable productividad agrícola, debió generar un patrón en el cual el riesgo de pérdida total estuvo

concentrado primordialmente a nivel del grupo doméstico. Tanto los *macehualtin* como los terrazgueros poseyeron pequeñas parcelas concentradas en áreas relativamente pequeñas. Este patrón de uso de la tierra los hizo altamente susceptibles a las pérdidas variables anuales de alimentos agrícolas debido a afectaciones climáticas extremas. Por el contrario, el aparato político y la élite pudieron solventar de manera eficiente los eventos climáticos negativos mayores, debido a que poseían vastas extensiones de tierra localizadas en varias regiones ambientales, permitiéndoles promediar la producción agrícola a nivel regional.

Sin embargo, este estudio revela que, aun cuando los efectos de una canícula prolongada pueden afectar grandes áreas y a un gran número de poblaciones, la severidad de los daños varía de manera importante de acuerdo con las condiciones ambientales de cada área dentro de la región. En un año típico, las tierras de los Llanos de San Juan y el valle de Puebla-Tlaxcala debieron ser las más productivas y estables en comparación a las del valle de Tepeaca y por ende, probablemente tuvieron una especial importancia para el sustento de las élites indígenas del Posclásico Tardío y el primer siglo del Virreinato. No obstante, una sequía regional pudo generar una redistribución de la producción agrícola en la que algunas zonas con buenos niveles productivos sufriesen una escasez de alimentos, mientras que las regiones contiguas con una menor producción tuviesen rendimientos de moderados a buenos. Esto implica que, a pesar de haber un decremento generalizado en la productividad agrícola a nivel macro-región, el suministro de alimentos a las zonas más afectadas pudo asegurarse mediante el intercambio con regiones aledañas donde la afectación fue menor o nula. Este patrón de variación en la producción agrícola a nivel regional debió ser ampliamente conocido por las poblaciones agrícolas, especialmente por los grupos de la élite que controlaban grandes territorios, lo que les debió permitir desarrollar estrategias para contrarrestar las fluctuaciones interanuales derivadas de la variabilidad climática.

Agradecimientos

Este trabajo fue patrocinado por el Departamento de Antropología de la Universidad Estatal de Pennsylvania a través de la Beca Hill, y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México. Agradezco los comentarios y sugerencias de Ken Hirth, David Webster, Lee Newsom y Matthew Restall, así como a las observaciones y sugerencias realizadas por los dictaminadores anónimos. Un agradecimiento especial a todos los agricultores de la región de Tepeaca por su valioso apoyo en campo, sin el cual no habría sido posible realizar esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, Richard M.; HOUSTON, Laurie L.; MCCARL, Bruce A., TISCAREÑO L. Mario; MATUS G. Jaime y WEIHER, Rodney F. (2003) "The benefits to Mexican agriculture of an El Niño-Southern Oscillation (ENSO) early warning system". *Agricultural and Forest Meteorology* (Elsevier). 115: 183-194.

- ANDERSON, David G.; STAHL, David W. y CLEVELAND, Malcolm K. (1995) "Paleoclimate and the Potential Food Reserves of Mississippian Societies: A Case Study from the Savannah River Valley". *American Antiquity* (Society for American Archaeology). 60: 258-286.
- ANDERSON, J. Heath (2009) *Prehispanic Settlement Patterns and Agricultural Production in Tepeaca, Puebla, Mexico, A.D. 200-1519*. Tesis de doctorado, Department of Anthropology, University Park, The Pennsylvania State University (inédita).
- ANGUIANO, Marina y CHAPA, Matilde (1976) "Estratificación social en Tlaxcala durante el siglo XVI". En: Pedro Carrasco y Johanna Broda (eds.) *La estratificación social en la Mesoamérica prehispánica*. México, INAH: 139-141.
- APPENDINI, Kirsten y LIVERMAN, Diana M. (1994) "Agricultural policy, climatic change and food security in Mexico". *Food Policy* (Elsevier). 19: 149-164.
- BENZ, Bruce F. (1988) "Clasificación y evolución del maíz mexicano". En: Linda L. Manzanilla (ed.) *Coloquio V. Gordon Childe: estudios sobre la revolución Neolítica y la revolución urbana*. México, UNAM: 133-148.
- BOREJSZA, Aleksander; RODRÍGUEZ López, Isabel; FREDERICK, Charles D. y BATEMAN, Mark D. (2008) "Agricultural slope management and soil erosion at La Laguna, Tlaxcala, Mexico". *Journal of Archaeological Science* (Elsevier). 35: 1854-1866.
- BURNS, Barney Tillman (1983) *Simulated Anasazi Storage Behavior Using Crop Yields Reconstructed from Tree Rings: A.D. 652-1968*. Tesis de doctorado, Department of Anthropology, University of Arizona, Tucson (inédita).
- CALVO, Thomas (1973) *Acatzingo: demografía de una parroquia mexicana*. México, INAH.
- CARRASCO, Pedro (1973) "Los documentos sobre las tierras de los indios nobles de Tepeaca en el siglo XVI". *Comunicaciones* (Fundación Alemana para la Investigación científica). 7: 89-91.
- CHANCE, John K. (2000) "The Noble House in Colonial Puebla, Mexico: Descent, Inheritance, and the Nahua Tradition". *American Anthropologist, New Series* (American Anthropological Association). 102: 485-502.
- CLEVELAND, Malcom K.; STAHL, David. W.; THERRELL, Matthew D.; VILLANUEVA DÍAZ, José y BURNS, Barney T. (2003) "Tree Ring reconstructed winter precipitation and tropical teleconnections in Durango, Mexico". *Climatic Change* (Springer). 59: 369-388.
- COOK, Sherburne F. (1996) "La erosión del suelo y la población del centro de México". En: Sherburne F. Cook y Woodrow Borah (eds.) *El pasado de México: Aspectos Sociodemográficos*. México, FCE.
- DOUGLAS, Michael W.; MADDOX, Robert A. y HOWARD, Kenneth (1993) "The Mexican Monsoon". *Journal of Climate* (American Meteorological Society). 6: 1665-1677.
- DURÁN, Diego (2006 [1579]) *Historia de las Indias de Nueva España e Islas de la Tierra Firme*. 2 vols. México, Ed. Porrúa.
- EAKIN, Hallie (2000) "Smallholder Maize Production and Climatic Risk: A Case Study from Mexico". *Climatic Change* (Springer). 45: 19-36.
- EVANS, Susan T. (2001) "Aztec-Period Political Organization in the Teotihuacan Valley: Otumba as a city-state". *Ancient Mesoamerica* (Cambridge University Press). 12: 89-100.

- GARAVAGLIA, Juan Carlos y GROSSO, Juan Carlos (1990) "Mexican Elites of a Provincial Town: The Landowners of Tepeaca (1700-1870)". *The Hispanic American Historical Review* (Duke University Press). 70: 255-293.
- GARCÍA ACOSTA, Virginia; PÉREZ ZEVALLOS, Juan Manuel y MOLINA DEL VILLAR, América (2003) *Desastres agrícolas en México: catálogo histórico. Tomo 1. Épocas Prehispánica y Colonial (958-1822)*. México, INAH.
- GLIESSMAN, Stephen R. (2000) *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Boca Raton, Lewis Publishers.
- GONZÁLEZ JÁCOME, Alba (2003) *Cultura y agricultura: transformaciones en el agro mexicano*. México, Universidad Iberoamericana.
- HALSTEAD, Paul y O'SHEA, John (1989) "Introduction: cultural responses to risk and uncertainty". En: Paul Halstead y John O'Shea (eds.) *Bad Year Economics: Cultural Responses to Risk and Uncertainty*. Cambridge, Cambridge University Press: 1-7.
- INEGI (2000) *Síntesis geográfica del estado de Puebla: libro electrónico*, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- JOHANNESSEN, Sissel y HASTORF, Christine Ann, eds. (1994) *Corn and Culture in the Prehistoric New World*. Boulder, Westview Press.
- KIRCHHOFF, Paul; ODENA, Lina y REYES, Luis (1976) *Historia Tolteca Chichimeca*, México, INAH-SEP.
- LAUER, Wilhem (1979) "Medioambiente y desarrollo cultural en la región de Puebla-Tlaxcala". *Comunicaciones* (Fundación Alemana para la Investigación Científica). 16: 29-54.
- LÓPEZ, Aurelio (2011) *Crop Subsistence Yield Variability Within Late Postclassic (1325-1521 A.D.) and Early Colonial (16th Century) Indigenous Communities in the Tepeaca Region, México*. Tesis de doctorado, Department of Anthropology, University Park, The Pennsylvania State University (inédita).
- MAGAÑA RUEDA, Víctor; PÉREZ, José Luis; VÁZQUEZ, Jorge Luis; CARRISOZA, Eliseo y PÉREZ, Joel (2004) "El Niño Y El Clima". En: Víctor Magaña Rueda (ed.) *Los impactos del niño en México*. México, Centro de Ciencias de la Atmósfera – UNAM – Secretaría de Gobernación.
- MANGELSDORF, Paul C.; MACNEISH, Richard S. y GALINAT, Walton C. (1967) "Prehistoric Wild and Cultivated Maize". En: Douglas S. Byers (ed.) *Environment and Subsistence*. Austin, University of Texas Press.
- MARTÍNEZ, Hildeberto (1984) *Tepeaca en el Siglo XVI: tenencia de la tierra y organización de un señorío*. México, Ediciones de la Casa Chata – CIESAS.
- (1994) "La Conquista de Tepeyacac: una Estrategia Política de Expansión del Imperio Mexica". *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos* (Sociedad Mexicana de Antropología). 40: 133-168.
- MEDINA, Miguel (2001) *Las Cuevas de Acatzingo-Tepeaca, Puebla: estudio arqueológico, etnohistórico y etnográfico*. Tesis de licenciatura, ENAH, México (inédita).
- MOLINA, Francisco de (1985) "Relación de Tepeaca y su partido". En: René Acuña (ed.) *Relaciones Geográficas del siglo XVI: Tlaxcala*. México, UNAM.
- NIEDERBERGER, Christine (1987) *Paléopaysages et archéologie pré-urbaine du bassin de México (Mexique)*. México, CEMCA.

- O'SULLIVAN, David y UNWIN, David (2003) *Geographic Information Analysis*. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.
- OHNGEMACH, Dieter y STRAKA, Herbert (1978) "La historia de la vegetación en la región de Puebla-Tlaxcala durante el Cuaternario Tardío". *Comunicaciones* (Fundación Alemana para la Investigación Científica). 15: 189-204.
- OLIVERA, Mercedes (1978) *Pillis y macehuales, las formaciones sociales y los modos de producción de Tecali del Siglo XII al XVI*. México, Editorial de la Casa Chata.
- PERALTA, Ana Rosa; MAGAÑA, Víctor O.; MATTHIAS, Allan D. y LUNA, José de Jesús (2008) "Temporal and spatial behavior of temperature and precipitation during the canícula (midsummer drought) under El Niño conditions in central México". *Atmósfera* (UNAM). 21: 265-280.
- PERKINS, Stephen M. (2007) "The House of Guzmán: An Indigenous Cacicazgo in Early Colonial Central Mexico". *Culture and Agriculture* (American Anthropological Association). 29: 25-42.
- REYES, Luis (1988) *Cuauhtinchan del siglo XII al XVI: Formación y desarrollo histórico de un señorío prehispánico*. México, FCE.
- RIVERA URÍA, Ma. Yazmín; SEDOV, Sergey; SOLLEIRO REBOLLEDO, Elizabeth; PÉREZ PÉREZ, Julia; MCCLUNG, Emily; GONZÁLEZ, Alfredo y GAMA CASTRO, Jorge (2007) "Degradación ambiental en el valle de Teotihuacan: evidencias geológicas y paleopedológicas". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* (Sociedad Geológica Mexicana). 59: 203-217.
- ROJAS, Teresa (1984) "Agricultural Implements in Mesoamerica". En: Herbert R. Harvey Hanns J. Prem (eds.) *Explorations in Ethnohistory: Indians of Central Mexico in the Sixteenth Century*. Albuquerque, University of New Mexico Press.
- (1988) *Las Siembras de Ayer: la Agricultura Indígena del Siglo XVI*, México, CIESAS.
- SHEEHY, James J.; MEDINA, Miguel y HIRTH, Kenneth G. (1995) *Informe Técnico sobre la Segunda Temporada del Proyecto Acatzingo-Tepeaca en 1995*. México, Documento en el Archivo Técnico del INAH.
- SHEEHY, James J.; MEDINA, Miguel; MALDONADO, Blanca E.; CONSTANZO, Ronald A.; EBERT, Dominic; VONARX, Amy Jo y HIRTH, Kenneth G. (1997) *Informe Técnico sobre la Cuarta Temporada del Proyecto Acatzingo-Tepeaca en 1997*. México, Documento en el Archivo Técnico del INAH.
- SMITH, Michael E. (1993) "Houses and the Settlement Hierarchy in Late Postclassic Morelos: A Comparison of Archaeology and Ethnohistory". En: Robert S. Santley y Kenneth G. Hirth (eds.) *Prehispanic Domestic Units in Western Mesoamerica: Studies of the Household, Compound, and Residence*. Boca Raton, CRC Press, Inc.
- STAHLÉ, David W. y CLEVELAND, Malcom K. (1994) "Tree-Ring Reconstructed Rainfall over the Southeastern U.S.A. During the Medieval Warm Period and Little Ice Age". *Climatic Change* (Springer). 26: 199-212.
- STAHLÉ, David W.; VILLANUEVA DÍAZ, José; BURNETTE, Dorian J.; CERANO PAREDES, Julián; HEIM JR., Richard; FYE, Falko K.; SOTO, Rodolfo A.; THERRELL, Matthew D.; CLEVELAND, Malcom K. y STAHLÉ, David K. (2011) "Major Mesoamerican Droughts of the Past Millennium". *Geophysical Research Letters* (American Geophysical Union). 38 (L05703): 1-4.

- STALLER, John E.; TYKOT, Robert H. y BENZ, Bruce F., eds. (2006) *Histories of Maize: Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication and Evolution of Maize*. Burlington, Academic Press.
- THERRELL, Matthew D. (2005) "Tree rings and «El Año del Hambre» in Mexico". *Dendrochronologia* (Elsevier). 22: 203-207.
- THERRELL, Matthew D.; STAHL, David W.; VILLANUEVA DÍAZ, José; CORNEJO OVIEDO, Eladio H. y CLEVELAND, Malcolm K. (2006) "Tree-Ring Reconstructed Maize Yield in Central Mexico: 1474-2001". *Climatic Change* (Springer). 74: 493-504.
- TORRES, Bárbara (1985) "Las plantas útiles en el México antiguo según las fuentes del siglo XVI". En: Rojas, T. y Sanders, W. T. (Eds.) *Historia de la agricultura Época prehispánica siglo XVI*. México, D.F., Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- WELLHAUSEN, Edwin J.; ROBERTS, Lewis M. y HERNÁNDEZ X., Efraim, en colaboración con Paul C. Mangelsdorf (1952) *Races of Maize in Mexico: Their Origin, Characteristics and Distribution*. Harvard, Bussey Institution of Harvard University.
- WERNER, Gerd; MIEHLICH, Günter y AEPPLI, Hans (1978) "Los Suelos de la Cuenca Alta de Puebla-Tlaxcala y sus alrededores". *Comunicaciones* (Fundación Alemana para la Investigación Científica). Suplemento VI.
- WILKEN, Gene C. (1987) *Good Farmers: Traditional Agricultural Resource Management in Mexico and Central America*. Berkeley, University of California Press.
- XELHUANTZI-LÓPEZ, María Susana (1994) "Estudio palinológico de cuatro sitios ubicados en la cuenca de Zacapu: fondo de la ciénega, contacto Lomas-ciénega, pantano interno y Loma Alta". En: Pierre Pétrequin (ed.) *8000 Años de la Cuenca de Zacapu: evolución de los paisajes y primeros desmontes*. México, CEMCA.
- YONEDA, Keiko (1994) *Cartografía y linderos en el Mapa de Cuauhtinchan No. 4*. México, INAH – BUAP.
- (2005) *Mapa de Cuauhtinchan* núm. 2. México, CIESAS.