Research article /Artículo de investigación

Antes del paisaje maicero: evidencias multiproxy sobre el desarrollo temprano de la agricultura en el corredor Chalco–Popocatépetl y Tlapacoya-Zohapilco, centro de México

Before the Maize Landscape: Multiproxy Evidence on the Early Development of Agriculture in the Chalco–Popocatépetl Corridor and Tlapacoya-Zohapilco, Central Mexico

Eduardo Sánchez Jiménez
Universidad Politécnica de Atlautla, Atlautla de Victoria, México
eduardo_jimenez@upatlautla.edu.mx; ORCID *https://orcid.org/0000-0003-0552-4658*

Gloria Isabel León Rojas
Universidad Rosario Castellanos, Chalco de Díaz Covarrubias, México
glorisa.leon@gmail.com; ORCID *https://orcid.org/0000-0003-3060-4342*

Recepción: 04 de noviembre de 2026 - Aceptado: 05 de noviembre de 2026 - Publicado: 06 de noviembre de 2026
Received: Nov 04, 2026 - Accepted: Nov 05, 2026 - Published: Nov 06, 2026

¿Cómo citar este artículo?
Sánchez Jiménez, E., & León Rojas, G. I. (2026). Antes del paisaje maicero: evidencias multiproxy sobre el desarrollo temprano de la agricultura en el corredor Chalco–Popocatépetl y Tlapacoya-Zohapilco, centro de México. Axiom Research, 2(2)

Copyright: © 2026 Sánchez Jiménez, E., & León Rojas, G. I; This is an open-access article distributed under the terms of the Creative
Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

ABSTRACT
The transition from foraging societies to agricultural production in Mesoamerica was a prolonged and heterogeneous process. Although genetic and archaeobotanical evidence places the domestication of maize (Zea mays L.) in the Balsas Basin, the trajectories of its incorporation into other landscapes remain poorly documented. This research adopts an interdisciplinary, multi-proxy approach—integrating palynological, sedimentological, paleoclimatic, archaeobotanical, and archaeological records—to reconstruct paleoenvironmental transformations and analyze the historical relationships between human societies and plant resources in the Chalco–Popocatépetl corridor, with a focus on the Tlapacoya-Zohapilco complex and recent records from San Gregorio Atlapulco. A four-level scale of inference, along with four levels of confidence, is proposed. The review indicates that the lacustrine record of Chalco provides a long-term environmental framework; however, no single piece of evidence—whether Zea pollen, microcharcoal, or vegetation disturbance—is sufficient on its own to demonstrate cultivation. Furthermore, starch remains from Atlapulco document the processing of maize and other plants within mixed lacustrine economies, which does not equate to established agriculture. Additionally, the chronologies for Zohapilco require primary verification, and the developed chinampa (raised-field) system dates to the Postclassic period. An agenda for further verification is proposed. No new laboratory analyses are reported.

Keywords: archaeobotany; palaeoecology; maize domestication; Tlapacoya-Zohapilco; lacustrine agriculture; Basin of Mexico

RESUMEN
La transición de las sociedades recolectoras a la producción agrícola en Mesoamérica fue un proceso prolongado y heterogéneo. Aunque la evidencia genética y arqueobotánica sitúa la domesticación del maíz (Zea mays L.) en la cuenca del Balsas, las trayectorias de su incorporación a otros paisajes siguen poco documentadas. La investigación adopta un enfoque interdisciplinario y multiproxy que integra registros palinológicos, sedimentológicos, paleoclimáticos, arqueobotánicos y arqueológicos, con el propósito de reconstruir las transformaciones paleoambientales y analizar las relaciones históricas entre las sociedades humanas y los recursos vegetales en el corredor Chalco–Popocatépetl, con atención al complejo Tlapacoya-Zohapilco y a los registros recientes de San Gregorio Atlapulco. Se propone una escala de inferencia de cuatro niveles y cuatro niveles de confianza. La revisión muestra que el registro lacustre de Chalco aporta un marco ambiental de larga duración, pero que ninguna señal aislada —polen de Zea, microcarbones o perturbación de la vegetación— demuestra por sí misma el cultivo; que los almidones de Atlapulco documentan procesamiento de maíz y otras plantas en economías lacustres mixtas, sin equivaler a una agricultura consolidada; que las cronologías de Zohapilco requieren verificación primaria; y que la chinampa desarrollada corresponde al Posclásico. Se propone una agenda de verificación. No se reportan nuevos análisis de laboratorio.

Palabras clave: arqueobotánica; paleoecología; domesticación del maíz; Tlapacoya-Zohapilco; agricultura lacustre; Cuenca de México

INTRODUCCIÓN

1.1. La agricultura como proceso y el problema de la domesticación

La transición de las sociedades cazadoras-recolectoras a los sistemas agrícolas no fue un acontecimiento puntual ni una innovación que sustituyera de inmediato al forrajeo, sino un continuo de manejo en el que la producción de bajo nivel y la explotación de recursos silvestres coexistieron durante largos periodos (Smith, 2001; Piperno, 2011; Zeder, 2015). Los paisajes agrícolas son configuraciones históricas producidas por la interacción prolongada entre procesos ecológicos y prácticas sociales, y la arqueobotánica —almidones, fitolitos, polen, residuos en herramientas— permite estudiar prácticas que las semillas carbonizadas no detectan (Piperno, 2006), siempre que se asocien con contextos y cronologías confiables.

El origen del maíz ha sido abordado desde la genética, la arqueología y la paleoecología. Los estudios moleculares apoyan una domesticación única a partir del teocintle *Zea mays* subsp. *parviglumis* de la cuenca del Balsas (Matsuoka et al., 2002), con dispersión posterior hacia las tierras altas del centro de México (van Heerwaarden et al., 2011). La evidencia directa más relevante procede del abrigo de Xihuatoxtla (Guerrero), donde almidones y fitolitos de maíz se fechan hacia 8,700 años cal AP, junto con fitolitos de una calabaza domesticada (Piperno et al., 2009; Ranere et al., 2009); las mazorcas más antiguas de las tierras altas, de Guilá Naquitz (Oaxaca), tienen unos 6,250 años calendario (Piperno y Flannery, 2001), y San Andrés (Tabasco) documenta maíz hacia 7,300 años cal AP (Pohl et al., 2007). Estos resultados son fundamentales, pero no demuestran cuándo ni en qué condiciones el cultivo se incorporó a la

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

subsistencia de la Cuenca de México: entre ambos procesos mediaron dispersión, intercambio y adaptación ecológica. La pregunta pertinente no es si el corredor Chalco–Popocatépetl fue lugar de origen del maíz, sino cómo se desarrollaron allí el manejo y la producción vegetal y qué transformaciones ecológicas los acompañaron.

1.2. Los límites de la evidencia palinológica

Los registros polínicos permiten reconstruir cambios de vegetación a escalas que exceden la documentación arqueológica, pero su uso como evidencia de agricultura exige evaluar sus alcances taxonómicos y tafonómicos. El polen de maíz y el de teocintle se traslapan morfológicamente, de modo que ningún criterio permite separarlos de forma inequívoca (Holst et al., 2007); incluso cuando la interpretación de cultivo se apoya en la aparición abrupta del polen junto con indicadores de limpieza del terreno, fue necesario confirmarla con fitolitos (Pohl et al., 2007), y la bioturbación limita la precisión con que se fechan las primeras apariciones (Sluyter y Domínguez, 2006). A ello se suman la producción, dispersión y preservación diferenciales del polen; Rivera-González y Jiménez-Zamora (2024) proponen considerarlas junto con la construcción de nicho, útil para examinar cómo las prácticas humanas modifican las condiciones ecológicas, pero que requiere evidencia y no explica automáticamente cualquier cambio coincidente con la presencia humana. Por ello se adopta una jerarquía interpretativa que impide leer una señal polínica aislada como prueba de un sistema agrícola.

1.3. El corredor Chalco–Popocatépetl, vacío de conocimiento y objetivos

El oriente de la Cuenca de México reúne un sistema lacustre y palustre, piedemontes y laderas volcánicas con marcados contrastes de altitud, agua, suelos y exposición al volcanismo. El antiguo lago de Chalco cuenta con una de las secuencias paleoambientales más estudiadas del centro de México (Lozano-García et al., 1993; Lozano-García y Ortega-Guerrero, 1994; Caballero y Ortega-Guerrero, 1998); la región ha sido objeto de prospecciones sistemáticas (Parsons et al., 1982) y de excavaciones en sitios lacustres como Zohapilco, en el cerro de Tlapacoya (Niederberger, 1976, 1979, 1987; Lorenzo y Mirambell, 1986), y San Gregorio Atlapulco, en Xochimilco (McClung de Tapia y Acosta Ochoa, 2015; Pérez-Martínez et al., 2025). Estas líneas rara vez se han integrado en una explicación histórico-ambiental que distinga los efectos del volcanismo y del clima de los atribuibles a la perturbación humana. Además, Tlapacoya-Zohapilco suele invocarse como "puente" entre la vida nómada y la agricultura, y la literatura divulgativa reproduce fechas e identificaciones taxonómicas no siempre respaldadas por publicaciones primarias.

Figura 1.

Contexto hidrográfico histórico de la Cuenca de México y localización de los principales sitios arqueológicos y paleoambientales del corredor Chalco–Popocatépetl.



Fuente: Elaboración propia asistida por inteligencia artificial, a partir de la cartografía histórica de la Cuenca de México de Sémhur (2010), derivada de los trabajos de Yavidaxiu y Historicair. Se incorporaron y reorganizaron sitios arqueológicos y paleoambientales de interés para el Proyecto. La representación tiene carácter ilustrativo y no constituye una restitución cartográfica georreferenciada.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

El objetivo general es sintetizar críticamente las evidencias paleoecológicas, arqueológicas y arqueobotánicas disponibles para reconstruir el desarrollo temprano de las prácticas agrícolas y las transformaciones ambientales asociadas en el corredor, desde el Pleistoceno tardío hasta la configuración de los paisajes agrícolas históricos en el Holoceno. Los objetivos específicos son (i) sistematizar la evidencia de *Zea* y otros taxones; (ii) examinar la relación entre vegetación, dinámica lacustre, fuego, clima, volcanismo y ocupación humana; y (iii) distinguir, en Tlapacoya-Zohapilco, la evidencia directa de las inferencias sobre cultivos y manejo del lago. La hipótesis de trabajo sostiene que los primeros paisajes agrícolas resultaron de un proceso diacrónico de interacción entre variabilidad ambiental, aprovechamiento diversificado de recursos vegetales y manejo humano progresivo; que el maíz y otros cultivos se incorporaron de manera diferenciada entre ambientes sin sustituir de inmediato la recolección; y que la transformación de la vegetación fue acumulativa, no consecuencia de una única innovación.

ÁREA DE ESTUDIO Y CONTEXTO PALEOAMBIENTAL

2.1. Localización y unidades de paisaje

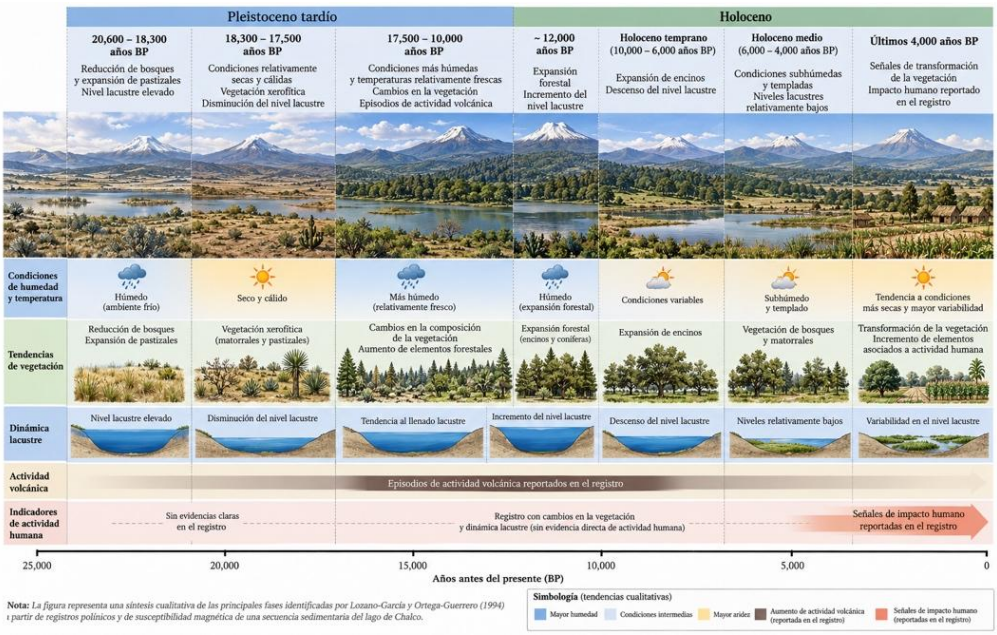
El corredor Chalco–Popocatépetl ocupa el sector oriental y suroriental de la Cuenca de México, como zona de transición entre la planicie lacustre de Chalco y la Sierra Nevada, donde se alzan el Iztaccíhuatl y el Popocatépetl. Para fines analíticos se organiza en cinco unidades: (a) lago y humedales, sujetos a fluctuaciones de nivel y salinidad; (b) planicies de transición lacustre; (c) piedemonte y barrancas, con suelos volcánicos y mosaicos de vegetación secundaria; (d) bosques montanos de *Pinus* y *Quercus*; y (e) alta montaña volcánica. Esta clasificación es preliminar y no equivale a una cartografía paleoecológica validada. El complejo Tlapacoya-Zohapilco, en el municipio de Ixtapaluca, se ubica en las faldas del cerro de Tlapacoya (Cerro del Elefante), sobre la margen septentrional del antiguo lago de Chalco; el sector de Zohapilco aportó la secuencia arcaica y formativa más conocida.

2.2. Dinámica lacustre y registros paleoambientales de Chalco

El estudio de Lozano-García et al. (1993), con cuatro núcleos y once fechamientos radiocarbónicos, reconstruyó los últimos ~19,000 años ^{14}C: pantano somero y alcalino con condiciones frías y relativamente secas hasta ~15,000 años ^{14}C AP, niveles lacustres máximos entre ~12,500 y 9,000, pantano salino con condiciones más cálidas entre ~9,000 y 3,000, y un incremento lacustre posterior coincidente con mayor perturbación humana. Lozano-García y Ortega-Guerrero (1994), con una secuencia de 11.27 m que abarca ~24,000 años, documentaron una fase seca y cálida hacia 18,300–17,500 años AP, condiciones más húmedas y frescas con episodios volcánicos hasta ~10,000, expansión de encinos y descenso lacustre en el Holoceno temprano, condiciones subhúmedas y templadas en el Holoceno medio y señales de impacto humano durante los últimos 4,000 años. Estas edades proceden de estudios distintos y no deben armonizarse sin revisar sus modelos de edad.

Watts y Bradbury (1982) documentaron que antes de ~10,000 años AP Chalco fue un pantano somero de agua dulce; que el aumento de humedad efectiva del Holoceno temprano permitió su inundación con agua salobre procedente de Texcoco; y que después de ~5000 años AP esa inundación disminuyó y se restablecieron estanques y pantanos de agua dulce, cambio que coincide con la aparición de polen de *Zea*. Los autores sugirieron un posible control cultural de niveles y salinidad, hipótesis que debe tratarse como tal. Trabajos posteriores refinaron este marco: Caballero y Ortega-Guerrero (1998) reconstruyeron los niveles lacustres de ~40,000 años, Caballero et al. (2019) estimaron salinidad, precipitación y temperatura con diatomeas, y Lozano-García et al. (2015) hallaron que la mayoría de los periodos de alta actividad de fuego coincidió con sequías y que algunos respondieron al volcanismo. Para el Holoceno, Caballero et al. (2025) estudiaron una sección en Tulyehualco, cercana a Zohapilco y Atlapulco, e identificaron condiciones subaéreas durante el evento frío de 8,200 cal AP, un retorno a condiciones más húmedas hacia ~7,500–6,500 cal AP y concentraciones inusualmente altas de carbón que podrían reflejar impacto humano desde el Arcaico medio; señalan además que los sedimentos holocénicos suelen ser incompletos y que la ausencia de polen no equivale a ausencia de plantas. McClung de Tapia (2015) advierte que muchas reconstrucciones generalizan como “impacto humano” señales que admiten otras explicaciones.

Figura 2.
Reconstrtucción de las transformaciónes paleoambientales de Chalco



Nota: *La figura representa una síntesis cualitativa de las principales fases identificadas por Lozano-García y Ortega-Guerrero (1994) a partir de registros polínicos y de susceptibilidad magnética de una secuencia sedimentaria del lago de Chalco.*

Fuente: Elaboración propia con base en la síntesis e interpretación de los registros polínicos y de susceptibilidad magnética de Lozano-García y Ortega-Guerrero (1994). Representación cualitativa; no constituye una reconstrucción cuantitativa de las variables paleoambientales.

2.3. Volcanismo y variabilidad climática

El volcanismo modificó las condiciones locales mediante depósitos de ceniza, alteración de superficies vegetadas y cambios en los escurrimientos, y afecta la conservación de los microfósiles. Las capas de tefra de Chalco y Texcoco, de probable fuente en el Popocatépetl, son horizontes de correlación que deben identificarse antes de atribuir cambios de vegetación al clima o a las personas (Ortega-Guerrero y Newton, 1998). El Popocatépetl produjo erupciones plinianas que afectaron asentamientos prehispánicos (Siebe et al., 1996), aunque sus efectos no fueron homogéneos. La variabilidad climática modificó la extensión de los humedales y la distribución altitudinal de la vegetación, con respuestas distintas entre planicie, piedemonte y montaña.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño de investigación y corpus

El estudio adopta un diseño documental, retrospectivo y multiproxy que articula palinología, arqueobotánica, paleoecología y arqueología del paisaje. Ningún indicador aislado reconstruye el desarrollo temprano de la agricultura: el polen de un taxón potencialmente cultivado no demuestra manejo, y los microcarbones no permiten atribuir automáticamente los incendios a la acción humana. Las inferencias se construyen por convergencia de evidencias independientes. Se trata de una revisión crítica de registros publicados; cualquier análisis nuevo deberá documentarse como fase distinta.

El corpus incluye (a) registros regionales directos (secuencias de Chalco y Tulyehualco, Tlapacoya y Agua El Marrano, y contextos arqueológicos de Zohapilco, El Japón y Atlapulco); (b) registros comparativos mesoamericanos, en especial el Balsas; y (c) inventarios y repositorios: Neotoma (Williams et al., 2018), Latin American Pollen Database (LAPD; Flantua et al., 2015), NCEI-NOAA y la compilación de 25 sitios paleoambientales de la Faja Volcánica Transmexicana de Castro-López et al. (2024). La presencia de un registro en un inventario no se equiparó con disponer de sus datos analíticos. Cada registro se vinculó, en matrices de trazabilidad (bibliográfica y cronológica GEPHIM), con su procedencia, indicadores, cronología e interpretación publicada; las diferencias entre publicaciones se conservaron como registros independientes en lugar de promediarse.

3.2. Escala de inferencia y niveles de confianza

Los registros de *Zea* y de otros taxones de interés agrícola se clasifican en cuatro niveles de inferencia (Tabla 1) que no son etapas lineales y pueden coexistir en espacios y momentos distintos. Los microcarbones se analizan por concentración, frecuencia y distribución estratigráfica, distinguiendo entre cambios en la frecuencia de eventos y en el carbón acumulado (Whitlock y Larsen, 2001), y se asignan a fuego natural, perturbación compatible con origen

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

humano (solo con evidencias independientes de ocupación o manejo) u origen indeterminado. Las reconstrucciones se califican con cuatro niveles de confianza: C1, evidencia directa (registros primarios, muestras fechadas); C2, evidencia convergente de más de una fuente independiente; C3, inferencia contextual; y C4, hipótesis que requiere validación. Los instrumentos de molienda se interpretan como indicadores de procesamiento, sin atribuirlos a una especie salvo identificación directa del material.

Tabla 1.
Escala de inferencia para los registros de *Zea* y otros taxones de interés agrícola.

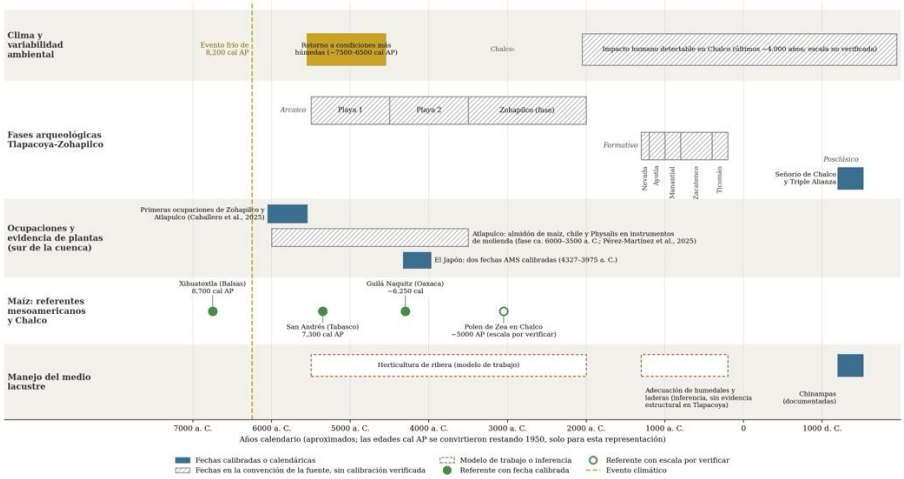
Nivel	Categoría	Evidencia mínima requerida	Lectura admisible
1	Presencia	Identificación del género en un registro paleoecológico.	El taxón está en el entorno del depósito; no se infiere cultivo.
2	Aprovechamiento o manejo probable	Asociación con evidencias arqueológicas o ambientales compatibles con manipulación humana (p. ej., almidones en instrumentos de molienda).	Posible uso o manipulación; requiere confirmación independiente.
3	Cultivo sustentado	Convergencia de indicadores botánicos (fitolitos, almidones, macrorrestos) y arqueológicos.	Prácticas de cultivo sostenidas con más de una línea de evidencia.
4	Sistema agrícola establecido	Continuidad o intensificación productiva con transformaciones territoriales y ecológicas persistentes.	Agricultura consolidada en un espacio y tiempo definidos.

Fuente. Elaboración propia con base en Whitlock y Larsen, 2001.

3.3. Cronología

Las edades se recuperan con sus valores originales, errores, material fechado y contexto, y se distinguen las edades radiocarbónicas convencionales (^{14}C AP), las calibradas (cal AP, con AP referido a 1950) y las expresadas en años a. C. (equivalentes a a. n. e.), conforme a la bibliografía original y sin asumirlas calibradas. Cuando es posible se calibra con IntCal20 (Reimer et al., 2020) y se consideran modelos edad-profundidad bayesianos (Bronk Ramsey, 2009; Blaauw y Christen, 2011). La incertidumbre se conserva como atributo del registro, la edad de un material fechado no se transfiere a todo su contexto y las secuencias no se correlacionan sin evaluar sus modelos cronológicos. Los registros cuyas edades proceden solo de aproximaciones bibliográficas se clasifican como cronologías provisionales, precaución especialmente pertinente para Zohapilco.

Figura 3.
Cronograma comparativo de clima, fases arqueológicas, evidencia de plantas y manejo del medio lacustre



Fuente. Elaboración propia con base en la bibliografía consultada.

RESULTADOS

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

4.1. Inventario y distribución de los registros

Los registros considerados difieren en proximidad al corredor, indicadores y resolución (Tabla 2) y no forman una secuencia continua. La principal limitación es la falta de continuidad espacial y cronológica entre estas fuentes y su cobertura desigual: Chalco tiene antecedentes de larga duración, mientras que la información de piedemonte y montaña es fragmentaria.

Tabla 2.

Inventario preliminar de registros considerados.

Registro y fuente	Indicadores	Alcance y limitaciones
Chalco (Lozano-García et al., 1993; Lozano-García y Ortega-Guerrero, 1994; Caballero y Ortega-Guerrero, 1998)	Polen, diatomeas, susceptibilidad magnética, carbón	Hasta ~24,000 años; marco de larga duración; edades en parte ^{14}C; no fecha por sí solo la agricultura.
Tulyehualco (Caballero et al., 2025)	Diatomeas, polen, carbón, micromorfología	Holoceno cerca de Zohapilco y Atlapulco; sedimentos holocénicos incompletos.
Tlapacoya (LAPD; Flantua et al., 2015)	Polen, diatomeas, fitolitos, algas	~4,800–33,000 años AP†; datos originales por recuperar.
Agua El Marrano (Lozano-García y Vázquez-Selem, 2005)	Polen	Registro de montaña, ~3,000–11,000 años AP†; no equivalente al lacustre.
Zohapilco (Niederberger, 1976, 1979, 1987)	Secuencia lítica y cerámica, restos vegetales	Cronologías y taxones por verificar en fuentes primarias.
San Gregorio Atlapulco, incluido El Japón (McClung de Tapia y Acosta Ochoa, 2015; Pérez-Martínez et al., 2025)	Hogares, fauna, molienda, microrrestos y almidones	Evidencia regional; no transferible sin más a Zohapilco.

† Cobertura según el inventario LAPD; por verificar en las publicaciones originales.

Fuente. Elaboración propia con base a las referencias bibliográficas mencionadas en este trabajo.

4.2. Tlapacoya-Zohapilco: secuencia y cronología

Las fechas pleistocénicas muy antiguas propuestas para Tlapacoya (Lorenzo y Mirambell, 1986) dependen de asociaciones disputadas y no se usan como base de la discusión agrícola. Niederberger (1976, 1987) dividió la secuencia arcaica de Zohapilco en Playa 1 (ca. 5500–4500 a. C.), Playa 2 (ca. 4500–3500 a. C.) y Zohapilco (ca. 3500–2000 a. C.), a partir de la industria lítica y la estratigrafía de playas lacustres, y propuso (1979) comunidades plenamente sedentarias desde al menos el sexto milenio a. C. y una economía sedentaria temprana con plantas manejadas o cultivadas en la fase Zohapilco. Conviene mantener esta subdivisión: la fase Zohapilco corresponde a la etapa final del Arcaico y no a todo el intervalo 5500–1500 a. C. que la divulgación presenta como unidad agrícola. Caballero et al. (2025) sitúan las primeras ocupaciones de Zohapilco y Atlapulco hacia 8,000–7,500 cal AP, en un periodo de dificultad ambiental asociado al evento de 8,200 cal AP; el orden de magnitud es compatible con el inicio de Playa 1, pero las convenciones difieren y no se armonizan hasta verificar la calibración original.

En la secuencia cerámica formativa (Tabla 3), Ayotla marca el tránsito a la vida aldeana plena y Manantial se asocia con influencia de la costa del Golfo en cerámica de estilo olmeca, lo que sitúa esa influencia en el siglo X a. C. y no hacia 1400 a. C. como aparece en textos divulgativos (Niederberger, 1976, 1987; Tolstoy y Paradis, 1970). En el Posclásico la región quedó integrada al Señorío de Chalco y luego a la Triple Alianza, con asentamiento denso y uso agrícola de la ribera (Parsons et al., 1982).

Tabla 3.

Secuencia cronológica y cultural de Tlapacoya-Zohapilco según la bibliografía consultada

Fase o periodo	Fechas	Rasgos principales	Fuente
Playa 1 y 2	ca. 5500–3500 a. C.	Campamentos lacustres; industria lítica; sedentarización incipiente.	Niederberger (1976, 1987)

Fase o periodo	Fechas	Rasgos principales	Fuente
Zohapilco	ca. 3500–2000 a. C.	Economía sedentaria temprana; plantas manejadas o cultivadas.	Niederberger (1976, 1979)
Nevada–Ayotla	ca. 1300–1000 a. C.	Aldea agrícola; arquitectura monumental incipiente.	Niederberger (1976, 1987)
Manantial	ca. 1000–800 a. C.	Influencia de la costa del Golfo (cerámica de estilo olmeca).	Niederberger (1976, 1987); Tolstoy y Paradis (1970)
Zacatenco–Ticomán	ca. 800–200 a. C.	Tradición cerámica compartida con Cuicuilco y otros centros de la cuenca.	Niederberger (1987)
Posclásico	ca. 1200–1521 d. C.	Señorío de Chalco; Triple Alianza.	Parsons et al. (1982)

Fuente: elaboración propia con base en según la bibliografía consultada.

4.3. Evidencia sobre plantas: qué está documentado y qué no

El polen de *Zea* aparece en Chalco hacia ~5000 años AP (Watts y Bradbury, 1982); la identificación de polen de maíz domesticado en Zohapilco se mantiene como antecedente pendiente de verificación en las publicaciones originales (procedimientos de identificación, contexto sedimentario y cronología). Con la evidencia sistematizada, las señales de *Zea* en el corredor se ubican en el nivel 1 (presencia del género); el paso a niveles superiores requiere fitolitos, almidones, macrorrestos, herramientas de procesamiento e indicadores de perturbación en contextos fechados.

El registro arqueológico de Atlapulco aporta la evidencia directa más cercana. En El Japón, McClung de Tapia y Acosta Ochoa (2015) documentaron una ocupación fechada por dos muestras de carbón (AMS) de 5,210 ± 40 y 5,360 ± 40 años AP, con intervalos calibrados de 4225–3975 y 4327–4054 a. C., asociada con hogares, fauna lacustre e instrumentos de molienda poco formalizados (manos, morteros y metates). Los microrrestos preliminares incluyeron *Phaseolus* sp., *Capsicum* sp. y *Canna indica*, sin permitir afirmar cultivo local de maíz. Más recientemente, Pérez-Martínez et al. (2025) combinaron análisis de huellas de uso y de residuos de almidón en instrumentos de molienda de San Gregorio Atlapulco, ocupado durante la transición hacia las aldeas tempranas (ca. 6000–3500 a. C.), e identificaron almidones de maíz (*Zea mays*), chile (*Capsicum*) y *Physalis*, entre otros taxones (INAH, 2025).

Estos resultados superan el carácter preliminar de los datos de 2015 y documentan procesamiento de maíz en una economía lacustre mixta, pero son evidencia regional, no transferible automáticamente a Tlapacoya; la correspondencia entre los contextos de El Japón y los instrumentos de 2025 debe confirmarse en las fuentes primarias. En la escala propuesta se ubican en el nivel 2 (procesamiento y aprovechamiento) y no en el 3, porque aún no convergen macrorrestos ni fechamientos directos del maíz (Tabla 4).

Dado que el maíz se domesticó en el Balsas, el que aparece en la Cuenca de México es, con alta probabilidad, una planta ya domesticada llegada por difusión e incorporada gradualmente a economías en las que los recursos lacustres seguían siendo centrales; es una inferencia, no una observación realizada en Zohapilco. La fauna de Tlapacoya (Lorenzo y Mirambell, 1986) respalda una economía mixta, con caza y pesca lacustres.

Tabla 4.

Evidencia disponible sobre plantas útiles en el sur de la Cuenca de México y nivel de inferencia asignado.

Taxón	Evidencia	Nivel y estatus
Zea (polen)	Aparición en Chalco hacia ~5000 años AP (Watts y Bradbury, 1982); reportes en Zohapilco (Niederberger, 1979).	Nivel 1; Zohapilco por verificar.
Zea mays (almidón)	Instrumentos de molienda de Atlapulco (Pérez-Martínez et al., 2025).	Nivel 2; evidencia regional.
Capsicum, *Physalis*	Almidones en instrumentos de Atlapulco (Pérez-Martínez et al., 2025).	Nivel 2; sin confirmar en Zohapilco.
Phaseolus, camote, ñame	Microrrestos preliminares (McClung de Tapia y Acosta Ochoa, 2015); boletín del INAH (2025).	Por verificar en la fuente original.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

Taxón	Evidencia	Nivel y estatus
Cucurbita, *Amaranthus*, chía, chayote	Atribuidos al Arcaico del sur de la cuenca en la literatura general.	Sin respaldo primario verificado; puede reflejar recolección o manejo, no siembra.

Fuente: elaboración propia con base en según la bibliografía consultada.

4.4. Fuego, perturbación y volcanismo

Los microcarbones no distinguen por sí solos entre incendios naturales y quemas humanas, y su concentración puede responder a transporte atmosférico, redeposición o actividad volcánica. En Chalco los periodos de más fuego se asocian principalmente con sequías y en parte con el volcanismo (Lozano-García et al., 2015), y las altas concentraciones de carbón del Holoceno medio en Tulyehualco son compatibles con impacto humano, pero no lo prueban (Caballero et al., 2025). Una interpretación antrópica exige correspondencia con menos componentes arbóreos, más taxones de espacios abiertos, presencia de *Zea* u otros cultivos y evidencia arqueológica de ocupación. No existe aún una serie integrada y verificada que permita fechar quemas agrícolas en el corredor, ni una correlación cuantitativa entre anomalías climáticas, cambios lacustres, episodios volcánicos y transformación de prácticas agrícolas.

DISCUSIÓN

5.1. De la domesticación a la incorporación regional del cultivo

Conviene separar tres procesos que suelen confundirse: la domesticación del maíz, su dispersión y su incorporación a sistemas productivos locales. Los datos del Balsas (Piperno et al., 2007, 2009; Ranere et al., 2009) no pueden trasladarse a Chalco sin evidencia local. Que San Andrés requiriera fitolitos para confirmar un maíz que el polen no distinguía del teocintle (Pohl et al., 2007) ofrece un modelo metodológico: la convergencia de proxies, y no la presencia polínica, sostiene la inferencia agrícola.

Para el corredor, los antecedentes más sugerentes proceden de los sitios lacustres del sur de la cuenca. Si las ocupaciones tempranas de Zohapilco y Atlapulco se sitúan en el Arcaico medio y coinciden con condiciones ambientales difíciles y altas concentraciones de carbón (Caballero et al., 2025), el escenario plausible es el de grupos que aprovecharon márgenes lacustres cambiantes mediante un manejo vegetal diversificado, y no el de una agricultura de maíz consolidada. Los almidones de Atlapulco, con una antigüedad superior a 6,000 años según el INAH (2025), indican que el maíz ya formaba parte de ese repertorio, sin demostrar su cultivo local.

Esta lectura es coherente con la hipótesis de trabajo, pero sigue siendo una inferencia de nivel C3 o C4 mientras no se verifiquen cronologías y contextos originales. Así, la sedentarización del sur de la cuenca no fue una respuesta lineal a condiciones favorables, sino un proceso iniciado en medio de variabilidad climática y apoyado en la diversidad del mosaico lacustre, con la agricultura como complemento. Tlapacoya-Zohapilco no registra “el momento exacto” de la transición: su valor reside en una secuencia larga que permite observar procesos graduales, aunque dependa de excavaciones de hace varias décadas, hoy mejorables con AMS, flotación y análisis de almidones y fitolitos.

5.2. Equifinalidad y explicaciones alternativas

El principal resultado metodológico es la dificultad de atribuir cambios ambientales a la agricultura. La disminución del bosque, el aumento de carbón y la expansión de herbáceas pueden producirse por sequía, por erupciones o por quemas humanas, y las tres causas pudieron actuar a la vez. La tefra del Popocatépetl afecta además la preservación y la interpretación de los microfósiles (Ortega-Guerrero y Newton, 1998). Cualquier atribución antrópica debe demostrar convergencia temporal y espacial entre indicadores independientes y descartar explícitamente las explicaciones alternativas.

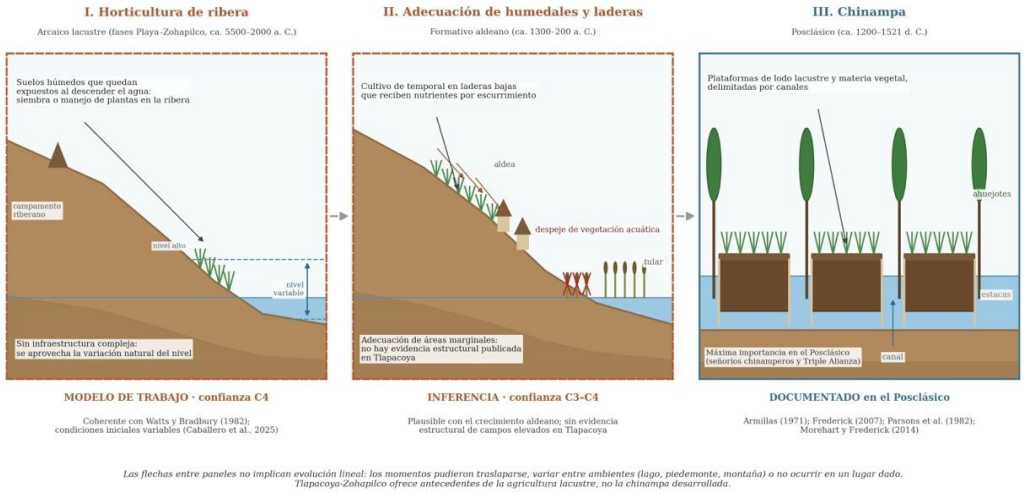
5.3. Manejo del medio lacustre: un modelo en tres momentos

Como modelo de trabajo, y no como secuencia demostrada, puede proponerse una trayectoria de manejo del medio lacustre en tres momentos. En el Arcaico, la horticultura de ribera habría aprovechado las variaciones naturales del nivel lacustre —suelos húmedos expuestos al descender el agua— sin infraestructura compleja, modelo coherente con Watts y Bradbury (1982), aunque Caballero *et al*. (2025), muestran que las condiciones iniciales fueron más variables que una imagen de abundancia constante. Con el crecimiento aldeano del Formativo es razonable inferir la adecuación de áreas marginales, como el despeje de vegetación acuática y el cultivo de temporal en laderas bajas que recibían nutrientes por escurrimiento; sin embargo, no se dispone de evidencia estructural publicada de campos elevados formativos en Tlapacoya, por lo que este momento sigue siendo inferencia.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

La chinampa consiste en plataformas de cultivo de lodo lacustre y materia vegetal, delimitadas por canales y estabilizadas con estacas y ahuejotes (Armillas, 1971; Frederick, 2007). Aunque algunos autores han planteado un origen formativo, los campos elevados fechados con seguridad corresponden al Posclásico temprano y medio, y el sistema alcanzó su máxima importancia bajo los señoríos chinamperos y la Triple Alianza (Parsons et al., 1982); en el norte de la cuenca, Morehart y Frederick (2014), documentaron, mediante teledetección, excavación y fechamiento AMS, un sistema de campos elevados anterior al dominio mexica, en el entorno de Xaltocan. Tlapacoya-Zohapilco ofrece, por tanto, antecedentes de la agricultura lacustre, no la chinampa desarrollada; cifras divulgativas como «siete cosechas al año» carecen de respaldo cuantitativo.

Figura 4.
Esquema conceptual del manejo del medio lacustre en tres momentos (cortes transversales)



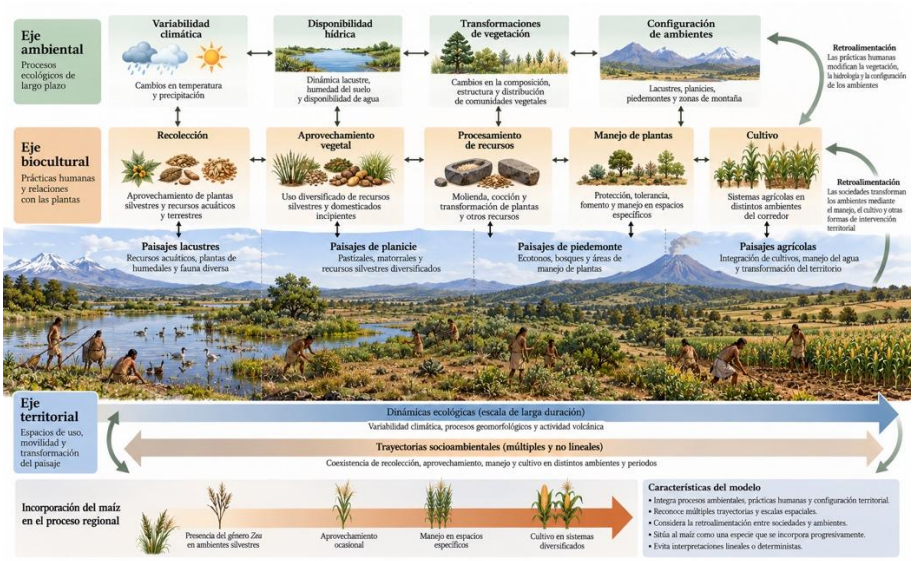
Fuente: elaboración propia a partir de Watts y Bradbury (1982); Caballero, *et al*. (2025); Armillas, 1971; Parsons, *et al*., 1982; Morehart y Frederick (2014).

5.4. Heterogeneidad territorial, paisajes maiceros y patrimonio biocultural

La coexistencia de lago, piedemonte y montaña en pocos kilómetros hace esperables ritmos diferenciados de ocupación, manejo y cultivo, como sugieren los patrones de asentamiento regionales (Parsons et al., 1982; Sanders et al., 1979), y obliga a evitar una historia agrícola reducida a un solo cultivo. Los paisajes maiceros históricos no son consecuencia inevitable de la domesticación del maíz, sino resultado de procesos posteriores de apropiación, selección, adaptación y reorganización territorial. Esta distinción tiene relevancia actual: los paisajes agrícolas son también territorios bioculturales donde se expresan alimentación, ambiente, trabajo y memoria colectiva (Toledo y Barrera-Bassols, 2008; Boege, 2008). Las razas Chalqueño, Cónico y Cacahuacintle (Wellhausen et al., 1951) persisten en las milpas de la Región de los Volcanes, pero ello no demuestra continuidad genética con los maíces del Arcaico o del Formativo, y sus hipótesis de origen son propuestas de esos autores, no hechos arqueológicos. Lo documentado es una larga historia de uso del paisaje lacustre y de plantas cultivadas; la continuidad genética y de manejo con los sistemas actuales permanece como hipótesis.

Figura 5.
Modelo de integración histórico- ambiental: de los paisajes vegetales a los paisajes agrícolas

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH



Fuente: Elaboración propia a partir de la integración conceptual de los enfoques de historia ambiental y construcción de nicho, con base en Rivera-González y Jiménez-Zamora (2024), y en la evidencia paleoambiental, arqueológica y arqueobotánica revisada para el corredor Chalco–Popocatépetl.

LIMITACIONES Y AGENDA DE INVESTIGACIÓN

La reconstrucción se apoya en la revisión crítica de registros publicados y no constituye un informe de nuevos análisis de laboratorio. Sus limitaciones son la distribución desigual de los registros, la heterogeneidad de métodos, la mezcla de edades ^{14}C, calibradas y arqueológicas, la ambigüedad taxonómica de *Zea* y la verificación insuficiente de antecedentes secundarios. Se proponen cinco líneas prioritarias:

1. Recuperar y evaluar los registros paleoecológicos originales de Chalco, Tlapacoya y Agua El Marrano, con sus tablas de datos, perfiles y fechamientos, verificando los metadatos de Neotoma y NCEI-NOAA.
2. Verificar en Niederberger (1976, 1979, 1987) y Lorenzo y Mirambell (1986) los taxones, contextos estratigráficos y fechas realmente reportados para Zohapilco, incluida la notación (a. C., cal AP).
3. Fechar directamente por AMS macrorrestos de maíz y otras plantas, analizar almidones y fitolitos en los instrumentos de molienda de Zohapilco con protocolos que distingan la presencia de *Zea* del maíz domesticado, y reanalizar el material arqueobotánico y zooarqueológico de las colecciones del INAH.
4. Construir una base de datos georreferenciada con coordenadas, intervalos cronológicos, métodos de datación y niveles de confianza, conservando las cronologías originales y documentando toda calibración.
5. Comparar las trayectorias de la planicie lacustre, los piedemontes y la montaña con resolución temporal diferenciada, evitando modelos evolutivos lineales.

CONCLUSIÓN

La historia ambiental de la agricultura en el corredor Chalco–Popocatépetl debe construirse como un proceso socioecológico de larga duración, no a partir de una fecha fundacional ni de una explicación monocausal. De la revisión se desprenden seis conclusiones. Primera, la secuencia de Chalco es un marco robusto de las condiciones que acompañaron las transformaciones humanas, pero no fecha por sí sola el inicio de la agricultura. Segunda, la antigüedad del maíz en el Balsas es un referente regional que no demuestra su cultivo en Chalco. Tercera, el polen de *Zea* debe leerse como presencia del género hasta contar con evidencias independientes, y los almidones de Atlapulco documentan procesamiento de maíz, chile y *Physalis* en economías lacustres mixtas, pero no un sistema agrícola consolidado. Cuarta, microcarbones, vegetación y sedimentos solo sustentan una interpretación agrícola si convergen y se descartan el volcanismo, el clima y la dinámica hidrológica. Quinta, Tlapacoya-Zohapilco conserva una secuencia larga que va del Arcaico lacustre a las aldeas formativas y al Posclásico chalca, útil para estudiar la sedentarización y la agricultura incipiente, aunque varias fechas muy difundidas son discutidas y deben citarse con cautela. Sexta, el manejo del lago pasó de la horticultura de ribera a adecuaciones más intensas, y la chinampa desarrollada corresponde al Posclásico: el Formativo aporta antecedentes, no el sistema completo.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
E-ISSN: 3122-4784 P-ISSN: 3122-4792
AXIOM RESEARCH

Con todo, las evidencias reunidas permiten plantear, como hipótesis abierta y no como resultado demostrado, que los sitios lacustres del sur de la Cuenca de México (Tlapacoya-Zohapilco, San Gregorio Atlapulco y El Japón) hayan sido uno de los ámbitos tempranos donde el maíz domesticado en el Balsas se incorporó, de manera gradual y diversificada, a economías de recursos lacustres, y desde donde el cultivo pudo extenderse hacia otros sectores del centro de México y, dentro del corredor Chalco–Popocatépetl, hacia los piedemontes y la montaña. La hipótesis se apoya en el procesamiento de maíz documentado en Atlapulco, en la larga secuencia ocupacional de Zohapilco y en la consolidación de las aldeas formativas, pero seguirá siendo una inferencia de confianza C3–C4 mientras no se fechen directamente macrorrestos de maíz, no se verifiquen las cronologías originales de Zohapilco y no se contraste con registros de piedemonte y montaña. Someterla a prueba, y eventualmente descartarla, es lo que orienta la agenda propuesta.

Por lo anterior, la aportación principal es un marco que hace explícitos los niveles de inferencia y de confianza, para que interpretaciones plausibles no se presenten como hechos comprobados de manera presurosa. Con la evidencia actual no es posible fijar una fecha definitiva para el inicio de la agricultura en el corredor; avanzar dependerá de ampliar los registros primarios, fortalecer la identificación arqueobotánica y establecer correlaciones cronológicas y espaciales verificables. En esa medida, Tlapacoya-Zohapilco y Atlapulco no deben leerse como el punto de partida demostrado de la agricultura regional, sino como los contextos donde la pregunta puede formularse con mayor precisión y someterse a prueba. Hacerlo permitirá, además, vincular la historia profunda del manejo del lago con los paisajes maiceros y el patrimonio biocultural de la Región de los Volcanes sobre bases empíricas más sólidas.

REFERENCIAS

- Armillas, P. (1971). Gardens on swamps. *Science, 174*(4010), 653–661.
- Blaauw, M., & Christen, J. A. (2011). Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis, 6*(3), 457–474.
- Boege, E. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia; Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.
- Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon, 51*(1), 337–360.
- Caballero, M., Lozano-García, S., Ortega-Guerrero, B., & Correa-Metrio, A. (2019). Quantitative estimates of orbital and millennial scale climatic variability in central Mexico during the last ~40,000 years. *Quaternary Science Reviews, 205*, 62–75.
- Caballero, M., & Ortega-Guerrero, B. (1998). Lake levels since about 40,000 years ago at Lake Chalco, near Mexico City. *Quaternary Research, 50*(1), 69–79.
- Caballero, M., Soler, A. M., Ortega, B., Lozano-García, S., Montero, D., & Torres, E. (2025). Environmental changes in central Mesoamerica in the Archaic and Formative periods. *Vegetation History and Archaeobotany*.
- Castro-López, V., Rodríguez, L. J., & Vázquez-Castro, G. (2024). Pollen database as a tool for paleoclimate interpretation: The case of the Trans-Mexican Volcanic Belt, Central México. En R. Guerrero-Arenas & E. Jiménez-Hidalgo (Eds.), *Past environments of Mexico* (pp. 439–465). Springer.
- Flantua, S. G. A., Hooghiemstra, H., Grimm, E. C., Behling, H., Bush, M. B., González-Arango, C., … Van Boxel, J. H. (2015). Updated site compilation of the Latin American Pollen Database. *Review of Palaeobotany and Palynology, 223*, 104–115.
- Frederick, C. D. (2007). Chinampa cultivation in the Basin of Mexico: Observations on the evolution of form and function. En T. L. Thurston & C. T. Fisher (Eds.), *Seeking a richer harvest* (pp. 107–124). Springer.
- Holst, I., Moreno, J. E., & Piperno, D. R. (2007). Identification of teosinte, maize, and *Tripsacum* in Mesoamerica by using pollen, starch grains, and phytoliths. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(45), 17608–17613.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia. (2025, 15 de enero). *Identifican restos de maíz en artefactos de molienda de más de 6,000 años, hallados en sitio hoy ocupado por Xochimilco* (Boletín núm. 22). INAH.
- Lorenzo, J. L., & Mirambell, L. (Coords.). (1986). *Tlapacoya: 35,000 años de historia del lago de Chalco*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Lozano-García, M. S., Ortega-Guerrero, B., Caballero-Miranda, M., & Urrutia-Fucugauchi, J. (1993). Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments of Chalco Lake, central Mexico. *Quaternary Research, 40*(3), 332–342.
- Lozano-García, M. S., & Ortega-Guerrero, B. (1994). Palynological and magnetic susceptibility records of Lake Chalco, central Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 109*(2–4), 177–191.

- Lozano-García, S., Roy, P. D., Torres-Rodríguez, E., Correa-Metrio, A., Beramendi-Orosco, L. E., Ortega, B., & Caballero, M. (2015). Last Glacial droughts and fire regimes in the central Mexican highlands. *Journal of Quaternary Science, 30*, 88–99.
- Lozano-García, S., & Vázquez-Selem, L. (2005). A high-elevation Holocene pollen record from Iztaccíhuatl Volcano, central Mexico. *The Holocene, 15*(3), 329–338.
- Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M. M., Sanchez G., J., Buckler, E., & Doebley, J. (2002). A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 99*(9), 6080–6084.
- McClung de Tapia, E. (2015). Holocene paleoenvironment and prehispanic landscape evolution in the Basin of Mexico. *Ancient Mesoamerica, 26*(2), 375–389.
- McClung de Tapia, E., & Acosta Ochoa, G. (2015). Una ocupación del periodo de agricultura temprana en Xochimilco (ca. 4200–4000 a.n.e.). *Anales de Antropología, 49*(2), 299–315.
- Morehart, C. T., & Frederick, C. D. (2014). The chronology and collapse of pre-Aztec raised field (chinampa) agriculture in the northern Basin of Mexico. *Antiquity, 88*(340), 531–548.
- Niederberger, C. (1976). *Zohapilco: Cinco milenios de ocupación humana en un sitio lacustre de la Cuenca de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Niederberger, C. (1979). Early sedentary economy in the Basin of Mexico. *Science, 203*(4376), 131–142.
- Niederberger, C. (1987). *Paléopaysages et archéologie pré-urbaine du Bassin de Mexico* (2 vols.). Centre d'Études Mexicaines et Centraméricaines.
- Ortega-Guerrero, B., & Newton, A. J. (1998). Geochemical characterization of Late Pleistocene and Holocene tephra layers from the Basin of Mexico, central Mexico. *Quaternary Research, 50*(1), 90–106.
- Parsons, J. R., Brumfiel, E., Parsons, M. H., & Wilson, D. J. (1982). *Prehispanic settlement patterns in the southern valley of Mexico: The Chalco-Xochimilco region* (Memoirs of the Museum of Anthropology No. 14). University of Michigan.
- Pérez-Martínez, P., Acosta-Ochoa, G., Cruz-Palma, J. E., Reyes-Armella, M. A., & Domínguez-Zannie, P. (2025). Archaic grinding stone tools in the basin of Mexico: A study through use-wear analysis and micro-residues. *Journal of Archaeological Science: Reports, 61*.
- Piperno, D. R. (2006). *Phytoliths: A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. AltaMira Press.
- Piperno, D. R. (2011). The origins of plant cultivation and domestication in the New World tropics. *Current Anthropology, 52*(S4), S453–S470.
- Piperno, D. R., & Flannery, K. V. (2001). The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 98*(4), 2101–2103.
- Piperno, D. R., Moreno, J. E., Iriarte, J., Holst, I., Lachniet, M., Jones, J. G., … Castanzo, R. (2007). Late Pleistocene and Holocene environmental history of the Iguala Valley, Central Balsas Watershed of Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(29), 11874–11881.
- Piperno, D. R., Ranere, A. J., Holst, I., Iriarte, J., & Dickau, R. (2009). Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(13), 5019–5024.
- Pohl, M. E. D., Piperno, D. R., Pope, K. O., & Jones, J. G. (2007). Microfossil evidence for pre-Columbian maize dispersals in the neotropics from San Andrés, Tabasco, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(16), 6870–6875.
- Ranere, A. J., Piperno, D. R., Holst, I., Dickau, R., & Iriarte, J. (2009). The cultural and chronological context of early Holocene maize and squash domestication in the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(13), 5014–5018.
- Reimer, P. J., et al. (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon, 62*(4), 725–757.
- Rivera-González, I., & Jiménez-Zamora, T. (2024). Some palynological considerations in the environmental history. En R. Guerrero-Arenas & E. Jiménez-Hidalgo (Eds.), *Past environments of Mexico* (pp. 241–252). Springer.
- Sanders, W. T., Parsons, J. R., & Santley, R. S. (1979). *The Basin of Mexico: Ecological processes in the evolution of a civilization*. Academic Press.
- Siebe, C., Abrams, M., Macías, J. L., & Obenholzner, J. (1996). Repeated volcanic disasters in Prehispanic time at Popocatépetl, central Mexico: Past key to the future? *Geology, 24*(5), 399–402.

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH

- Sluyter, A., & Domínguez, G. (2006). Early maize (*Zea mays* L.) cultivation in Mexico: Dating sedimentary pollen records and its implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 103*(4), 1147–1151.
- Smith, B. D. (2001). Low-level food production. *Journal of Archaeological Research, 9*(1), 1–43.
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria.
- Tolstoy, P., & Paradis, L. I. (1970). Early and Middle Preclassic culture in the Basin of Mexico. *Science, 167*(3916), 344–351.
- van Heerwaarden, J., Doebley, J., Briggs, W. H., Glaubitz, J. C., Goodman, M. M., Sánchez González, J. J., & Ross-Ibarra, J. (2011). Genetic signals of origin, spread, and introgression in a large sample of maize landraces. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(3), 1088–1092.
- Watts, W. A., & Bradbury, J. P. (1982). Paleoecological studies at Lake Patzcuaro on the west-central Mexican plateau and at Chalco in the Basin of Mexico. *Quaternary Research, 17*(1), 56–70.
- Wellhausen, E. J., Roberts, L. M., Hernández X., E., & Mangelsdorf, P. C. (1951). *Races of maize in Mexico: Their origin, characteristics and distribution*. Bussey Institution, Harvard University.
- Whitlock, C., & Larsen, C. (2001). Charcoal as a fire proxy. En J. P. Smol, H. J. B. Birks, & W. M. Last (Eds.), *Tracking environmental change using lake sediments: Vol. 3* (pp. 75–97). Kluwer.
- Williams, J. W., et al. (2018). The Neotoma Paleoecology Database, a multiproxy, international, community-curated data resource. *Quaternary Research, 89*(1), 156–177.
- Zeder, M. A. (2015). Core questions in domestication research. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(11), 3191–3198.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) USE STATEMENT

The authors declare that the generative artificial intelligence tool ChatGPT was used solely for English-language translation and linguistic editing of the manuscript. The tool did not contribute to the conception of the study, research design, data collection, statistical analysis, interpretation of the findings, or the formulation of the conclusions. The authors take full responsibility for the originality, accuracy, integrity, and scientific validity of the content presented in this manuscript.

FUNDING:

This research received no specific grant or financial support from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declare that they have no financial, personal, professional, or institutional conflicts of interest that could have influenced the conduct, findings, or publication of this research.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Data curation: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Formal analysis: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Research: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Methodology: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Project management: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas.
Resources: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Software: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Supervision: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Validation: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Visualization: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Writing – original draft: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas
Writing – review and editing: Eduardo Sánchez Jiménez, Gloria Isabel León Rojas

Edition 2, Year 1, Number 2, 2026
P-ISSN: 3122-4792
E-ISSN: 3122-4784
AXIOM RESEARCH