



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

**PALEOETNOBOTÁNICA DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS
EN EL XALTOCAN POSCLÁSICO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ELIA MATÍAS HERNÁNDEZ

TUTORA: DRA. EMILY SEITZ MCCLUNG HEUMANN.
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS, UNAM.

COMITÉ TUTOR: DR. ANTONIO LOT HELGUERAS.
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM.

COMITÉ TUTOR: DRA. HEIKE DORA MARIE VIBRANS LINDEMANN.
COLEGIO DE POSTGRUADOS.

CD. MX., SEPTIEMBRE DE 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

**PALEOETNOBOTÁNICA DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS
EN EL XALTOCAN POSCLÁSICO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ELIA MATÍAS HERNÁNDEZ

**TUTORA: DRA. EMILY SEITZ MCCLUNG HEUMANN.
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS, UNAM.**

**COMITÉ TUTOR: DR. ANTONIO LOT HELGUERAS.
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM.**

**COMITÉ TUTOR: DRA. HEIKE DORA MARIE VIBRANS LINDEMANN.
COLEGIO DE POSTGRUADOS.**

MÉXICO, CD. MX., SEPTIEMBRE DE 2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN ACADÉMICA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

OFICIO FCIE/DAIP/845/2018

ASUNTO: Oficio de Jurado

Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **11 de junio de 2018** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Manejo Integral de Ecosistemas** del (la) alumno(a) **MATÍAS HERNÁNDEZ ELIA** con número de cuenta **91185545** con la tesis titulada "**Paleoetnobotánica de las plantas acuáticas y subacuáticas en el Xaltocan Posclásico**", realizada bajo la dirección del (la) **DRA. EMILY SEITZ MCCLUNG HEUMANN**:

Presidente: DRA. GUADALUPE JUDITH MÁRQUEZ GUZMÁN
Vocal: DR. ROBERT ARTHUR BYE BOETTLER
Secretario: DR. ANTONIO LOT HELGUERAS
Suplente: DR. CRISTOPHER TODD MOREHART
Suplente: DRA. HEIKE DORA MARIE VIBRANS LINDEMANN

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 3 de septiembre de 2018



DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA
COORDINADOR DEL PROGRAMA



AGNS/VMVA/ASR/ipp

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de los estudios de Maestría, número (CVU/Becario): 545333/294529.

Al Programa de Apoyo a Estudiantes de Posgrado (PAEP) por el apoyo económico otorgado para la realización de la estancia de investigación en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR, IPN) Unidad Durango, en el mes de octubre de 2015.

A la Dra. Emily McClung tutora principal de esta tesis, agradezco su dirección, apoyo y enseñanzas en el tema, especialmente su amabilidad, confianza e impulso en estos años.

Al Dr. Antonio Lot y a la Dra. Heike Vibrans, miembros de comité tutorial por su valiosa colaboración y asesoría en este proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Agradezco especialmente al Dr. Antonio Lot, una persona digna de admiración, haberme compartido pláticas y reflexiones con inteligencia y excepcional bondad y sensibilidad. Dr. Lot, ha sido un honor conocerlo, yo gané mucho con su presencia.

A los miembros del jurado: Dra. Judith Márquez, Dr. Robert Bye, Dr. Antonio Lot, Dr. Christopher Morehart y Dra. Heike Vibrans por su tiempo en la lectura, correcciones y comentarios que mejoraron la tesis.

Dr. Bye, le agradezco su solidaria disposición en proporcionarme con conocimiento y claridad su apoyo en la última etapa de este escrito, que de forma esencial contribuyó a enriquecerlo.

A la Dra. Socorro González, le agradezco haberme compartido un espacio en el Herbario del CIIDIR, IPN, Unidad Durango, y sus conocimientos sobre Cyperaceae, durante la grata estancia de investigación, pero sobre todo su amistad e inmensa generosidad.

A la Biól. Susana Guzmán Gómez, del laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad del Instituto de Biología, UNAM, por su gentil asesoría técnica para efectuar la fotomicrografía de los frutos presentados en este trabajo.

Al personal del Herbario Nacional (MEXU), Instituto de Biología, UNAM, por brindarme amablemente el servicio de consulta de los ejemplares para este trabajo.

Al todas las personas del Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, que en diferentes momentos y espacios me brindaron su amistad y apoyo. Particularmente a los técnicos del Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente Diana, Cristina y Emilio.

A mis amigos que siempre me han acompañado en la vida: Paty Hernández, Omar Hernández, Isabel Arenas, Luz Palacios, Pavka Patiño, Dany Pérez, Maribel García, Tonalli, José Carlos, Álvaro Martínez, Uriel Jiménez, Andrés García, Huguito Sánchez, Héctor. También a mis amigos de las clases de náhuatl y de las clases de cine.

DEDICADA A

Mi padre Apolinar Matías †

Por darme las pautas para recorrer mi camino, su amor es inextinguible

Joaquín Rodríguez †

Espléndido y memorable maestro de cine

José León y Christopher Silva †

Amigos entrañables

Mi familia:

Mi madre Dominga, por su infinita ternura

A mis hermanos Javier, Fernando, Alejandro y Paola (y sus familias) por su cariño

Alfredo Saynes,

Por formar parte de mi vida

y por la alegría de estar juntos recorriendo nuestro camino

(Alfred, gracias por tu solidaridad y tranquilidad, esta tesis también es tuya)

Luz y silencio

Todo lo que has perdido, me dijeron,
es tuyo.

Y ninguna memoria recordaba que es cierto.

Todo lo que destruyes, afirmaron,
te hiere.

Traza una cicatriz que no lava el olvido.

Todo lo que has amado, sentenciaron,
ha muerto.

Porque en la sombra hay algo que acabó para
siempre.

Todo lo que creíste, repitieron,
es falso.

Cayeron las palabras con que empezó el tiempo.

Todo lo que has perdido, concluyeron,
Es tuyo.

Una luz fugitiva anegará el silencio.

José Emilio Pacheco, *Tarde o temprano* (1980).

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO UNO. INTRODUCCIÓN	4
Planteamiento y justificación	4
Objetivos	5
LA PALEOETNOBOTÁNICA: LA ETNOBOTÁNICA DEL PASADO	5
Tipos de restos botánicos	6
Los macrorrestos botánicos: deposición y preservación	6
La cuantificación y el análisis paleoetnobotánico.....	8
GENERALIDADES DEL FRUTO	8
GENERALIDADES DE LA CUENCA DE MÉXICO	9
El escenario vegetal.....	9
El escenario histórico	11
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO: EL LAGO Y LA ISLA DE XALTOCAN	14
El lago de Xaltocan, un hábitat lacustre con ocupación humana	14
La isla de Xaltocan, mil años de historia y de huella arqueológica	15
Las chinampas de Xaltocan: las más extensas del periodo pre-mexica en la Cuenca de México	19
LAS PLANTAS Y LA ARQUEOLOGÍA EN LA CUENCA DE MÉXICO. SÍNTESIS DE LAS INVESTIGACIONES	20
Macrorrestos botánicos en la Cuenca de México y en Xaltocan	22
LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS HERBÁCEAS DE MÉXICO. FLORA Y VEGETACIÓN	24
Generalidades de la familia Cyperaceae	25
Síntesis de las investigaciones sobre la flora y la vegetación hidrófita en la Cuenca de México	26
Estado actual de las plantas acuáticas en el Estado de México.....	27
CAPÍTULO DOS. MÉTODOS	29
PROCEDENCIA Y SELECCIÓN DE LOS MACRORRESTOS BOTÁNICOS	29
LA IDENTIFICACIÓN PALEOETNOBOTÁNICA DE LOS MACRORRESTOS	30
La identificación, la morfología vegetal y los caracteres	30

Análisis de la morfología externa de los frutos arqueológicos	30
Cotejo con las descripciones taxonómicas	32
Cotejo con los ejemplares del Herbario Nacional (MEXU).....	36
Cotejo entre las imágenes de frutos actuales y frutos arqueológicos mediante la fotomicrografía...46	
Consulta con la especialista de Cyperaceae, y la delimitación de especies	46
Cotejo con algunos ejemplares de colecta botánica	56
LA SISTEMATIZACIÓN DE LOS MACRORRESTOS.....	56
LA CARBONIZACIÓN EXPERIMENTAL DE AQUENIOS ACTUALES DE <i>Schoenoplectus americanus</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i>	57
Tratamiento estadístico del tamaño de los aquenios de <i>Schoenoplectus americanus</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i> a partir de la carbonización experimental.....	58
CAPÍTULO TRES. RESULTADOS	59
ESPECIES, FLORA Y VEGETACIÓN HIDRÓFITAS DEL ANTIGUO XALTOCAN	59
Los tipos de preservación de los macrorrestos registrados	62
La desecación y la mineralización	62
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS FRUTOS ARQUEOLÓGICOS DE 12 ESPECIES XALTOCAN Y ACTUALES DEL MEXU.....	63
LA FRECUENCIA RELATIVA DE 12 ESPECIES DEL ANTIGUO XALTOCAN	76
La presencia de las especies en las muestras arqueológicas.....	76
La distribución espacial de las especies	76
La distribución temporal de las especies.....	76
PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS ÚTILES DEL ANTIGUO XALTOCAN.....	81
Respuestas de los aquenios de <i>Schoenoplectus americanus</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i> a la carbonización experimental y resultados estadísticos de la reducción del tamaño	83
CAPÍTULO CUATRO. DISCUSIÓN	87
FLORA Y VEGETACIÓN HIDRÓFITA DEL ANTIGUO XALTOCAN.....	87
Familias y especies.....	87
Hábitat, formas de vida y el reconocimiento de la vegetación	89
El tular	90
La vegetación sumergida.....	90
Otros tipos de vegetación	91
Xaltocan: un lago con hidrófitas de agua salobre, alcalina y léntica.....	91

EL ANTIGUO PUEBLO LACUSTRE DE XALTOCAN ASOCIADO CON LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS	92
El fuego en Xaltocan y la carbonización de las plantas	92
Información etnobotánica de las especies a partir de la literatura.....	94
Los tules del Códice Florentino	96
Significado de la presencia de <i>Cyperus manimae</i> , <i>Polygonum capitatum</i> , <i>Polygonum punctatum</i> y <i>Polygonum lapathifolium</i>	98
Distribución espacial de las especies	99
Distribución temporal de las especies	100
ETNOBOTÁNICA DE OCHO PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS DEL ANTIGUO PUEBLO DE XALTOCAN	103
LA CESTERÍA EN LAS UNIDADES DOMÉSTICAS DEL ANTIGUO XALTOCAN	106
CAPÍTULO CINCO. CONCLUSIONES	108
LITERATURA CITADA	110
ANEXOS	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. La Cuenca de México durante la época prehispánica (Overholtzer 2014)	11
Figura 2. El espacio geográfico de Mesoamérica (Kirchhoff 1967)	12
Figura 3. Mapa del lago de Xaltocan durante el Posclásico (Frederick et al. 2005).....	15
Figura 4. Reconstrucción de la isla de Xaltocan y la ubicación de los pozos de excavación (Miller, 2007; Brumfiel 2009; Overholtzer 2014).....	16
Figura 5. Ubicación y distribución de las chinampas al sur de Xaltocan (Morehart 2012a).....	20
Figura 6. <i>Cyperus manimae</i> . Arriba fruto arqueológico desecado de Xaltocan (excavación G, nivel 1). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual <i>A. Ventura.172</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	64
Figura 7. <i>Eleocharis densa</i> . Arriba fruto arqueológico mineralizado de Xaltocan (excavación PC 4C, nivel 12). Periodo Colonial Temprano. Abajo fruto actual <i>A. Novelo y L. Ramos 3887</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	65
Figura 8. <i>Eleocharis macrostachya</i> . Arriba fruto arqueológico mineralizado de Xaltocan (excavación PC 4C, nivel 11). Periodo Colonial Temprano. Abajo fruto actual <i>A. Novelo 786</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	66
Figura 9. <i>Schoenoplectus americanus</i> . Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Y5, nivel 13). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual <i>A. Novelo 4343</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	67
Figura 10. <i>Schoenoplectus californicus</i> . Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación ZOC C, nivel 7). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual <i>L. Wolfgang 2460</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	68
Figura 11. <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> . Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Z2, nivel 25). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual <i>J. Rzedowski 16597</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	69
Figura 12. <i>Potamogeton pusillus</i> . Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación PC 5, nivel 23). Periodo Colonial Temprano. Abajo fruto actual <i>S. Zamudio y E. Pérez 8375</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	70
Figura 13. <i>Stuckenia pectinata</i> . Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación ET OPA, nivel 11). Periodo Clásico-Epiclásico. Abajo fruto actual <i>A. Penella 13</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	71
Figura 14. <i>Ruppia maritima</i> . Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Y5, nivel 19). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual <i>P. Ramírez y A. Novelo 22</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	72

Figura 15. <i>Polygonum capitatum</i> . Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Y5, nivel 18). Especie intrusiva del entorno actual. Abajo fruto actual <i>J. Rzedowski 54264</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	73
Figura 16. <i>Polygonum lapathifolium</i> . Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Z2, nivel 14). Especie intrusiva del entorno actual. Abajo fruto actual <i>T. Ubierna 423</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	74
Figura 17. <i>Polygonum punctatum</i> . Arriba fruto arqueológico desecado de Xaltocan (excavación Y5, nivel 16). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual <i>E. Ventura 1883</i> (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías	75
Figura 18. Frecuencia relativa de las especies en las 232 muestras arqueológicas. En paréntesis se indica el número de muestras	76
Figura 19. Frecuencia relativa de las especies por fase cronológica en Xaltocan. En paréntesis se indica el número de muestras	80
Figura 20. Variación del tamaño registrado de la carbonización de aquenios actuales de <i>Schoenoplectus americanus</i> antes y después de la carbonización.....	86
Figura 21. Variación del tamaño registrado de la carbonización de aquenios actuales de <i>Schoenoplectus californicus</i> antes y después de la carbonización	86
Figura 22. A. Nappatecuhtli, dios relacionado con los tules. Códice Florentino, Lámina V, número 20 (wdl.org). B. Nappatecuhtli rocía el agua	96
Figura 23. Ejemplos de objetos posiblemente elaborados con tules registrados en el Códice Florentino. A. Icpales o asientos de un noble y la gente común, Lámina XXIII, número 17. B. Canastas con tamales, Lámina XXXII, número 89 (wdl.org)	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Periodos y fechas de la antigua historia de México y de Mesoamérica (López-Austin y López 2002)	14
Tabla 2. Cronología de Xaltocan. El Posclásico y sus cuatro fases de ocupación se muestra en sombreado (Brumfiel 2005c; 2005d; Brumfiel y Rodríguez-Alegría 2009)	19
Tabla 3. Las nueve zonas ambientales de la Cuenca de México (Sanders et al. 1979).....	21
Tabla 4. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que descartaron la presencia de <i>Carex praegracilis</i> . Se indica la identificación anterior y la actual	48

Tabla 5. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que descartaron la presencia de <i>Cyperus aggregatus</i> y <i>Cyperus mutisii</i> . Se indica la identificación anterior y la actual	49
Tabla 6. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que descartaron la presencia de <i>Eleocharis dombeyana</i> (el cuello es el punto de unión con el tubérculo). Se indica la identificación anterior y la actual	50
Tabla 7. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de <i>Schoenoplectus americanus</i> , <i>S. californicus</i> y <i>S. tabernaemontani</i> . Se indica la identificación anterior y la actual	51
Tabla 8. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de <i>Potamogeton pusillus</i> . Se indica la identificación anterior y la actual	52
Tabla 9. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de <i>Stuckenia pectinata</i> . Se indica la identificación anterior y la actual	53
Tabla 10. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de <i>Ruppia maritima</i> . Se indica la identificación anterior y la actual	54
Tabla 11. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de <i>Polygonum capitatum</i> , <i>P. lapathifolium</i> y <i>P. punctatum</i> . Se indica la identificación anterior y la actual	55
Tabla 12. Lista de especies principalmente hidrófitas registradas en el Xaltocan Posclásico. Se indica su hábitat, forma de vida, origen, número y porcentaje de macrorrestos analizados. Las especies intrusivas son plantas actuales que se filtraron en el sedimento arqueológico	60
Tabla 13. Tipos de vegetación a los que pertenecieron las 12 especies registradas en Xaltocan. Con asterisco se indican 6 especies halófilas (Rzedowski 2001, 2006; Lot 2012, 2013).....	61
Tabla 14 A. Distribución espacial y frecuencia relativa de las especies por excavación arqueológica	78
Tabla 14 B. Distribución espacial y frecuencia relativa de las especies por excavación arqueológica. Se indica la ubicación en la isla, orilla de la isla y lecho lacustre de Xaltocan. (CT significa Colonial Temprano)	79
Tabla 15. Los usos propuestos para ocho hidrófitas. A partir del análisis paleoetnobotánico de los frutos y de la literatura etnobotánica, se infiere la parte utilizada, su condición de uso, preparación y tipo de manejo	82

Tabla 16. Caracteres morfológicos y peso registrados de la carbonización de aquenios actuales de *Schoenoplectus americanus*. Con asterisco* se indican los cuatro caracteres alterables84

Tabla 17. Caracteres morfológicos y peso registrados de la carbonización de aquenios actuales de *Schoenoplectus californicus*. Con asterisco * se indican cuatro caracteres alterables85

Tabla 18. Resultados de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, para el tamaño de los aquenios de *Schoenoplectus americanus* y *Schoenoplectus californicus*.....85

RESUMEN

Esta investigación paleoetnobotánica delimitada al análisis morfológico de frutos arqueológicos, procedentes de excavaciones arqueológicas de unidades domésticas de la isla y de algunos sitios del lago de Xaltocan (norte de la Cuenca de México) documenta parte de su historia vegetal y su etnobotánica. Esta historia abarca del Clásico-Epiclásico (Michpilco), durante las cuatro fases de ocupación del Posclásico y el Colonial Temprano (800 a 1700 D. C.).

Se efectuó la identificación a nivel de especie, mediante la morfología comparada con descripciones taxonómicas y con ejemplares del Herbario Nacional (MEXU) de frutos en su mayoría carbonizados, de hidrófitas principalmente de la familia Cyperaceae identificados previamente a nivel de familia y de género. Se registran 12 especies: *Cyperus m animae*, *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Polygonum capitatum*, *Polygonum lapathifolium*, *Polygonum punctatum*, *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Schoenoplectus tabernaemontani* y *Stuckenia pectinata*. Los resultados contribuyen a un inventario de la flora arqueológica del norte de la Cuenca de México, principalmente del Posclásico Temprano y Medio, y para identificaciones posteriores de frutos. Esta área y este periodo han sido escasamente documentados, por otra parte, en la actualidad esta flora no existe en la región, por lo que los resultados adquieren un valor biológico e histórico relevante para futuras investigaciones.

Los datos sugieren que en el lago de Xaltocan existió un tular de *S. americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani* con especies asociadas de *E. densa*, *E. macrostachya* y *P. punctatum*, además de la presencia de vegetación sumergida conformada por *P. pusillus*, *S. pectinata* y *R. maritima*. Estas especies representarían un lago salino, léntico y con minerales. La presencia de *C. manimae* en la isla podría ser explicada por su acarreo e indicar un desplazamiento de los xaltocamecas por los hábitats donde crece esta planta, quizá por comercio, puesto que esta especie crece sólo en bosques. *P. capitatum* y *P. lapathifolium* se consideran plantas intrusivas del entorno actual.

Se documenta el posible manejo y aprovechamiento de *E. densa*, *E. macrostachya*, *P. pusillus*, *R. maritima*, *S. americanus*, *S. californicus*, *S. pectinata* y *S. tabernaemontani* que los xaltocamecas practicaron en la isla, estas especies posiblemente fueron utilizadas en la construcción de la isla; y *S. americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani* en la construcción de los techos de las casas y en la cestería y además de su posible comercio regional. Lo que representaría la utilización de flora no solamente cultivada o domesticada comestible. Se documenta por primera vez, la posible utilidad antigua de: *E. densa*, *E. macrostachya*, *P. pusillus*, *R. maritima* y *S. pectinata*.

El análisis espacial y temporal de las especies plantea un posible uso extendido y simultáneo en las casas posclásicas y coloniales tempranas, así como un cambio en el uso en 900 años. Su mayor uso ocurre en las fases tempranas (Posclásico Temprano y Medio) debido quizá a una mayor demanda de material vegetal constructivo y a cambios socioeconómicos de la comunidad de Xaltocan.

ABSTRACT

This paleoethnobotanical investigation focuses on the morphological analysis of archaeologically recovered fruits from excavations of the archaeological site of Xaltocan (northern Basin of Mexico). This study documents part of the site's botanical history and its ethnobotany. This history covers the Classic-Epiclassic (Michpilco), during the four phases of occupation of the Postclassic and Early Colonial (AD 800 to 1700).

Fruits, mostly carbonized, were identified at the species level by comparing their morphology with taxonomic descriptions and with samples from the Herbario Nacional (MEXU). These hydrophytes, mainly of the family Cyperaceae, were previously identified at the family and genus level. Twelve species were recorded: *Cyperus manimae*, *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Polygonum capitatum*, *Polygonum lapathifolium*, *Polygonum punctatum*, *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Schoenoplectus tabernaemontani* and *Stuckenia pectinata*. The results contribute to an inventory of the archaeological flora of the northern Basin of Mexico, mainly of the Early and Middle Postclassic periods. This study will facilitate future identifications of fruits. This area and this period have been scarcely documented. Moreover, at present this flora does not exist in the region, so the results acquire significant biological and historical value.

The data suggest that in Xaltocan's lake there existed a tular of *S. americanus*, *S. californicus* and *S. tabernaemontani* with associated species of *E. densa*, *E. macrostachya* and *P. punctatum*, in addition to the presence of submerged vegetation formed by *P. pusillus*, *S. pectinata* and *R. maritima*. These species would represent a lentic saline lake with minerals. The presence of *C. manimae* in the island might be explained by his transportation and indicate a displacement of the xaltocamecas for the habitats where this plant grows, probably for trade, since this species grows only in forests. *P. capitatum* and *P. lapathifolium* are considered intrusive plants of the current environment.

This study documents the possible management and utilization of *E. densa*, *E. macrostachya*, *P. pusillus*, *R. maritima*, *S. americanus*, *S. californicus*, *S. pectinata* and *S. tabernaemontani*, by the xaltocamecas. These species were possibly used in the construction of the island; and *S. americanus*, *S. californicus* and *S. tabernaemontani* in the construction of the roofs of households and in basketry and in

addition to their possible regional trade. These practices represent the use of not only cultivated or domesticated species of plants, and this study provides the first archaeobotanical documentation of the use of: *E. densa*, *E. macrostachya*, *P. pusillus*, *R. maritima* and *S. pectinata*.

The spatial and temporal analysis of these species suggest continuity in use in households during the Postclassic and early Colonial periods, but also change in use over 900 years. The greatest uses of the species of the genera *Eleocharis*, *Polygonum*, *Ruppia*, and *Schoenoplectus* occurs in the early phases (Early and Middle Postclassic) due perhaps to a greater demand for plant material for construction as well as socio-economic changes in the community of Xaltocan.

CAPÍTULO UNO. INTRODUCCIÓN

Planteamiento

Este estudio se enmarca en la línea de investigación de la paleoetnobotánica y se delimita al análisis de los macrorrestos botánicos (frutos arqueológicos), para reconstruir parte de la flora y de la vegetación acuática y subacuática relacionada con la antigua población humana lacustre de Xaltocan. El sitio fue una isla construida y ubicada al norte de la Cuenca de México en el lago del mismo nombre, ahora seco. Fue fundada por otomíes en el Posclásico Temprano (900-1300 D. C.), fase a partir de la cual existió una autonomía del pueblo, en la que destacó como una ciudad-estado en el escenario geopolítico de la Cuenca hasta el Posclásico Medio (1300-1430 D. C.). Después estuvo bajo el dominio mexica en el Posclásico Tardío (1430-1521 D. C.) y bajo el control español, en el periodo colonial. En la actualidad es una comunidad de la región de Zumpango del Estado de México (Brumfiel 2005a, 2009).

El material botánico estudiado se obtuvo de excavaciones arqueológicas de unidades domésticas de la isla y de algunos sitios del lago de Xaltocan (Brumfiel 2005a), donde destacó la presencia de macrorrestos carbonizados correspondientes al Posclásico de plantas comestibles previamente estudiadas, así como de frutos de plantas hidrófitas, principalmente de la familia Cyperaceae, identificadas a nivel de familia y de género: *Carex*, *Cyperus*, *Eleocharis*, *Fimbristylis*, *Schoenoplectus*, *Scirpus*, *Polygonum*, *Potamogeton*, *Ranunculus*, *Rumex*, *Ruppia* y *Typha* (McClung y Martínez 2005). A partir de estos hallazgos surgió el interés de indagar este conjunto de plantas.

Justificación

1. El análisis paleoetnobotánico de los macrorrestos de plantas acuáticas y subacuáticas recuperados en Xaltocan aporta información sobre la flora y vegetación, así como de los recursos lacustres y sus relaciones con la población del Posclásico. Anteriormente no se había documentado a partir de evidencia botánica arqueológica, sólo de fuentes históricas del siglo XVI en adelante (McClung comunicación personal 2013).
2. Los macrorrestos botánicos corresponden a un sitio y a un periodo mesoamericano escasamente conocidos en la Cuenca de México, debido a que los trabajos publicados se enfocan en la Cuenca sur y en fases anteriores o posteriores al Posclásico Temprano-Medio (hasta el siglo XIV). Estos macrorrestos fueron abundantes y con adecuada preservación, factores que facilitan un mejor análisis dado la inusual abundancia y preservación (Pearsall 2000; Brumfiel 2005a, 2009; McClung comunicación personal 2013).
3. Para el reconocimiento y estudio de la biodiversidad de una determinada región del pasado y del presente es necesaria la identificación de las especies (Morrone 2013).

Objetivo general

Identificar los macrorrestos botánicos de las especies acuáticas y subacuáticas recuperados en excavaciones arqueológicas del Xaltocan Posclásico en relación con la flora y vegetación acuática, así como con los antiguos pobladores, a fin de contribuir a una reconstrucción paleoambiental y de antiguas interacciones plantas-humanos del sitio.

Objetivos particulares

1. Identificar a nivel de especie 39 taxones reconocidos como plantas acuáticas y subacuáticas en los macrorrestos de Xaltocan pertenecientes al Posclásico, de las familias Cyperaceae, Juncaginaceae, Potamogetonaceae, Polygonaceae, Ranunculaceae, Ruppiaceae y Typhaceae.
2. Registrar y sistematizar la información de los macrorrestos para analizar la riqueza y frecuencia de las especies presentes en 232 muestras de sedimento arqueológico, procedente de 36 excavaciones ubicadas en la isla y lago de Xaltocan.
3. Interpretar la composición de las especies para describir parte de la antigua flora y distinguir tipos de vegetación acuática presentes en el Xaltocan Posclásico. Además, evaluar su relación con los antiguos pobladores, a través de la posible utilización que les hayan conferido como parte de su modo de subsistencia lacustre. Con ello, aportar información acerca de la historia vegetal y cultural del sitio.

LA PALEOETNOBOTÁNICA: LA ETNOBOTÁNICA DEL PASADO

La paleoetnobotánica es el estudio de las relaciones entre el ser humano y las plantas en el pasado, con base en el registro arqueológico de sitios de ocupación humana. Se basa en el análisis de material botánico preservado a través del tiempo, para conocer la identidad botánica de las plantas y con ello reconstruir e interpretar parte de la historia vegetal de un sitio en relación con antiguos pobladores. Se trata de una subdisciplina de la etnobotánica y de la arqueología que contribuye a comprender los modos de vida de las culturas antiguas, a partir de conocer los diferentes usos de las plantas como los: alimenticios, medicinales, textiles, rituales, artesanales, constructivos, etc. Tiene el propósito de entender el origen y desarrollo de la agricultura, la domesticación, el manejo vegetal, la subsistencia, la producción de recursos, patrones de alimentación (dieta), patrones de asentamiento, cambios de poder, economía (comercio e intercambio), entre otros. También pretende conocer la flora y vegetación de un paisaje pretérito y su modificación a través del tiempo por el impacto humano (Ford 1979; Pearsall 2000; Hastorf y Archer 2008).

La etnobotánica es un campo de la botánica que estudia las relaciones entre las especies de plantas y el ser humano, a través del tiempo y en diferentes ambientes. La arqueología es el estudio del pasado humano con base en la evidencia tanto de edificaciones, como de restos de materiales orgánicos e inorgánicos depositados en el suelo, que representa un hecho antiguo resultado de la acción humana (Hernández-X. E 1982; Manzanilla y Barba 1994; Jacomet 2007).

Tipos de restos botánicos

El material botánico arqueológico se agrupa en dos tipos, con base en el grado de aumento de la lente del microscopio que se requiera para su análisis. Consisten en:

1) Macrorrestos botánicos o restos macrobotánicos. Se observan a simple vista, comprenden estructuras vegetales como raíces, tubérculos, tallos, hojas, semillas, inflorescencias, frutos, cáscaras, fibras, madera carbonizada y artefactos de manufactura vegetal. La colecta de los macrorrestos botánicos se inicia durante la excavación del sitio arqueológico donde se toman las muestras del sedimento, después se procesan mediante las técnicas de tamizado o de flotación que separan a los macrorrestos del sedimento. La flotación se basa en la diferencia de densidad de los materiales, mediante el empleo de un líquido separador, generalmente agua; los restos orgánicos menos densos flotan en la superficie, mientras que los más densos se depositan en el fondo. Posteriormente en el laboratorio, se hace la identificación taxonómica mediante el análisis de la morfología externa con un microscopio estereoscópico, con el apoyo de literatura taxonómica de consulta y el cotejo con plantas actuales de colecciones de referencia. Ocasionalmente se utiliza microscopía electrónica para un mayor análisis (Banning 2000; Pearsall 2000).

2) Microrrestos botánicos o restos microbotánicos. Estos son restos no visibles a simple vista y requieren métodos especiales para su recuperación. Se observan con microscopio óptico, electrónico de transmisión o de barrido, incluyen polen, esporas, fitolitos, lípidos y granos de almidón. Los métodos empleados para su recuperación son de extracción fisicoquímica (utilización de ácidos y centrifugación). La determinación taxonómica se hace mediante la observación de la morfología con microscopía y la comparación con la literatura de consulta (Banning 2000; Pearsall 2000).

Los macrorrestos botánicos: deposición y preservación

Los macrorrestos son restos de plantas antiguas preservadas en sitios de antigua ocupación humana, con cambios químicos en su composición *post mortem* (diagénesis). Después de que las plantas mueren son degradadas en el ambiente por organismos descomponedores como parte de la cadena trófica del ecosistema, de no ocurrir así, se preservan en el medio. Su presencia, distribución y tipo de preservación están determinadas por la estructura vegetal de las especies, por factores naturales existentes

(hábitat, clima y tipo de suelo) y por las actividades humanas ocurridas en el sitio (tipo y regularidad del uso que les hayan conferido los habitantes). Existen cuatro tipos de preservación que favorecen la presencia de macrorrestos (Hastorf y Popper 1988; Begon et al. 2006; Jacomet 2007; Crawford 2008) y comprenden:

1) **La carbonización.** Es un proceso de preservación de restos de plantas que han sido expuestas a las altas temperaturas del fuego. Durante la quema ocurre la reacción química de la pirólisis, que en ausencia total o parcial de oxígeno, separa el agua y el oxígeno de la materia orgánica y sólo queda el esqueleto de carbón de la estructura vegetal. El carbón es relativamente estable en la atmósfera, por lo que está prácticamente exento de la descomposición ambiental y microbiana. El fuego preserva partes de plantas, como material vegetal carbonizado y este a su vez, atestigua la existencia de antiguos fuegos suscitados por actividades humanas accidentales o intencionales. Lo que se encuentra comúnmente en los lugares es madera carbonizada, ya que se utiliza como combustible (Pearsall 2000; Pyne 2001; Jacomet 2007; Crawford 2008).

2) **La desecación.** Es un tipo de preservación vegetal que sucede generalmente en ambientes áridos, como desiertos, cuevas o abrigos rocosos, donde los descomponedores están ausentes o escasos, por la falta de humedad. Este tipo de ambiente favorece la presencia de material botánico, el cual se mantiene desecado. Un ejemplo son las vainas de frijol (*Phaseolus* sp.) y las fibras de maguey (*Agave* sp.) recuperadas en las cuevas de Guilá Naquitz, Oaxaca. También por desecación se pueden preservar restos vegetales que han sido incorporados al barro durante la elaboración y secado del adobe (Crawford 2008).

3) **El anegamiento o preservación anaerobia.** Este proceso de preservación se produce en ambientes acuáticos o anegados, como en el fondo del mar, lagos, lagunas, pantanos o terrenos inundados, que son medios deficientes o carentes de oxígeno (anóxicos). En estos ambientes también están ausentes los biodegradadores aerobios (que requieren de oxígeno para descomponer la materia orgánica), por lo que el material vegetal depositado se preserva. Estos sitios posibilitan una mayor cantidad de material vegetal preservado que otros, debido a la marcada supresión de la actividad microbiana (Jacomet 2007; Crawford 2008).

4) **La mineralización.** Se trata de otro tipo de preservación que ocurre en sitios inundables con presencia de minerales disueltos en el sustrato, los cuales se depositan en las superficies celulares y en los huecos de la estructura vegetal. Un ejemplo es el fosfato de calcio depositado en restos vegetales encontrados en lugares de actividad humana, como pozos, letrinas, sistemas de drenaje, basureros o condiciones similares. La preservación del material vegetal por mineralización es diferencial, es decir, no todas las estructuras vegetales tienden a este tipo de preservación (Jacomet 2007).

La cuantificación y el análisis paleoetnobotánico

Después de la identificación taxonómica de los macrorrestos, se cuantifican e interpreta su presencia en el sitio. Una lista de los taxones identificados ya es útil, pero limitada sin un análisis y propuestas que formulen posibles interacciones entre los seres humanos y las plantas del pasado. Se pueden emplear los métodos de cuantificación de: **1) el conteo absoluto** que es el número total de restos de cada taxón en cada muestra arqueológica (ocasionalmente es una medida adecuada para un mayor análisis) y **2) la frecuencia relativa (en arqueología ubicuidad)** que consiste en indicar el porcentaje de cada taxón presente en cada muestra arqueológica, excavación o periodo de tiempo analizado. Cada taxón se puede analizar de forma independiente, ya que el resultado de uno, no incide en el otro. Para su cálculo, se cuantifica el número de muestras de sedimento en que aparece cada taxón, se multiplica por 100 y se divide entre el total de muestras. Por ejemplo, si se registra *Zea mays* L. en ocho de diez muestras el resultado es de 80% (Hastorf y Popper 1988; Pearsall 2000).

GENERALIDADES DEL FRUTO

El fruto, del latín *fructus*, es un ovario maduro (que protege las semillas), característico de las plantas con flor o angiospermas (Angiospermae o Magnoliophyta), más cualquier parte accesoria asociada, es decir, órganos unidos al fruto no derivados del ovario(s), como brácteas, ejes, receptáculos, hipantos o periantos. En el desarrollo de una angiosperma, después de la fecundación o unión del gameto femenino (ovocélula) con la célula espermática (polen), el óvulo madura en semilla y el ovario en fruto. El pericarpo es la pared del fruto, derivado de la pared del ovario maduro, en ocasiones se divide en tres capas: endocarpo (capa interna), mesocarpo (capa media) y exocarpo o epicarpo (capa externa). Los frutos se clasifican con base en su desarrollo en: **1) simple**, derivado de un único ovario de una única flor, **2) agregado**, derivado de varios pistilos de una única flor (gineceo apocárpico) y **3) múltiple**, derivado de muchas flores coalescentes (fusionadas en una). También se agrupan como: **1) secos o carnosos**, succulentos en la madurez, e **2) indehiscentes o dehiscentes**, con presencia o ausencia de apertura en la madurez (Simpson 2010).

Los principales frutos simples, con una sola semilla (uniseminados), secos e indehiscentes son: **1) aquenio**, fruto uniseminado, seco, indehiscente y con la semilla adherida al pericarpo en un único punto (Asteraceae, Cyperaceae), **2) cariósido o grano**, fruto uniseminado, seco, indehiscente y con la cubierta seminal adnada a la pared del pericarpo (Poaceae) y **3) nuez**, fruto uniseminado, seco, indehiscente, con pericarpo duro y semilla más grande que en el aquenio (*Corylus* sp.); a veces nuez y aquenio son términos intercambiables (Simpson 2010).

El fruto como órgano especializado de las angiospermas en contener y dispersar a la semilla(s) tiene adaptaciones que le confieren ventajas para la dispersión, como la morfología (tamaño, forma o superficie) que puede ser uniforme en una familia o diferir de un género a otro. Los mecanismos de dispersión son anemocoria (por viento), autocoria (auto-dispersión), hidrocoria (por agua) y zoocoria (transportados por animales, de forma externa: exozoica o ingerida: endozoica). El banco de semillas o frutos es el conjunto de semillas viables aún sin germinar en un sitio, generalmente terrestre, donde la mayoría de las semillas se establecen y entierran (Simpson 2010; Baskin y Baskin 2014).

Debido a que el material vegetal a estudiar corresponde a frutos pequeños de Cyperaceae, Juncaginaceae, Potamogetonaceae, Polygonaceae, Ranunculaceae, Ruppiaceae y Typhaceae, se considera que se tratan principalmente del tipo aquenio o agregado para Ranunculaceae. En este trabajo se describen sólo los frutos simples.

GENERALIDADES DE LA CUENCA DE MÉXICO

El escenario vegetal

La Cuenca de México, situada en la parte central de la Faja Volcánica Transmexicana (sistema de montañas y de volcanes del centro de la República Mexicana, de la costa del Pacífico a la del Golfo de México), se formó en el periodo Terciario, en la época del Mioceno superior. En este tiempo se produjo una depresión en el valle que formaba parte del río Balsas y se formaron las sierras de Las Cruces y El Ajusco. Estas sierras cerraron su drenaje y transformaron la región en una cuenca hidrológica endorreica (cerrada), sin salida fluvial al océano, con lo que se inició una intensa acumulación de depósitos aluviales en su fondo (Ferrusquía-Villafranca 1998; Ferrari 2000; Rzedowski 2006).

La Cuenca de México se localiza entre las coordenadas 19° 02' y 20° 12' N y 98° 28' y 99° 32' O. Se trata de una discontinuidad en las montañas, con una superficie plana ligeramente alargada de aproximadamente 7500 km². Su altitud mínima es de 2230-2250 m correspondiente al fondo de los antiguos lagos, área que ocupa la quinta parte del total de la Cuenca, actualmente sin relieve natural. La altitud máxima la alcanzan los volcanes el Popocatepetl (5452 m) e Iztaccíhuatl (5284 m). Las sierras que la rodean son: al oeste la Sierra de Alcaparrosa, Monte Bajo, Monte Alto y la Sierra de Las Cruces, al sur El Ajusco o Sierra de Chichinautzin, al este Amecameca, la Sierra Nevada y la Sierra de Calpulalpan; y al norte el Cerro Xihuingo, la Sierra de Pachuca y la Sierra de Tezontlalpan (Rzedowski 2001).

La vegetación forma parte de la denominada Región Mesoamericana de Montaña integrada por elementos meridionales y septentrionales de clima templado y semihúmedo o húmedo, de distribución discontinua por los macizos montañosos. Los 10 principales tipos de vegetación que se distinguen en la Cuenca son: **1)** bosque de *Abies*, **2)** bosque mesófilo de montaña, **3)** bosque de *Pinus*, **4)** bosque de

Quercus, **5**) bosque de *Juniperus*, **6**) matorral de *Quercus*, **7**) pastizales, **8**) matorral xerófilo, **9**) vegetación halófila y **10**) vegetación acuática y subacuática (Rzedowski 2001, 2006).

En el pasado destacaron zonas pantanosas y seis lagos, que de norte a sur fueron: Zumpango, Xaltocan, San Cristóbal, Texcoco, Xochimilco y Chalco. El más extenso era Texcoco ubicado en el centro a 2230 m, de agua salina y alcalina. Chalco y Xochimilco eran ligeramente más elevados, de agua dulce, alimentados por ríos y manantiales. Los del norte también eran más elevados, de agua salobre, alimentados por el río Cuauhtitlan y manantiales como Ozumbilla que vertía sus aguas a Xaltocan. En la actualidad permanecen tres: Zumpango (mantenido artificialmente por una represa), Xochimilco (conservado artificialmente con fines turísticos por canales de agua dulce de Míxquic y de la planta de tratamiento de aguas negras del Cerro de la Estrella) y parte del lago de Texcoco (Frederick et al. 2005; Niederberger 1987; Rzedowski 2001) (Figura 1).

En la actualidad, la Cuenca de México incluye a los territorios de la Ciudad de México (la capital del país) y parte de las entidades Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Morelos. En el transcurso del tiempo, la intervención humana ha modificado sus condiciones hidrológicas naturales, ya que ha desecado lagos y pantanos, direccionado cauces de ríos y arroyos, construido presas, diques, canales, túneles, obras de captación, traslado de agua potable y un desagüe artificial (Sistema de Drenaje Profundo). Con ello, se ha alterado y destruido la cubierta vegetal natural, que tiene como consecuencia la erosión del suelo y la reducción al mínimo de la capacidad de captación del agua de lluvia. Estos procesos han llevado a una aguda alteración al ciclo hidrológico de la región (Rzedowski 2001).

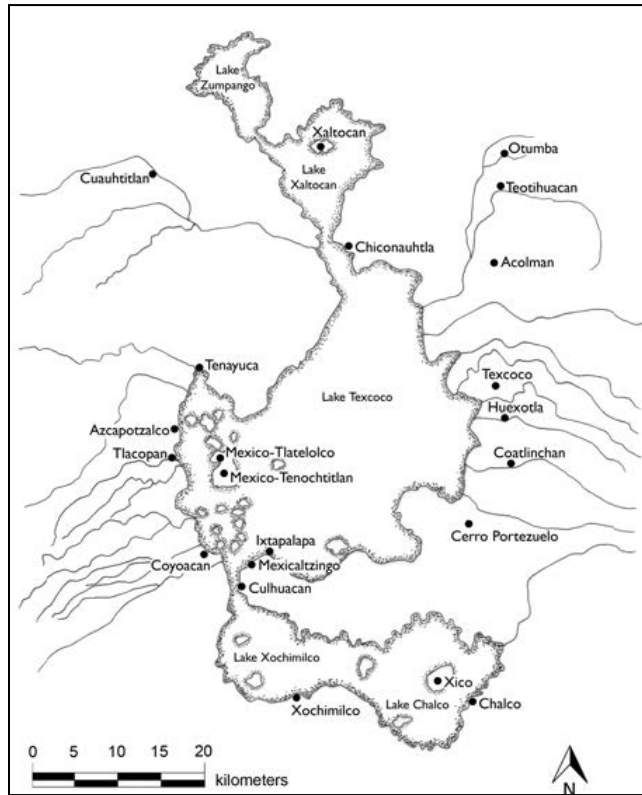


Figura 1. La Cuenca de México durante la época prehispánica (Overholtzer 2014)

El escenario histórico

En el pasado Mesoamérica fue un amplio espacio geográfico extendido del norte y centro de México (ríos Sinaloa, Pánuco y Lerma) que continuó en Guatemala, Honduras y Nicaragua (río Motagua) y llegó hasta una parte de Costa Rica (Golfo de Nicoya). Se caracteriza por la historia en común que compartieron sus antiguos habitantes durante milenios, que señala relaciones y vínculos establecidos, idiomas emparentados con una raíz común, así como la agricultura (tipo y herramientas de cultivo) entre otras tradiciones que expresan rasgos culturales exclusivos temporales y espaciales de áreas, regiones y localidades (Figura 2) (Kirchhoff 1967; López-Austin 2012).

La historia de Mesoamérica inició con la aparición de la agricultura, el sedentarismo y la cerámica. Cronológicamente se divide en tres periodos: Formativo o Preclásico, Clásico y Posclásico, cada uno con subdivisiones descritas con base en el patrón de asentamiento, el patrón de subsistencia humana, la complejidad social, las relaciones político-económicas regionales, el grado de centralización del poder, el crecimiento demográfico, la producción de alimentos, la magnitud del aparato bélico y las manifestaciones culturales y estéticas. A la etapa anterior a la mesoamericana se le denomina historia antigua de México (López-Austin y López 2002).

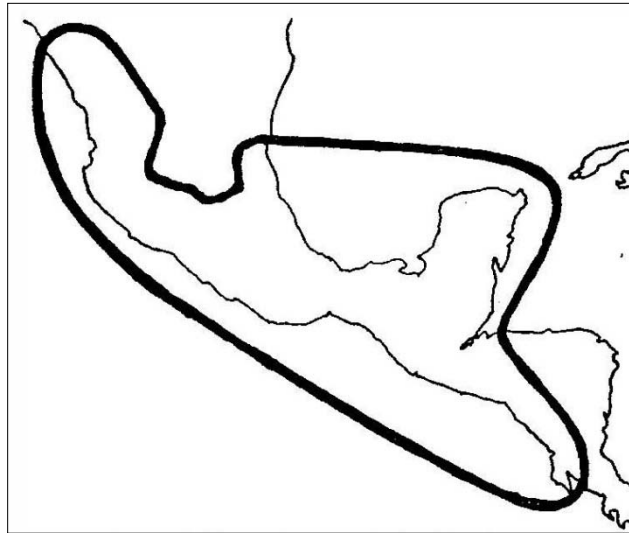


Figura 2. El espacio geográfico de Mesoamérica (Kirchhoff 1967).

La Cuenca de México fue una región relevante en la historia antigua de México y mesoamericana, debido al desarrollo social, económico y agrícola que alcanzaron sus pobladores. La presencia de amplios lagos en su superficie fomentó el inicial asentamiento y favoreció el posterior auge histórico de sus pueblos. El medio lacustre de la Cuenca propició tres principales acontecimientos sociales: **1)** una economía mixta basada en la caza, el cultivo y el uso de recursos lacustres, **2)** la construcción de chinampas en los lagos de Zumpango, Xaltocan, Xochimilco y Chalco, cuya productividad elevó la densidad poblacional de la región y **3)** un sistema de transporte y de comunicación viable por agua, que permitió que funcionara como una unidad económica (Armillas 1985).

A continuación, se indican brevemente la cronología y los principales eventos de la antigua historia de México y de Mesoamérica para la Cuenca de México:

1) Prehistoria o Etapa Lítica (30000/33000-2000/2500 A. C.). Es una etapa subdividida en Arqueolítico, Cenolítico y Protoneolítico, que inició con la llegada del ser humano al continente americano. A la Cuenca de México llegaron grupos cazadores-recolectores nómadas, donde cazaron fauna de la Edad del Hielo como mamuts (*Mammuthus* sp.). Fue una época de cambios climáticos (transición del Pleistoceno al Holoceno), en la que finalizó la última glaciación y condujo a la extinción de la fauna prevaeciente. Produjo modificaciones en la adaptación de la población humana, que se concentró en el aprovechamiento de la flora y fauna local. Durante este periodo se elaboraron herramientas de piedra (puntas de proyectil, hachas pulidas y piedras de moler). Al finalizar la prehistoria, el poblamiento humano iniciaba la vida sedentaria y la agricultura era incipiente. Fue en este periodo cuando en otros sitios de México empezó la domesticación de plantas (García-Bárcena 2001; López-Austin y López 2002).

La historia de Mesoamérica inicia en el siguiente periodo:

2) Formativo o Preclásico (2000/2500 A. C.-150/200 D. C.). Este periodo se divide en temprano, medio y tardío, inició cuando la agricultura se convirtió en el principal medio de subsistencia y promovió la forma de vida sedentaria, el crecimiento poblacional, el desarrollo social y cultural. En el Preclásico Temprano, 2000/2500-1200 A. C. abundantes sitios pequeños alrededor de los lagos fueron habitados. Se practicaron la religión y el sacrificio humano, entierros bajo pisos habitacionales y surgió el calendario y la escritura jeroglífica (códices). En el Preclásico Medio, 1200-400 A. C., la población aumentó, aparecieron élites y edificaciones cívico-ceremoniales como Cuicuilco. El Preclásico Tardío, 400 A. C.-150/200 D. C. empezó con una concentración de la población en Cuicuilco y Teotihuacan, este último sitio comenzó a ejercer una influencia fuera del Altiplano Central (Serra-Puche 1988; Grove 2000; López-Austin y López 2002).

3) Clásico (150/200-900 D. C.). Se divide en temprano, tardío o epiclásico. En el Clásico Temprano, 150/200-600/650 D. C. Teotihuacan, al NE de la Cuenca, se consolidó como el principal centro de poder del Altiplano Central. Tuvo una población de 100,000 habitantes, intensificó la agricultura, la complejidad social, el urbanismo y la formación del Estado, mientras que el sur de la Cuenca estuvo menos poblada. Asimismo, se suscitaron guerras y sacrificios humanos. Esta fase se caracterizó por la influencia teotihuacana en la extensa área de Mesoamérica. En el Clásico Tardío o Epiclásico, (600-900 D. C.) Teotihuacan disminuyó su población e influencia y finalmente declinó su poder. Con ello el Altiplano se reorganizó y diferentes ciudades compitieron por el control del área entre 700 y 900 D. C. Al término del periodo se instauraron los sitios de Tula, Cholula, Xochicalco, Cacaxtla, Cantona y Teotenango (Manzanilla 2001; Sugiura 2001; López-Austin y López 2002; Nalda 2010).

4) Posclásico (900-1519/1521 D. C.) se divide en temprano, medio y tardío. En el Posclásico Temprano, 900-1150 D. C., Tula y Cholula se convirtieron en dos áreas de influencia, entre las cuales la Cuenca fue frontera sociopolítica. En el Posclásico Medio, 1150-1350 D. C., la población se incrementó en Xaltocan, Atzacapotzalco, Tacuba, Huexotla, Chalco y Xochimilco (norte, centro y sur de la Cuenca). Tula declinó su poder en 1200 D. C. y con ello desapareció uno de los principales centros regionales; al final de esta etapa la Cuenca norte inició un auge. El Posclásico Tardío, 1325/1350-1519/1521 D. C., se caracterizó por expansiones, conquistas, tributación de los vencidos, aumentó del militarismo y del sacrificio humano. En 1325 se fundó Tenochtitlan (capital mexicana) en la Cuenca centro. En 1431 los mexicas formaron la Triple Alianza, una poderosa confederación integrada por Texcoco, Tacuba y Tenochtitlan, que se expandió y controló gran parte de Mesoamérica. Entre 1519 y 1521 esta alianza declinó su poder por la guerra de conquista española y el desplazamiento de su territorio. Con ello terminó

el último periodo de la historia de Mesoamérica e inició la etapa colonial (Tabla 1) (Parsons 1989; López-Austin y López 2002; Escalante-Gonzalbo 2010).

Al periodo Posclásico corresponde el material arqueológico de la isla y lago de Xaltocan, al norte de la Cuenca de México, en que se basa este estudio (Brumfiel 2005a, 2009).

Periodos		Fechas	Siglos
Colonial		1521 - 1821 D. C.	XVI - XVIII
Posclásico	Tardío	1420/1430 - 1521 - 1519/1521 D. C.	XIV al XVI
	Medio	1100/1150 - 1420/1430 D. C.	XII al XIV
	Temprano	900 - 1100/1150 D. C.	X al XII
Clásico	Tardío o Epiclásico	600/650 - 900 D. C.	VII al X
	Temprano	150/200 - 600/650 D. C.	II/III al VII
Formativo o Preclásico	Tardío	400 A. C. - 150/200 D. C.	400 A. C. al I/III D. C.
	Medio	1200 - 400 A. C.	
	Temprano	2000/2500 - 1200 A. C.	
Prehistoria o Etapa Lítica		30000/33000 - 2000/2500 A. C.	

Tabla 1. Periodos y fechas de la antigua historia de México y de Mesoamérica (López-Austin y López 2002).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO: EL LAGO Y LA ISLA DE XALTOCAN

El lago de Xaltocan, un hábitat lacustre con ocupación humana

El lago de Xaltocan se formó en el periodo Cuaternario, en la época del Holoceno (10,000 años antes del presente), a una altitud de 2240 m, fue de agua somera (1 m de profundidad), estable y persistente con vientos del este, dado las extensas playas actuales ubicadas al oeste. El margen oeste y noroeste tuvo una cresta baja de playa de 2-3 m sobre el lecho lacustre y dunas. Al oeste y norte de esta playa se encuentra la planicie de encalle, una amplia superficie de plana a ondulada que representa el lecho lacustre de un periodo previo (32000-35000 años a. p.). Además se observa una playa discontinua también al oeste y una cresta alta de playa al norte, de 10 a 16 m por arriba del lecho lacustre. Los sedimentos son de textura fina, dominados por limo de aluvión y en menor proporción arcilla y arena; tuvo una salinidad de 1-4 g/lt, alcalinidad de pH: 8-9 y presencia de carbonato de calcio (CaCO₃). Se infiere que tuvo una extensión aproximada de 12.8 km de largo por 5.7 km ancho (Figura 3) (Frederick et al. 2005).

Durante el Posclásico el ambiente natural de los lagos de la Cuenca norte se alteró por tres actividades humanas: **1)** la construcción del dique Ecatepec-Chiconauhtla en la parte sur de Xaltocan que limitó su flujo, **2)** la desviación del cauce del río Cuauhtitlan de Xaltocan hacia Zumpango, que modificó a ambos lagos y **3)** la construcción por otomíes de una isla y de chinampas en el centro del lago xaltocameca. El lago de Xaltocan desapareció en la década de 1950, después de drenar el lago y los manantiales que lo alimentaban para canalizar el agua a la Ciudad de México, como parte de la política del gobierno. (Brumfiel 2005a; 2009; Frederick et al. 2005; Rodríguez-Alegría et al. 2013; Morehart 2016).

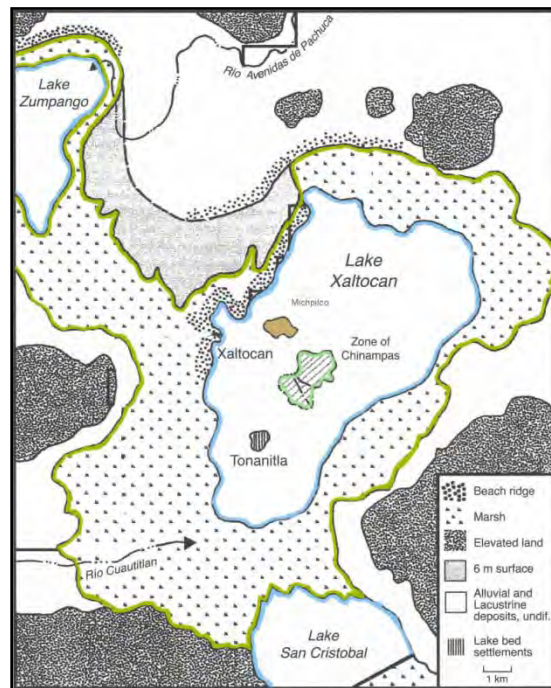


Figura 3. Mapa del lago de Xaltocan durante el Posclásico (Frederick et al. 2005).

La isla de Xaltocan, mil años de historia y de huella arqueológica

La antigua isla de Xaltocan se ubicó al oeste del lago del mismo nombre ahora seco, tuvo una extensión aproximada de 900 m de largo de este a oeste por 500 m de ancho de norte a sur, forma ovalada, una elevación de 5.6 m sobre la superficie actual y se mantuvo unida a una orilla oeste del lago por una calzada elevada de 1 km. No existe evidencia geológica de una formación natural, ya que en la excavación arqueológica de mayor profundidad a 5 m (OP I) en el centro y alto de la isla, sólo se encontró estratigrafía cultural; fue a partir de los 5.1 m que se halló el sedimento natural de arcilla lacustre. Se plantea que se trata de una construcción humana sobre el lago, ya sea a partir de un *tlatel*, es decir, una porción de tierra emergente temporal sobre la que se cimentó la isla para aumentar el terreno en el lago o

Con base en las fuentes históricas, el primer asentamiento humano en Xaltocan lo iniciaron otomíes, después de la caída de Tula a principios del Posclásico. En el siglo XIII (1200) esta isla fue capital receptora de tributo con gobierno propio, llegó a su auge a mediados de este siglo. En el siglo XIV Xaltocan fue derrotado después de una larga guerra regional con diferentes pueblos de alrededor (tepanecas, acolhuas y mexicas). En 1428 la Triple Alianza derrotó a Azcapotzalco, lo que causó que Xaltocan fuera de dominio mexica, siguió un periodo de subversión por el pueblo otomí. En 1521 durante la conquista española en Xaltocan, los mexicas y xaltocamecas lucharon contra el ataque de Hernán Cortés y su armada, quienes al final quemaron el lugar y con ello terminó la época prehispánica en la isla (Brumfiel 2005a; Chimonas 2005; Morehart 2016)

En contraste con el registro histórico, los datos arqueológicos de la cronología relativa (tipos de cerámica) y absoluta (fechamientos de C14 del contexto cultural) indican que la fundación de Xaltocan ocurrió a finales del siglo IX o durante el siglo X (900 D. C.) en el Posclásico Temprano. Es decir, por lo menos un siglo antes de lo que señalan las fuentes históricas. En los tipos de cerámica de Xaltocan, se distinguen diferentes fases ocupación y acontecimientos ocurridos desde la transición del Epiclásico al Posclásico Temprano hasta el periodo Colonial Temprano (Tabla 2) (Brumfiel 2005c, 2009; Brumfiel y Rodríguez-Alegría 2009). A continuación se describen cronológicamente:

Primera fase de ocupación. Predominio de la cerámica Azteca I. En el 900 D. C. en el lago de Xaltocan se construyó y fundó una isla por otomíes, siguieron cuatro siglos de gobierno autónomo y autosuficiente, del 900 al 1300 D. C. (Posclásico Temprano y Medio). En esta fase, el pueblo sostuvo lazos económicos con Tenochtitlan, Culhuacan, Chalco y Cholula (al este y sur de la Cuenca). Aunque en esta fase sucedió el auge y declinación de Tula (35 km al norte) no se encontraron vínculos cerámicos entre los sitios, opuesto a lo que mencionan los cronistas que asocian a Xaltocan con Tula. En esta fase inicial los xaltocamecas construyeron montículos y unidades habitacionales que sugieren la presencia de una élite local. La economía xaltocameca se basó principalmente en la producción de maíz, sal, obsidiana y la caza de aves acuáticas (Brumfiel 2005c, 2005d, Brumfiel 2009).

Segunda fase de ocupación. Presencia de cerámica Azteca I y Azteca II. De 1100/1150 a 1420/1430 D. C. (Posclásico Temprano y Medio). Se registra una continuidad de la fase anterior. En dos siglos Xaltocan llegó a controlar gran parte de la Cuenca norte, la economía permaneció diversificada y los gobernantes mantenían vínculos comerciales con la Cuenca sur mediante casamientos. De 1200 a 1400 D. C. (Posclásico Medio), durante el apogeo de Xaltocan como entidad independiente, se construyeron amplias chinampas, lo que intensificó la productividad local del cultivo de *Zea mays* (Brumfiel 2005c, 2005d, Brumfiel 2009).

Tercera fase de ocupación. Destaca la cerámica Azteca II. De 1300 a 1421/1430 D. C. (Posclásico Tardío). Xaltocan llegó a su población máxima de 5000 habitantes, un número elevado para los estándares del periodo. Se dedicaba a las actividades económicas de la agricultura en chinampas, producción de sal, tortillas, pinole, cal, yeso, cerámica, obsidiana, textil, cestería y preparación de pescado. Aumentó el intercambio comercial con el centro (tepanecas y mexicas) y disminuyó con el sur. En 1395 Xaltocan fue vencido después de un siglo de guerra, con sitios circundantes como Cuauhtitlan, Tenochtitlan y Texcoco. Sin embargo, la riqueza local se mantuvo, quizá debido a una demanda por estos pueblos como negociación económica activa. La historia refiere que la población abandonó el sitio por 30 años y las tierras fueron asignadas a Texcoco y Azcapotzalco, no obstante, aún es incierto lo ocurrido en Xaltocan en lo inmediato a esta conquista (Brumfiel 2005c, 2005d, 2009).

Cuarta fase de ocupación. Aparece la cerámica Azteca III y Azteca IV. De 1420/1430 a 1521 D. C. (Posclásico Tardío). En 1428 los mexicas mediante la Triple Alianza (Tenochtitlan, Tlatelolco y Texcoco) derrotaron a Azcapotzalco, ocuparon Xaltocan e instalaron gobernantes. La cerámica señala que a partir de este evento hubo un colapso en la economía y autonomía de Xaltocan. Este acontecimiento generó un cambio económico radical, que condujo a anular nexos comerciales con otros sitios, repartir tierras y transitar de la recepción de tributo a la entrega de tributo como obligación al nuevo régimen mexica dominante en la Cuenca. Con el final de esta fase, concluyó la historia mesoamericana xaltocameca (Brumfiel 2005a, 2005c, 2005d, 2009).

La etapa colonial española inicia en el siguiente periodo.

Periodo colonial temprano. Se encuentra cerámica mayólica y loza vidriada de plomo, correspondiente a la fase colonial temprana. De 1521 a 1700 la producción de Xaltocan continuó e incluso aumentó. Los habitantes siguieron en la elaboración de cerámica local de jarras, platos, comales y cuencos, a su vez, predominó la mayólica y la obsidiana. Al parecer la comunidad mantuvo un intercambio comercial de productos con mayor heterogeneidad que en el periodo anterior mexica, quizá a causa de un alto empobrecimiento por las exigencias tributarias del anterior régimen mexica o como un acto de oposición al sistema. Para esta fase se plantea que Xaltocan no estuvo aislado económicamente (Rodríguez-Alegría 2009; Rodríguez-Alegría et al. 2013).

Se propone que el término Xaltocan deriva de la palabra náhuatl *xalli* que significa arena, *to* nuestro y *can* es un sufijo de lugar (Nagel 2010). Se entendería como nuestro lugar arenoso, nuestro lugar de arena o nuestro arenal, quizá debido al antiguo paisaje lacustre arenoso.

Periodos	Fechas D. C.	Fases de ocupación	Tipos de cerámica	Eventos principales
Colonial Temprano	1521 - 1700	Colonial	Mayólica	Control español
Posclásico Tardío	1420/1430 - 1521	Fase 4	Azteca III y Azteca IV	Control mexicana
Posclásico Medio	1300 - 1420/1430	Fase 3	Azteca I y Azteca II	Control de Cuauhtitlan
Transición del Posclásico Temprano al Medio	1100/1150 - 1300	Fase 2	Azteca I y Azteca II	Periodo de autonomía xaltocameca
Posclásico Temprano	900 - 1100/1150	Fase 1	Azteca I	Fundación otomí en Xaltocan
Epiclásico	600/650 - 900	Epiclásico	Coyotlatelco	

Tabla 2. Cronología de Xaltocan. El Posclásico y sus cuatro fases de ocupación se muestra en sombreado (Brumfiel 2005c; 2005d; Brumfiel y Rodríguez-Alegría 2009).

Las chinampas de Xaltocan: las más extensas del periodo pre-mexica en la Cuenca de México

Las chinampas son un sistema de agricultura construido en el paisaje lacustre de la Cuenca de México, conocidas por su alta productividad y sostenibilidad de cultivo intensivo y continuo de plantas, formadas por campos elevados y canales de riego de agua dulce. La agricultura chinampera fue más productiva que otras formas de cultivo en Mesoamérica, debido al manejo y accesibilidad del agua dulce para su riego, a la fertilidad del suelo y a su capacidad para regenerarse con materia orgánica de los canales. Las primeras chinampas se han registrado en la Cuenca sur (Xochimilco y Chalco), no obstante, en escala limitada (Smith y Tolstoy 1981). Es hasta 1428, en la fase mexicana cuando se implementaron de forma sistemática en estos sitios sureños. Este agroecosistema, se indica como el último desarrollo de la tecnología local del aprovechamiento de los recursos naturales de la Cuenca de México (Armillas 1971; Morehart 2012a).

En Xaltocan, las investigaciones arqueológicas han permitido identificar a 1.7 km al sureste de la isla una zona de chinampas construida y modificada por el pueblo durante su autonomía y apogeo sociopolítico en el Posclásico Medio (1200-1400). Tuvo una extensión estimada de 1500 a 2000 hectáreas, por lo que es el mayor sistema de chinampas pre-mexica en la Cuenca de México hasta ahora registrado. La estructura y ubicación de este espacio chinampero, a 5 km del manantial de Ozumbilla proveniente del cerro Chiconauhtla, fundamental en la irrigación de campos elevados, canales y zanjas de diferentes tamaños y orientaciones favoreció el riego de la plantas, la disminución de sales y un microclima que protegió a los cultivos. Los agricultores xaltocamecas cultivaban principalmente *Zea mays*, *Phaseolus* sp. y *Cucurbita* sp., para su alimentación y comercialización (intercambio y tributo). El maíz llegó a tener una elevada productividad que generó trabajo y entrada de capital, y constituyó parte importante de la economía local. No obstante, los cambios sociopolíticos regionales como el sistema de gobierno, la guerra, la

subordinación hacia un régimen influyeron en su rendimiento (Figura 5) (Frederick et al. 2005; Morehart 2009, 2010, 2012; Morehart y Eisenberg 2010).

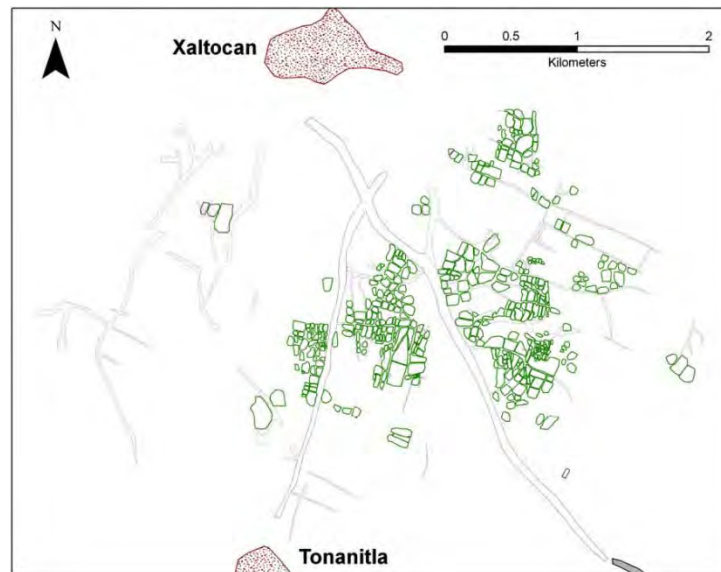


Figura 5. Ubicación y distribución de las chinampas al sur de Xaltocan (Morehart 2012a).

LAS PLANTAS Y LA ARQUEOLOGÍA EN LA CUENCA DE MÉXICO. SÍNTESIS DE LAS INVESTIGACIONES

De acuerdo con el marco cronológico de la antigua historia de México y de Mesoamérica, a continuación se indican algunos trabajos arqueológicos sobre los antiguos asentamientos humanos en relación con el ambiente vegetal de la Cuenca de México.

De finales de la Prehistoria al Formativo, al sur de la Cuenca, en Zohapilco, lago de Chalco-Xochimilco, donde se desarrollaron las primeras poblaciones humanas de la región, se registraron plantas comestibles como *Zea* sp., *Chenopodium* sp. y *Amaranthus* sp., así como tres asociaciones vegetales: **1)** bosques de *Pinus* sp., *Quercus* sp. y *Alnus* sp., asociados a *Fraxinus* sp., *Juglans* sp., *Liquidambar* sp., *Ulmus* sp. y *Celtis* sp., y en zonas altas *Abies* sp. **2)** zona riparia de *Salix* sp. y *Populus* sp., en la capa arbustiva *Viburnum* sp. y *Sambucus* sp., en la capa herbácea *Verbena* sp., *Oxalis* sp., *Sida* sp., *Myrica* sp., *Thalictrum* sp., *Mitella* sp., *Heliotropium* sp. y Acanthaceae y **3)** medio acuático, las orillas lacustres con densas capas de Cyperaceae, *Juncus* sp., *Typha* sp. y Sparganiaceae y plantas acuáticas flotantes: *Potamogeton* sp., *Lemna* sp., *Myriophyllum* sp. y *Epilobium* sp. (Niederberger 1976, 1979).

De la época mesoamericana (Formativo, Clásico y Posclásico) se han distinguido nueve zonas ambientales prevalecientes en la Cuenca, agrupadas con base en componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos (altitud, precipitación y tipo de suelo) (Tabla 3) (Sanders et al. 1979).

Zonas ambientales	Características
Zona lacustre	Ambiente distintivo hasta el momento de la conquista española por el sistema de lagos y proporcionó diferentes recursos alimenticios. La fauna consistía en peces, renacuajos, ranas, tortugas, crustáceos, moluscos, insectos acuáticos y aves, y la flora en algas y carrizales (plantas herbáceas de tallos largos).
Zona de costa salobre	Ambiente donde se producía sal, transportada de los lagos salobres del norte a los del sur. La vegetación consistía en pastos salobres como <i>Sporobolus plumbeus</i> (Trin.) Hemsl. y <i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene y carrizos como <i>Typha</i> sp.
Zona de suelo aluvial profundo o pantanosa	Zonas amplias alrededor de los lagos, de 2240-2300 m, con suelo de aluvión grueso. La fauna constaba de conejos, roedores, aves, reptiles y venado cola blanca. La vegetación de bosque de galería como ciprés y <i>Acacia</i> sp. y pantanos de Cyperaceae y Asteraceae que predominan, y en el sur con algunos terrenos de agricultura.
Zona de suelo aluvial somero	Ambiente al norte de la Cuenca con escasez de precipitación, deposición de suelo y relieve, que produjo una llanura aluvial de arcilla poco profunda (1 m). Con vegetación de pastos y magueyes (<i>Agave</i> sp.) y la fauna principalmente de conejos y venados.
Zona de suelo aluvial elevado	Ambiente cercano a Amecameca de 2450 y 2600 m, es un extenso depósito sedimentario, con bosque de encino y acacias. El río Amecameca con bosque de galería y fauna de venado cola blanca.
Zona de pie de monte bajo	Terreno donde inicia la elevación del monte, a 2350 m, con bosques maderables, arbustos y pastos. El sur con elevaciones, barrancas, bosque de encino y sitios de cultivo de maíz y pastoreo.
Zona de pie de monte medio	Ambiente a 2350 y 2500 m, terreno de pendiente moderada adyacente al pie de monte bajo, con bosque de encino de hoja ancha y venado cola blanca.
Zona de pie de monte alto	Ambiente a 2500 m en adelante, terreno de pendiente pronunciada con barrancas que marcan el paisaje. Con <i>Quercus</i> spp., <i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham., <i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch ex Endl., <i>Alnus</i> spp., tepozán (<i>Buddleja</i> sp.), madroño (<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth), arbustos y pastos, zona limítrofe del hábitat del venado cola blanca.
Zona de la sierra	Ambiente a 2700 y 5800 m, terreno accidentado sin asentamientos humanos, con cultivos ocasionales a 3000 m. Con bosques de coníferas y encinos, <i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltdl. & Cham., <i>Juniperus monticola</i> Martínez y los pinos: <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham., <i>P. montezumae</i> Lamb. y <i>P. hartwegii</i> Lindl.

Tabla 3. Las nueve zonas ambientales de la Cuenca de México (Sanders et al. 1979).

En la época mesoamericana la Cuenca norte, en la región de Zumpango, donde se ubicaba Xaltocan existió una menor densidad poblacional que el centro y sur, debido a que el norte era más seco y árido y no podía sostener poblaciones densas, excepto cuando surgía algún centro con capacidades organizativas para administrar el agua (riego de canales y desagüe de pantanos). Asimismo, existió una distribución de productos especializados, como sal, cal, maíz, frijol, amaranto, maguey y nopal (Parsons et al. 2008).

Macrorrestos botánicos en la Cuenca de México y en Xaltocan

Con base en la cronología mesoamericana, en seguida se señalan los estudios arqueológicos de la Cuenca de México, en los que se han recuperado macrorrestos en su mayoría carbonizados, identificados a nivel de especie únicamente de plantas de cultivo, comestibles o domesticadas. Estos trabajos se han enfocado en el sur y en periodos anteriores y posteriores al Posclásico Temprano y Medio.

1) Formativo. De sitios de ocupación humana temprana, al norte de la Cuenca en El Arbolillo, Cuanalan, Cuautitlán, Izcalli y Loma Terremote se ha registrado la presencia de recursos vegetales agrícolas y de recolección como *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Amaranthus hybridus* L., *Portulaca* sp., *Physalis* sp., *Amaranthus hypochondriacus* L., *Salvia* sp. y *Opuntia* sp. (Fuentes 1978; Reyna y González 1978; Vélez 2001).

Al sur de la Cuenca en Santa Catarina, Coapexco y Terremote (lago de Chalco-Xochimilco) se han encontrado plantas cultivadas y recolectadas por habitantes especializados en el aprovechamiento de recursos lacustres, como *Z. mays*, *P. vulgaris*, *Chenopodium* sp., *Opuntia* sp., *Argemone* sp., *Amaranthus* sp., *Portulaca* sp. y *Persea americana*, y los tules *Typha* sp., Cyperaceae y *Scripus* sp., utilizados para la construcción de los primeros islotes y chinampas, y en la cestería de estas aldeas tempranas (Smith y Tolstoy 1981; Serra-Puche 1988; Serra-Puche y Lazcano 2009).

2) Clásico. De sitios urbanos, al este de la Cuenca, en Tlajinga, Teotihuacan se ha documentado el aprovechamiento de recursos vegetales para la subsistencia y otras actividades económicas, como *Z. mays*, *P. vulgaris*, *P. coccineus*, *Physalis* sp., *Chenopodium* sp., *Amaranthus* sp., *Opuntia* spp., *Portulaca* sp., *Cucurbita* sp., *Prunus* sp. y *Crataegus mexicana*, así como *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl., *Ficus* sp. y *Gossypium* sp. También se han identificado ocho especies de cactáceas principalmente del género *Opuntia* Mill.: *O. hyptiacantha* F.A.C. Weber, *O. matudae* Scheinvar, *O. robusta* J.C. Wendl., *O. spinulifera* Salm-Dyck, *O. streptacantha* Lem. y *O. tomentosa* Salm-Dyck, *Echinocereus cinerascens* (DC.) Rumpler y *Echinofossulocactus anfractuosus* (Mart.) Lawr. (McClung 1977; Scheinvar y González 1985).

De sitios lacustres al norte de la Cuenca, en el lago de Xaltocan se registraron plantas de uso ritual en ofrendas como *Zea mays*, *Tagetes* sp. y *Chenopodiaceae*. Del Epiclásico, en el Valle de Toluca, en colindancia al oeste con la Cuenca de Mexico, en La Campana-Tepozoco, Santa Cruz Atizapan, se ha reportado el aprovechamiento de recursos agrícolas de *Z. mays*, *P. vulgaris* y *Amaranthus* sp. y lacustres de *Cyperus* sp., *Eleocharis* sp., *Polygonum* sp. y *Schoenoplectus* sp. (Martínez 2007; Morehart et al. 2012; Morehart y Crider 2016).

3) **Posclásico Temprano-Medio.** De sitios con asentamientos lacustres. Al norte de la Cuenca, en Xaltocan, se han localizado plantas en chinampas, isla y lago. En chinampas principalmente: *Zea mays*, *Phaseolus* sp., y *Cucurbita* sp. y otras plantas que en orden de abundancia son: *Trianthema* sp., *Chenopodium* sp., *Portulaca* sp., *Suaeda* sp., *Scirpus* sp., *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Amaranthus* sp., *Salvia* sp., *Polygonum* sp., *Poaceae*, *Solanaceae*, *Brassica* sp., *Capsicum* sp., *Physalis* sp., y *Ruppia* sp. En un análisis de microrrestos (polen y fitolitos) se reportó una alta presencia de maíz y menor de plantas acuáticas como *Typha* sp., *Nymphaea* sp., *Asteraceae*, *Poaceae* y *Cyperaceae*, y de la vegetación circundante *Salicaceae*, *Pinus* sp., *Populus* sp., *Quercus* sp., *Alnus* sp. y *Cupressus* sp. (Frederick et al. 2005; McClung y Martínez 2005; Morehart 2009; Morehart 2010, 2012).

En el lago e isla, se encontraron: *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* L., *P. coccineus* L., *Chenopodium* sp., *Chenopodium ambrosioides* L., *Amaranthus* spp., *Capsicum annuum* L., *Salvia* spp., *Crataegus mexicana* DC., *Prosopis* sp., *Prunus serótina* Ehrh., *Rubus* sp., *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console, *Opuntia* sp., *Jaltomata procumbens* (Cav.) J.L. Gentry, *Suaeda mexicana* (Standl.) Standl., *Portulaca oleracea* L., *Calandrinia* sp., *Crotalaria* sp. y *Helianthus* sp., de las cuales, la especie de mayor representación fue *Z. mays*. También estaban presentes taxones acuáticos como *Carex* sp., *Cyperus* sp., *Eleocharis* sp., *Fimbristylis* sp., *Schoenoplectus* sp., *Scirpus* sp., *Polygonum* sp., *Potamogeton* sp., *Ranunculus* sp., *Rumex* sp., *Ruppia* sp. y *Typha* sp. Como representantes de la vegetación local, algunas ciperáceas se pueden asociar a usos como la elaboración de petates y canastas, rellenos en la construcción de chinampas y consolidación de la superficie (McClung y Martínez 2005).

Del Posclásico Tardío, al oriente de la Cuenca, en Iztapalapa, de chinampas se registraron plantas cultivadas, como *Amaranthus hypochondriacus* L., *Physalis* sp., *Solanum rostratum* Dunal, *Z. mays* L. y *Chenopodium ambrosioides* L. y acuática emergentes: *Cyperus* sp., *Scirpus* sp. y *Ranunculus* sp., así como flotantes: *Chara* sp., *Hydrocotyle* sp., *Nymphaea* sp. y sumergidas: *Potamogeton* sp. y *Ruppia* sp., que indicaron que el medio acuático inicialmente salino y alcalino, cambió a dulce debido a la influencia humana de un manejo hidráulico (Ávila 1992).

LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS HERBÁCEAS DE MÉXICO. FLORA Y VEGETACIÓN

Las plantas acuáticas vasculares o hidrófitas herbáceas son plantas adaptadas al medio acuático en menor o mayor grado y se agrupan en tres categorías: **1) acuáticas o acuáticas estrictas:** plantas que desarrollan todo su ciclo de vida en el agua, **2) subacuáticas:** las que desarrollan su ciclo de vida en la orilla del agua y **3) tolerantes:** las que crecen en zonas secas, no obstante, también pueden crecer en suelos inundados. La riqueza de la flora acuática vascular (helechos, gimnospermas y angiospermas) en México consta de 86 familias, 262 géneros y 763 especies. Las tres familias de angiospermas con mayor riqueza son Asteraceae, Poaceae y Cyperaceae. Los estados de mayor riqueza son Veracruz, Estado de México, Chiapas y Oaxaca (Lot et al. 1998; Lot 2004).

La vegetación acuática y subacuática en México forma parte de la cubierta vegetal del país y se distribuye en todos los tipos de climas, desde el nivel del mar en las costas, hasta las aguas continentales de mayor altitud (4000 m) y en una franja de lagos, lagunas y zonas pantanosas de alta precipitación. Este tipo de vegetación, se divide en subtipos de acuerdo con su composición florística, estructura y distribución en: **1) tular y carrizal:** se encuentra en cuerpos de agua estacionaria, dulce o salobre de lagos y pantanos tropicales y montañosos, formado por monocotiledóneas arraigadas al suelo en agua poco profunda como *Schoenoplectus* spp. y *Typha* spp., **2) vegetación flotante:** crece en aguas tranquilas de poca corriente dulce o salobre, flotan sobre el agua arraigadas al fondo, y están géneros como *Nymphaea* spp., *Lemna* sp. y *Potamogeton* spp., **3) vegetación sumergida:** presente en aguas tranquilas transparentes, arraigadas al sustrato con permanencia bajo el agua, sólo las estructuras florales emergen, como en *Ruppia* sp. (Rzedowski 2006).

Las especies de las comunidades de hidrófitas herbáceas se agrupan en tres formas de vida: **1) hidrófitas enraizadas sumergidas:** plantas con raíces arraigadas al sedimento del cuerpo de agua, mantienen tallo y hojas sumergidos y los órganos reproductivos (flores) en ocasiones emergidos, como *Potamogeton* spp.; a veces cohabitan con las hidrófitas enraizadas emergentes, **2) hidrófitas enraizadas de hojas flotantes:** enraizadas al sustrato, mantienen postradas sus hojas sobre la superficie del agua y las flores ligeramente erguidas sobre el agua, como *Nymphaea* spp.; generalmente forman poblaciones puras, a veces extensas y dispersas entre los tulares e **3) hidrófitas enraizadas emergentes:** plantas con raíz arraigada al sedimento acuático que mantienen gran parte de los órganos vegetativos y reproductivos (tallos hojas y flores) emergidos, como *Schoenoplectus* spp. y *Typha* spp., denominados tulares (Lot y Novelo 1988).

Generalidades de Cyperaceae

Hierbas terrestres, acuáticas o subacuáticas, perennes o anuales, cespitosas, rizomatosas o estoloníferas; monoicas, ocasionalmente dioicas o andromonoicas. **Tallos** triangulares, circulares o prismáticos en sección transversal, ocasionalmente comprimidos, sólidos o rara vez huecos. **Hojas** alternas, arregladas en hileras de 3 o subdísticas basales o caulinares, vaina generalmente cerrada y lámina desarrollada o a veces reducida. **Inflorescencias** simples o compuestas. Flores agrupadas en **espiguillas** que forman espigas, racimos, panículas, umbelas, cimas corimbosas o capítulos, frecuentemente con brácteas involucrales. **Flores** bisexuales o unisexuales, en la axila de una bráctea (gluma); perianto ausente o reducido de una a varias cerdas y/o escamas o como un hipoginio cupuliforme; estambres 3 o menos, rara vez 6, libres, anteras 2-loculares, basifijas; ovario súpero, 1-locular, óvulo 1 anátropo-bitégmico, placentación basal, estilo 1. **Frutos en aquenios**, desnudos o cubiertos por un periginio de forma trigonal o lenticular. Polen liberado en pseudomónadas (tétradas). Polinización por anemofilia y entomofilia. Metabolismo fotosintético C4. Contienen almidón, pocos metabolitos secundarios y paredes celulares lignificadas. Cromosomas holocinéticos. Familia monofilética hermana de Juncaceae (González-Elizondo 2001; Diego-Pérez 2007; Simpson 2010; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013).

Distribución y hábitat: La familia tiene distribución cosmopolita, en el mundo 109 géneros y 5500 especies. En México 27 géneros con más de 450 especies, de los cuales 18 géneros y 125 especies son acuáticos o subacuáticos. En la Cuenca de México 14 géneros y 83 especies, distribuidos en todos los tipos de vegetación de la región de 2230 a 4100 m. El género *Cyperus* L. predomina en pastizal, bosque de encino, matorral xerófilo y bosque de pino. La mayoría de las especies de *Eleocharis* R. Br. son acuáticas o subacuáticas y *Schoenoplectus* (Rchb.) Palla es el único género exclusivo de hábitat acuático, sus especies crecen en orillas de canales y lagunas (González-Elizondo y Rzedowski 1983; González-Elizondo 2001; Diego-Pérez 2007; Simpson 2010; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013).

Etnobotánica: En el pasado, los antiguos egipcios utilizaban a *Cyperus papyrus* L. (el papiro) como material vegetal para un producto parecido al papel, como soporte de escritura. En la actualidad los principales géneros en el mundo con el mayor número de usos, en orden de frecuencia son: *Carex*, *Cyperus*, *Schoenoplectus*, *Eleocharis* y *Scleria*, con particular interés en economías regionales y locales. Las principales categorías de uso o de importancia económica, en orden de frecuencia son: forraje, malezas, construcción de diversos materiales, cestería, vestimenta, elaboración de papel, medicinal y comestible. Las especies acuáticas y subacuáticas constituyen el hábitat y alimento de vida silvestre y algunas se usan en fitorremediación (Simpson 2008; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013).

Síntesis de las investigaciones sobre la flora y la vegetación hidrófita en la Cuenca de México

A continuación, se presenta una síntesis de los estudios sobre la flora y vegetación acuática en la Cuenca de México, que han aportado un registro e información desde diferentes líneas de investigación.

Referente a la taxonomía, existen descripciones morfológicas y claves taxonómicas para la identificación de las fanerógamas (angiospermas y gimnospermas) de la Cuenca, entre ellas plantas acuáticas, con datos geográficos y de hábitat de las especies. Por ejemplo, Reiche (1926); Sánchez (1968); Martínez y Matuda (1981) y Rzedowski & Rzedowski (2001). También existen catálogos, manuales, floras y estudios sobre la diversidad de las angiospermas acuáticas para la República Mexicana y Cuenca de México (Lot y Novelo 1988, 2004; Lot y Zepeda-Gómez 2009; Lot 2012, 2013; Lot et al. 1998, 1999, 2013, 2015).

Las principales familias acuáticas registradas en los sitios lacustres de la Cuenca de México (en paréntesis se indica el número de especies) son: Lemnaceae (11), Polygonaceae (9), Asteraceae (8), Apiaceae (6), Poaceae (4) y Potamogetonaceae (4). Y especies emergentes como *Eleocharis macrostachya*, *Polygonum punctatum*, *Polygonum lapathifolium*, *Schoenoplectus americanus* y *Schoenoplectus tabernaemontani* y sumergidas como *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima* y *Stuckenia pectinata* (Ramírez-Cantú 1939; Lot y Novelo 2004).

Las plantas acuáticas útiles se han reportado en lagos como Zumpango, Xochimilco y Mixquic con 12 especies de las familias Cyperaceae: *Cyperus niger* Ruiz & Pav., *Eleocharis macrostachya* Britton, *Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller, *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Soják y *Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C. Gmel.) Palla, Potamogetonaceae: *Potamogeton foliosus* Raf., *Potamogeton illinoensis* Morong y *Stuckenia pectinata* (L.) y Polygonaceae: *Polygonum amphibium* L., *Polygonum lapathifolium* L. y *Polygonum punctatum* Elliott. Con los siguientes usos: forraje, abono, artesanal, medicinal y destacan en la construcción de cercas y techos, así como en la formación y protección de las chinampas (Miranda 1980; Lot y Novelo 2004).

Acerca del estudio de las diásporas que incluyen frutos y semillas de plantas acuáticas, se encuentran descripciones morfológicas con claves taxonómicas y fotografías de apoyo, que han registrado a las especies *Ceratophyllum* spp., *Nymphaea* sp., *Potamogeton* spp., *Sagittaria* spp., *Typha* sp. y *Ruppia maritima* (Olvera y Lot 1991; Espinosa-García y Sarukhán 1997).

De la flora acuática presente en chinampas de Xochimilco y Mixquic, se han reportado las familias Asteraceae (8), Poaceae (6), Polygonaceae (6) y Apiaceae (4), y se han distinguido cuatro ambientes chinamperos en los que crecen sus especies: **1)** canales principales (acalotes) de 4 a 6 m de profundidad, 20 m de ancho, con hidrófitas flotantes, **2)** canales entre chinampas (apancles) de 1 m de profundidad, 1 a 2 m de ancho, con hidrófitas flotantes, **3)** ciénagas o pantanos, con periodos alternados de inundación y

deseccación con hidrófitas flotantes y emergentes y 4) lagunas, amplias zonas abiertas con hidrófitas sumergidas (Novelo y Gallegos 1988).

En el lago salino y alcalino de Texcoco, de extensión aproximada de 100 km², profundidad de 0.5 m y clima templado, se han reportado especies de vegetación acuática emergente y sumergida, limitadas a canales, zanjas y lugares cercanos a manatales por la pérdida de hábitat, como *Typha latifolia* L., *Schoenoplectus tabernaemontani*, *Juncus balticus* Willd., *Lemna gibba* L., *Nymphaea* sp. y *Potamogeton* sp. Y especies halófilas, de llanura y de ambientes antropogénicos, como *Amaranthus hybridus* L. y *Chenopodium ambrosioides* L. (Rzedowski 1957).

En las ciénegas de Chiconahuapan, Chignahuapan y Chimaliapan del río Lerma, al oeste de la Cuenca, se registró una riqueza de 97 especies acuáticas, en su mayoría estrictas. Las principales familias fueron: Asteraceae (11), Cyperaceae (11), Lemnaceae (8), Poaceae (8), Apiaceae (6) y Polygonaceae (6). Posteriormente sólo en Chignahuapan, en el banco de semillas se encontró una riqueza de 60 especies, de las que destaca como la más abundante y frecuente *Schoenoplectus tabernaemontani*. Las principales familias fueron Cyperaceae (11), Asteraceae (11) y Polygonaceae (6). Consistieron en plantas con alta tolerancia ecológica y se distinguió la ausencia de las acuáticas estrictas registradas con anterioridad, como *Nymphaea gracilis* debido al deterioro de la comunidad vegetal (Zepeda-Gómez et al. 2012, 2015).

Estado actual de las plantas acuáticas en el Estado de México

El Estado de México por sus características biogeográficas es uno de los cinco estados con mayor diversidad de flora acuática en México. En esta entidad las plantas acuáticas habitan en lugares templados y de alta montaña, humedales dulceacuícolas como charcas, ciénegas, lagos y lagunas (ambientes lénticos o de poca corriente), arroyos y ríos (ambientes lóticos o de mayor corriente), así como en cuerpos de agua modificados o construidos por el ser humano, como canales de riego, presas y bordos. En el estado mexiquense se han registraron 16 familias de hidrófitas estrictas, como Potamogetonaceae y Ruppiaceae; y 18 subacuáticas o tolerantes, como Cyperaceae y Polygonaceae (Lot y Zepeda-Gómez 2009).

Las actividades antropogénicas como la contaminación y la desecación de los cuerpos de agua del territorio en los últimos 50 años, han conducido a la fragmentación y a la pérdida de los ecosistemas acuáticos y en consecuencia de sus poblaciones hidrófitas, principalmente de las sumergidas y emergentes, por ejemplo *Potamogeton illinoensis* y *Potamogeton pusillus* que están en peligro de desaparecer. Este escenario ha favorecido el establecimiento de malezas acuáticas y la sustitución de la flora nativa por especies invasoras altamente tolerantes a los cambios producidos por la actividad humana (Lot y Zepeda-Gómez 2009).

Las plantas acuáticas y subacuáticas tienen un papel importante en el equilibrio y en el desarrollo de la vida acuática, por lo que es necesaria la conservación de su medio: palustre (pantanos y ciénegas) y lacustre (lagos y lagunas). Entre sus funciones en los ecosistemas acuáticos se encuentran: **1)** ser productoras primarias y oxigenar el medio, **2)** proporcionar alimento y refugio a la fauna acuática y terrestre, **3)** generar energía en forma de detritus, **4)** capturar y estabilizar la formación de sedimentos, **5)** intervenir en el movimiento y reserva del agua y **6)** filtrar las impurezas del agua, así como fitorremediar ecosistemas alterados o dañados (Lot y Novelo 2004).

CAPÍTULO DOS. MÉTODOS

PROCEDENCIA Y SELECCIÓN DE LOS MACRORRESTOS BOTÁNICOS

Los macrorrestos proceden de excavaciones arqueológicas efectuadas por un equipo de arqueólogos de 1990 a 2007, en unidades domésticas de la isla y en algunos sitios del lago de Xaltocan, como parte de una amplia investigación enfocada en conocer la cronología, el cambio social, económico, político, demográfico y el uso de los recursos lacustres del sitio durante el Posclásico. Se excavaron 36 operaciones (OP) denominadas: B, C, D, E, F, G, G2, G3, G4, G5, G6, G7, H, I, J, K, S, W, X2, Y1, Y2, Y3, Y5, Z, Z1, Z2, ET OPA, ET OPB, ZOC A, ZOC B, ZOC C, PC 3, PC 4A, PC 4B, PC 4C y PC 5 (Figura 4). El criterio de excavación fue operación-nivel-área; la operación fue la unidad de posición y extensión de 2 m por 2 m, excepto Y5, Z y Z2 de 4.5 m por 2 m y ZOC A, ZOC B y ZOC C de 3 m por 7 m; el nivel la designación de profundidad (cada 10 cm, el pozo más profundo fue de 500 cm) y el área la unidad estratigráfica natural o cultural. Los macrorrestos se recuperaron de suelo tamizado en una malla de ¼ de pulgada y flotado en 4 litros de agua, a excepción de Y5, Z, Z2, ZOC A, ZOC B y ZOC C en 7 litros. El material botánico se encuentra depositado en cápsulas de gelatina clara, con un número de registro e información de procedencia, en el Laboratorio de Paleobotánica y Paleoambiente, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM (LPP, IIA, UNAM) (Brumfiel 2005b; 2007; 2009; Brumfiel y Rodríguez-Alegría 2009; Rodríguez-Alegría 2009).

Para seleccionar los macrorrestos de las plantas hidrófitas a estudiar, se revisó la base de datos de Xaltocan que contiene el registro plantas identificadas del sitio. Se agruparon sólo los taxones reconocidos en la literatura botánica como acuáticos y subacuáticos y se listaron los números de registro para la consulta y el análisis del material. Los macrorrestos provienen de 232 muestras arqueológicas, de las cuales en un inicio se desconocían el número de frutos por muestra y totales. La mayoría consistía en frutos pequeños, completos y carbonizados, los frutos incompletos se consideraron para el análisis sólo si se distinguían su forma y su tamaño (largo y ancho), ya que estas dos características son de valor taxonómico para la identificación.

Los macrorrestos se encontraban identificados con 39 taxones, la mayoría a nivel de género como: *Carex* sp., *Cyperus* sp., *Eleocharis* sp., *Eleocharis* sp. 1, *Eleocharis* sp. 2, *Eleocharis* sp. 3, *Eleocharis* sp. 4, *Fimbristylis* sp., *Schoenoplectus* sp., *Schoenoplectus* sp. 1, *Schoenoplectus* sp. 2, *Schoenoplectus* sp. 3, *Schoenoplectus* sp. 4, *Schoenoplectus* sp. 5, *Schoenoplectus* sp. 6, *Schoenoplectus* sp. 7, *Schoenoplectus* sp. 8, *Scirpus* sp., *Scirpus* sp. 1, *Scirpus* sp. 2, *Scirpus* sp. 3, *Scirpus* sp. 4, *Scirpus* sp. 5, *Scirpus* sp. 6, *Scirpus* sp. 7, *Polygonum* sp., *Potamogeton* sp., *Ranunculus* sp., *Rumex* sp., *Ruppia* sp. y *Typha* sp. Algunos macrorrestos estaban identificados a nivel de familia como: Cyperaceae, Cyperaceae 1,

Cyperaceae 2, Cyperaceae 3, Juncaginaceae, Potamogetonaceae y Polygonaceae; y a nivel de especie como *Cyperus erythrorhizos* Muhl (Base de datos interna del LPP, IIA, UNAM).

LA IDENTIFICACIÓN PALEOETNOBOTÁNICA DE LOS MACRORRESTOS

La identificación, la morfología vegetal y los caracteres

La identificación o determinación taxonómica es el proceso de asociar una entidad vegetal desconocida con una conocida o el reconocimiento de que no tiene una equivalente conocida. Una entidad botánica puede ser una planta viva, un ejemplar de herbario, la imagen fotográfica de una planta o material vegetal preservado en sitios arqueológicos. Para identificar una planta se estudian las características (de posibles taxones) que las distinguen y separan de otras, en descripciones, claves taxonómicas, monografías, catálogos, manuales y floras regionales. También se efectúan estudios comparativos con ejemplares de herbario y por último se consulta al especialista del grupo taxonómico para confirmar que la identificación sea la correcta (Pearsall 2000; Simpson 2010).

La morfología vegetal estudia la estructura interna y externa de la planta u órganos vegetales, se considera la base de la descripción taxonómica y constituye el dato más importante para delimitar y circunscribir un taxón. Un carácter es cualquier atributo que varía de un organismo otro, como los: **1) caracteres morfológicos**, son los más empleados en la sistemática y en plantas fósiles son la única evidencia disponible para la identificación, **2) caracteres ecológicos y biogeográficos**, son rasgos asociados al hábitat, distribución y localización de las especies y **4) caracteres estratigráficos**, son referentes a la localización de un organismo en una estratigrafía relacionada con una escala del tiempo, son de utilidad en la paleontología para describir un evento (Simpson 2010; Morrone 2013).

Para llevar a cabo el primer objetivo planteado y conocer a que especies correspondían los macrorrestos, se efectuó el proceso de identificación mediante: **1)** el análisis de la morfología externa de los ejemplares, **2)** el cotejo con las descripciones taxonómicas, **3)** el cotejo con los ejemplares del Herbario Nacional (MEXU), **4)** el cotejo entre las imágenes de los frutos actuales y los arqueológicos por medio de la fotomicrografía, **5)** la consulta con la especialista del principal grupo taxonómico (Cyperaceae) y la delimitación de especies y **6)** el cotejo con algunos ejemplares de colecta botánica.

Análisis de la morfología externa de los frutos arqueológicos

Para determinar los caracteres morfológicos de los frutos arqueológicos se analizó la morfología externa de cada uno con un microscopio estereoscópico Zeiss MC80, en el Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM. Se recopilaron y

se registraron los datos obtenidos en una base de datos en Excel. Los seis caracteres morfológicos de valor taxonómico evaluados fueron los siguientes:

1. Tamaño. Se midieron las dimensiones del aquenio, largo por ancho en milímetros (mm). El tamaño es un carácter morfológico de valor taxonómico en la identificación taxonómica (Simpson 2010).

2. Forma. Se indicó la figura geométrica a la que correspondía el fruto, con base en un cuadro estandarizado que convencionalmente se utiliza para las formas planas o representación bidimensional de una estructura vegetal. La forma es un carácter morfológico de valor taxonómico en la identificación taxonómica (Systematics Association Committee for Descriptive Biological Terminology IIa. 1962; Simpson 2010; Anexo 1).

3. Índice de la forma. Se indicó la proporción del largo, con respecto al ancho de la forma del aquenio, con base en un cuadro estandarizado (Systematics Association Committee for Descriptive Biological Terminology IIa. 1962; Simpson 2010; Anexo 1).

4. Simetría. Se indicó el tipo de simetría, con base en los planos de división que tiene una forma en sección transversal: bilateral o trígono.

5. Lados. Se indicó la curvatura de los lados del fruto: planos, cóncavos o convexos, y cuando fue necesario la forma de los vértices: obtusos (romos) o agudos (afilados).

6. Ápice del aquenio. Cuando fue necesario, se indicaron dos características de la región apical del aquenio que fueron:

A. Forma del ápice del aquenio. Se refiere a los márgenes de la región apical, hacia el proceso apical (distal: alejado del punto de origen) y depende del ángulo que formen con respecto al eje central, se indican como: **a) acuminado:** con márgenes curvados hacia dentro o cóncavos y ángulo de intersección de menos de 45°, **b) agudo:** con márgenes no curvados y ángulo de intersección de entre 45° y 90°, **c) obtuso:** con márgenes casi rectos y ángulo de intersección mayor de 90° y **d) redondeado,** márgenes curvados hacia fuera o convexos (Simpson 2010; Anexo 1).

B. Proceso apical. Se refiere a la región apical del aquenio que se prolonga como pico saliente, se indican como: **a) apiculado:** con pico agudo flexuoso e índice del largo con respecto al ancho de 3:1, puede ser corto, mediano o largo según el taxón, **b) aristado:** pico agudo rígido y largo en forma de aguja y **c) mucronado:** pico abrupto y corto (Simpson 2010; Anexo 1).

Otros caracteres y datos registrados fueron: **1)** color y superficie, en los frutos aquí tratados, ambos rasgos originales no se distinguieron, ya que se encontraron carbonizados, mineralizados o desecados. por lo que se indicaron de forma general, **2)** fruto completo o incompleto medible, **3)** tipo de preservación del fruto **4)** excavación donde se localizó el fruto, **5)** fotomicrografía efectuada, **6)** número de

registro, **7**) número de frutos por muestra, **8**) observaciones, como frutos desgastados, comprimidos, colapsados, agrietados, o con surcos por desgaste y **9**) taxón considerado previa y actualmente.

Cotejo con las descripciones taxonómicas

Las descripciones taxonómicas son un medio de identificación, con las cuales se comparan las características de los ejemplares desconocidos (Simpson 2010). Con el fin de encontrar taxones afines a los ejemplares como opciones para identificar a los macrorrestos, se revisaron las descripciones taxonómicas de plantas acuáticas y subacuáticas, con información de los caracteres morfológicos, caracteres biogeográficos (distribución geográfica y altitud) y caracteres ecológicos (clima y hábitat). Consistieron en claves taxonómicas, monografías, catálogos, manuales y floras de la República Mexicana y de la Cuenca de México (González 1989; Adams 1994; Tucker 1994; Tucker et al. 2002; González-Elizondo 1994, 2001; González-Elizondo et al. 2008; Haynes 2000; Haynes y Holm-Nielsen 2003; Calderón de Rzedowski 2001a, 2001b, 2001c; Novelo y Lot 2001a, 2001b, 2001c; Novelo 2005; Smith 2003; Smith et al. 2002; Diego-Pérez 2007; Castillejos y Solano 2008; Solano y Ayala 2008; Arroyo 2012; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; Martínez 2013; Ramírez García-Armora 2013; Fonseca 2017). Asimismo, se consultaron medios electrónicos de acceso público, como eFloras (efloras.org) y Tropicos (tropicos.org).

Este cotejo fue un primer referente para confirmar o excluir la presencia de posibles taxones en los frutos estudiados y de consulta constante en los pasos metodológicos sucesivos. Sin embargo, no fue suficiente para llegar a especie, ya que en ocasiones la literatura es escasa o no se detallan caracteres del fruto. Por ejemplo, en las descripciones de Polygonaceae para México, no se describen caracteres del fruto como índice de la forma, lados o forma del ápice. Para superar este aspecto se considera necesario efectuar el cotejo con ejemplares de herbario. Inicialmente se determinó que los frutos arqueológicos correspondieran a la familia y género que se indicaba previamente. Se indican los criterios importantes a continuación:

La familia Cyperaceae tiene un fruto del tipo aquenio, lenticular o trigonal, desnudo o incluido en una envoltura (periginio). En la Cuenca de México incluye 14 géneros, de los cuales cinco estaban registrados en los macrorrestos. Estos fueron inicialmente: *Carex* L., *Cyperus* L., Muhl., *Eleocharis* R. Br., *Fimbristylis* Vahl, *Schoenoplectus* (Rchb.) Palla y *Scirpus* L., pero este último se excluyó, ya que no se distribuye en la región, se conoce sólo en los estados de Baja California, Coahuila, Durango, Hidalgo y Veracruz (González-Elizondo 2001; Diego-Pérez y González Elizondo 2013). Se excluyeron nueve

géneros: *Abildgaardia* Vahl, *Amphiscirpus* Oteng-Yeb., *Bolboschoenus* (Asch.) Palla, *Bulbostylis* Kunth, *Fuirena* Rottb., *Karinia* Reznicek & McVaugh, *Kyllinga* Rottb., *Rhynchospora* Vahl, y *Uncinia* Pers.

Los géneros *Abildgaardia*, *Bolboschoenus* y *Fuirena* tienen una sola especie cada uno en la Cuenca, estas son *Abildgaardia mexicana* (Palla) Kral, *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla y *Fuirena simplex* Vahl, distribuidas entre los 2250 y 2700 m en terrenos inundables o a la orilla de cuerpos de agua, como el lago de Texcoco o en San Martín de las Pirámides. Las dos primeras tienen un fruto de 2 a 4 mm de largo por 1.5 a 2.5 mm de ancho, de forma obovada a elipsoide y *A. mexicana* con lados convexos (González-Elizondo 2001). Aunque la altitud y el hábitat son similares al área de estudio lacustre de 2240 m, la morfología del fruto no correspondió a ningún fruto arqueológico, ya que estos tuvieron un menor tamaño de 0.7 a 3.4 mm de largo por 0.4 a 2.4 mm de ancho y los obovados o elípticos, sin lados convexos. Por la combinación de tamaño, forma y lados se descartaron a estas especies.

Para *F. simplex* el aquenio es trígono de hasta 1.1 mm de largo, un tamaño muy reducido en comparación con el tamaño de los ejemplares trígonos estudiados con intervalo de largo de 1 a 1.7 mm. *Amphiscirpus* y *Karinia* son géneros monotípicos, es decir, que tienen sólo una especie. *Amphiscirpus nevadensis* (S. Watson) Oteng-Yeb. es una planta poco común encontrada a 2250 m en zonas templadas y en el suelo salino del lago de Texcoco, con aquenio plano-convexo o muy desigualmente biconvexo, no apiculado, de 2 a 2.9 mm de largo por 1.5 a 2.2 mm de ancho y superficie finamente reticulada (González-Elizondo 2001). La altitud y el hábitat fueron cercanos a la zona de estudio, sin embargo, la morfología no correspondió, ya que los macrorrestos plano-convexos, fueron apiculados y de menor tamaño de 0.7 a 2.8 mm de largo por 0.4 a 1.9 mm de ancho.

Karinia mexicana (C. B. Clarke ex Britton) Reznicek & McVaugh crece entre los 2500 y 2700 m en bosque de encino, con aquenio trígono, de 0.5 a 1.25 mm de longitud por 0.6 a 0.7 mm de ancho y lados planos o algo cóncavos (González-Elizondo 2001). Estos atributos no se ajustaron a los rasgos ecológicos del antiguo lago de Xaltocan de 2240 m de altitud y a la morfología de los frutos arqueológicos trígonos o de simetría trigonal, que fueron de mayor tamaño de 1 a 1.7 mm de largo por 0.6 a 0.9 mm de ancho y lados marcadamente cóncavos.

Bulbostylis contiene dos especies en la Cuenca: *Bulbostylis funckii* (Steud.) C.B. Clarke y *Bulbostylis juncooides* (Vahl) Kük. ex Osten. La primera es una planta escasa, ubicada a 2400 m en áreas de disturbio o pastizales sobrepastoreados, de fruto obovado o subgloboso de 1.5 mm de largo por 1 a 1.2 mm de ancho. Aunque el hábitat se podía ajustar a un Xaltocan con un paisaje modificado, la altitud no se acercó. Además, los caracteres morfológicos no pertenecieron a los arqueológicos obovados, plano-convexos, sin tendencia a subglobosos. Si bien, el tamaño correspondía, la combinación de caracteres no se ajustó. La segunda especie es de amplia distribución, entre los 2200 y 2900 m en pastizales, matorrales

xerófilos, bosques de *Quercus* spp., *Juniperus* spp. o *Pinus* spp., con aquenio obovado de 1 a 1.5 mm de largo, ángulos obtusos y superficie transversalmente rugosa (González-Elizondo 2001). En este caso, aunque la altitud correspondió, el tipo de vegetación y la morfología no, ya que los frutos estudiados obovados, de tamaño semejante, no tuvieron ángulos obtusos y tampoco superficie o marca de superficie rugosa transversal.

Kyllinga tiene dos especies en la Cuenca: *Kyllinga odorata* Vahl y *Kyllinga pumila* Michx. La primera está distribuida entre los 2250 y 2900 m en pastizales, encinares, matorral xerófilo y bosque de *Abies* sp., ocasionalmente a orilla de canales y lagunas. Ambas tienen el aquenio lenticular, elíptico a obovado de 0.9 a 1.7 mm de largo por 0.4 a 0.9 mm de ancho (González-Elizondo 2001). Aunque la altitud y el hábitat se aproximaron al área de estudio, la morfología no, ya que el único fruto arqueológico lenticular o bilateral encontrado tuvo forma ovada y un tamaño diferente de 1.5 mm de largo por 1.1 mm de ancho, por lo que fueron descartadas.

Rhynchospora incluye dos especies en la Cuenca: *Rhynchospora aristata* Boeckeler y *Rhynchospora kunthii* Nees ex Kunth. Ambas especies se encuentran entre los 2300 y 3150 m en lugares encharcados de pastizales, matorral de *Baccharis* sp., bosques de encino y de oyamel, con aquenio biconvexo, obovado, superficie con hileras de celdillas, la primera de 2 a 2.5 mm de largo por 2.1 a 2.5 mm de ancho y la segunda de 1.2 a 1.6 mm de largo (González-Elizondo 2001). Ambas especies fueron descartadas, ya que no hubo frutos arqueológicos biconvexos con superficie o marca de superficie de celdillas.

Uncinia (en la actualidad *Carex*) tiene dos especies en la Cuenca: *Uncinia hamata* (Sw.) Urb. y *Uncinia phleoides* (Cav.) Pers. Las dos están registradas en una sola localidad en el Desierto de los Leones entre los 2700 y 3000 m en bosque mesófilo de montaña, con aquenio elíptico a linear-oblongo de 3.2 a 5 mm de largo (González-Elizondo 2001). Estos atributos de hábitat y morfológicos no pertenecieron a los ejemplares arqueológicos lacustres, de 2240 m, ya que los elípticos tuvieron un menor tamaño de 1 a 1.7 mm de largo.

La familia Juncaginaceae tiene un fruto del tipo folículo, dehiscente o no y erecto o ligeramente recurvado en el ápice. En la Cuenca de México tiene un género y una especie: *Triglochin mexicanum* Kunth. distribuida a 2250 m en aguas poco profundas y tranquilas, salobres o salinas, pantanos, lagos y lagunas, con fruto esquizocarpo elipsoide y recurvado (Novelo y Lot 2001b). Únicamente hubo un ejemplar registrado en los macrorrestos con esta familia de forma obovada y simetría plano-convexa. Aunque la altitud y el hábitat fueron semejantes a la región de estudio, el fruto de Juncaginaceae no correspondió y a ningún fruto arqueológico que fueron del tipo aquenio.

La familia Polygonaceae tiene un fruto del tipo aquenio, lenticular o trígono, frecuentemente rodeados de tépalos acrescentes, con un pericarpo generalmente lustroso y delgado. En la Cuenca de México comprende tres géneros de los cuales dos se encontraban registrados en los macrorrestos: *Polygonum* L. y *Rumex* L. Se excluyó el otro género que conforma a la familia: *Eriogonum* Michx., que incluye sólo a la especie *Eriogonum jamesii* Benth, se trata de una planta escasa en la región, hallada a 2500 m en matorrales xerófilos y pastizales, con un fruto trígono de 4 mm de largo (Calderón de Rzedowski 2001a; Fonseca 2017). El hábitat y la morfología no correspondieron a los macrorrestos lacustres de menor altitud y de menor tamaño de 0.7 a 3.4 mm de largo por 0.4 a 2.4 mm de ancho.

La familia Potamogetonaceae tiene un fruto del tipo aquenio, con endocarpo endurecido, dorsalmente redondeado o crestado. En la Cuenca de México se distribuyen dos géneros, principalmente dulceacuícolas con algunas especies de agua salobre. En los macrorrestos se encontraba registrado sólo el género *Potamogeton* L., sin embargo, se incorporó al análisis el otro género *Stuckenia* Börner (anteriormente *Coleogeton* (Rchb.) Les & R.R. Haynes) (Novelo y Lot 2001a; Martínez 2013; tropicos.org). Tanto el hábitat como la morfología del fruto de *Potamogeton* y *Stuckenia* tuvieron semejanza de hábitat y morfológica con los frutos arqueológicos del lago salobre de Xaltocan. Por ello, se consideraron a ambos géneros presentes en los macrorrestos.

La familia Ranunculaceae tiene un fruto del tipo aquenio o folículo. En la Cuenca de México tiene cinco géneros, de los cuales únicamente *Ranunculus* L. estaba registrado en las macrorrestos. Se descartaron cuatro géneros: *Aquilegia* L., *Clematis* L., *Delphinium* L. y *Thalictrum* L. Los géneros *Aquilegia*, *Delphinium* y *Clematis* tienen una sola especie en la Cuenca, estas son: *Aquilegia skinneri* Hook. f., *Delphinium pedatisectum* Hemsl y *Clematis dioica* L. Las dos primeras son encontradas entre 2800 a 3000 m en zacatal, matorral, bosque de *Abies* sp. y de *Quercus* sp., sólo en los municipios de El Chico, Real del Monte y Tepozotlan, con frutos del tipo folículo (Calderón de Rzedowski 2001b). Tanto la altitud elevada, comparada con la de Xaltocan, el hábitat no lacustre y el tipo de fruto, no correspondieron a los frutos estudiados del tipo aquenio que fueron de menor tamaño.

C. dioica L. es de amplia distribución entre los 2300 a 2900 m en zonas montañosas, con aquenios de 3 a 4 mm de largo (Calderón de Rzedowski 2001b). La altitud y el hábitat no fueron cercanos a la zona de estudio, al igual que al tamaño menor de los aquenios arqueológicos de 0.7 a 3.4 mm de largo. El género *Thalictrum* comprende cuatro especies en la zona: *Thalictrum gibbosum* Lecoy., *Thalictrum pachucense* Rose, *Thalictrum pubigerum* Benth. y *Thalictrum strigillosum* Hemsl., distribuidas entre los

2350 a 3000 m en matorrales, zacatales, bosque mesófilo, de encino, de pino y de oyamel, tienen un aquenio asimétrico, de 3 a 8 mm de largo (Calderón de Rzedowski 2001b). Ningún carácter de hábitat y morfológico perteneció a los ejemplares estudiados con aquenios simétricos y de tamaño menor. Las especies de *Ranunculus* continuaron en el siguiente cotejo.

La familia Ruppiceae tiene un fruto del tipo aquenio, pediculado, ovado, asimétrico, dorsalmente redondeado o crestado. En la Cuenca de México sólo incluye el género *Ruppia* L. ubicado con anterioridad en la familia Potamogetonaceae, en la actualidad pertenece a la familia del mismo nombre. Es una planta cosmopolita de aguas continentales o costeras y alcalinas, salobres o rara vez dulces (Novelo y Lot 2001a; Ramírez García-Armora 2013; tropicos.org). Este taxón se encontraba en los macrorrestos. Los caracteres de hábitat se ajustaron al lago salobre y alcalino xaltocameca y a la morfología de algunos frutos arqueológicos de forma ovpiriforme y de asimétricos a biconvexos. Se corroboró la presencia de *Ruppia*, la especie se definió posteriormente.

La familia Typhaceae tiene un fruto del tipo cápsula fusiforme, dehiscente. La Cuenca de México tiene un género *Typha* L. con dos especies: *Typha domingensis* Pers. y *Typha latifolia* L., localizadas a 2250 m en aguas dulces y tranquilas de lagos, lagunas, pantanos, zanjas y canales, tienen fruto fusiforme, de 1 a 1.5 mm de largo (Novelo y Lot 2001c). El macrorresto identificado previamente como Typhaceae tuvo un mayor tamaño de 6.6 mm de largo por 1.3 mm de ancho, forma linear y simetría bilateral. Aunque el hábitat de la familia es similar al de Xaltocan, el fruto no perteneció al género *Typha*.

Mediante esta primera identificación de nivel familia a género, las familias Juncaginaceae y Typhaceae fueron descartadas y se redujo el grupo de taxones posibles, delimitando 11 géneros considerados hasta esta etapa presentes en los macrorrestos que fueron: *Carex*, *Cyperus*, *Eleocharis*, *Fimbristylis*, *Schoenoplectus*, *Potamogeton*, *Stuckenia*, *Polygonum*, *Rumex*, *Ruppia* y *Ranunculus*. Continúo la determinación a nivel de especie.

Cotejo con los ejemplares del Herbario Nacional (MEXU)

La comparación de ejemplares desconocidos con ejemplares de herbario es otro método de identificación (Simpson 2010). Se removieron aquenios actuales de ejemplares herborizados del Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (IB, UNAM). El procedimiento consistió en: **1)** solicitar la separación de aquenios de las especies de los géneros: *Carex*, *Cyperus*, *Eleocharis*, *Fimbristylis*, *Schoenoplectus*, *Potamogeton*, *Stuckenia*, *Polygonum*, *Rumex*, *Ruppia*

y *Ranunculus*, **2)** elegir un ejemplar identificado correctamente, de ser posible por el especialista del grupo taxonómico, **3)** corroborar la identificación con la descripción de la especie, ya que en ocasiones puede estar incorrecta o sin actualizar, **4)** seleccionar y remover sólo algunos frutos maduros, anotar los datos de etiqueta del ejemplar y **5)** seguir las indicaciones de procedimiento del MEXU. Los frutos removidos se resguardaron en capsulas de gelatina clara en el Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM y en la Colección de frutos y semillas del IB, UNAM.

Este método ofreció la posibilidad de observar de forma directa las características de los frutos actuales y tener un segundo referente comparativo. A partir del conjunto de géneros identificados en el cotejo anterior, continuó el análisis a nivel de especie con las descripciones taxonómicas, pero ahora se integró el análisis morfológico de los frutos actuales del MEXU.

Familia Cyperaceae

El género *Carex* L. tiene aquenios lenticulares, plano-convexos o triangulares, incluidos en una envoltura en forma de bolsa (periginio), al madurar quedan dentro del periginio, este nunca grueso y crustáceo en la base, con dos o más nervaduras y abierto sólo en el ápice. La Cuenca de México tiene 30 especies: *Carex anisostachys* Liebm., *Carex boliviensis* Van Heurck & Müll. Arg., *Carex brachycalama* Griseb., *Carex brunnipes* Reznicek, *Carex chordalis* Liebm., *Carex ciliaris* Fernald, *Carex cochraney* Reznicek, *Carex cortesii* Liebm., *Carex coulteri* Boott ex Hemsl., *Carex curviculmis* Reznicek, *Carex echinata* Roth, *Carex geophila* Mack., *Carex hermannii* Cochrane, *Carex humboldtiana* Steud., *Carex involucratella* Mack., *Carex ixtapalucensis* Reznicek, *Carex lagunensis* M.E. Jones, *Carex longicaulis* Boeckeler, *Carex longii* Mack., *Carex marianensis* Stacey, *Carex orizabae* Liebm., *Carex peucophila* Holm, *Carex planostachys* Kunze, *Carex polystachya* Sw. ex Wahlenb., *Carex praegracilis* W. Boot, *Carex spilocarpa* Steud., *Carex tuberculata* ex Wahlenb., *Carex turbinata* Liebm., *Carex vallicola* Dewey y *Carex xalapensis* Kunth. (González-Elizondo 2001; Diego-Pérez y González Elizondo 2013).

Se removieron los aquenios de estas especies, excepto de *C. cochraney*, *C. curviculmis*, *C. ixtapalucensis*, *C. orizabae* y *C. vallicola*, ya que no hubo ejemplar, estas sólo se cotejaron con la literatura. Para examinar la morfología del aquenio se retiró el periginio. Por medio de ambos métodos de cotejo se excluyó un primer conjunto de 20 especies: *C. anisostachys*, *C. boliviensis*, *C. brunnipes*, *C. chordalis*, *C. cochraney*, *C. cortesii*, *C. curviculmis*, *C. echinata*, *C. ixtapalucensis*, *C. longicaulis*, *C. marianensis*, *C. orizabae*, *C. polystachya*, *C. spilocarpa*, *C. tuberculata*, *C. turbinata*, *C. vallicola*, *C. brachycalama*, *C. geophila* y *C. hermannii*.

Estas especies tuvieron una distribución entre los 2700 y 4300 m en bosque de *Quercus* sp., de *Abies* sp., de *Cupressus* sp., de *Pinus* sp., de *Pinus hartwegii* Lindl., zacatonales alpinos y lugares cenagosos. Las tres últimas se restringen a la región alpina del Iztaccíhuatl y Popocatepetl entre 3550 y 3850 m. El fruto de 13 especies poco probables tuvo simetría trigonal (*C. anisostachys*, *C. boliviensis*, *C. brachycalama*, *C. brunnipes*, *C. chordalis*, *C. cortesii*, *C. geophila*, *C. ixtapalucensis*, *C. longicaulis*, *C. polystachya*, *C. spilocarpa*, *C. tuberculata* y *C. turbinata*) y el fruto de las otras siete especies fue bilateral. Los trigonales tuvieron forma elíptica, elíptica obovada, elíptica-oblonga u oblongo-ovoide, de 1.5 a 2.7 mm de largo por 0.7 a 2.5 mm de ancho y los oblongos de 1.7 a 2 mm de largo por 0.7 mm de ancho. Los frutos bilaterales tuvieron forma obovada (*C. hermannii*, *C. cochraney* y *C. curvicalmis*), orbicular (*C. vallicola*) y ovada (*C. orizabae*, *C. echinata* y *C. marianensis*) y tamaño de 1.2 a 2 mm de largo por 0.8 a 2 mm de ancho (González-Elizondo 2001; Anexo 2).

La altitud muy elevada y el hábitat boscoso de estas especies no correspondieron a la zona de estudio lacustre de 2240 m. La morfología de los frutos consultados tampoco se ajustó a la de los frutos arqueológicos, debido a que la mayoría de los macrorrestos trígono, fueron elípticos-oblongos de menor tamaño (1 a 1.7 mm de largo por 0.6 a 0.9 mm de ancho) y dos de forma marcadamente ovada. Asimismo, la mayoría de los arqueológicos lenticulares, fueron ovpiriformes y de asimétricos a biconvexos hacia la base y aunque su tamaño (1.1 a 1.9 mm de largo por 0.8 a 1.4 mm de ancho) se acercaba, la forma y el tamaño los excluyó, así como un macrorresto lenticular ovado con tendencia a circular y lados marcadamente cóncavos.

Posteriormente se descartaron nueve especies: *C. ciliaris*, *C. coulteri*, *C. humboldtiana*, *C. involucratella*, *C. lagunensis*, *C. longii*, *C. planostachys*, *C. xalapensis* y *C. peucophila*. Con base en la literatura y en la colección de referencia, este conjunto de especies se distribuye entre los 2350 a 2800 m (fuera de la Cuenca a 2100 m) en bosque de pino-encino, de encino, pastizales halófilos, matorral, matorral crasicaule perturbado, encinares perturbados y en bordes de cultivos. La simetría del fruto de estas especies fue trigonal y lenticular. Los frutos trigonales (*C. ciliaris*, *C. coulteri*, *C. humboldtiana* y *C. planostachys*) tuvieron forma obovada y elíptica de 1.7 a 3 mm de largo por 1 a 1.6 mm de ancho. Las especies con frutos bilaterales (*C. involucratella*, *C. lagunensis*, *C. longii*, *C. xalapensis* y *C. peucophila*) tuvieron sus frutos de forma ovada y orbicular (circular) de 1.5 a 2.4 mm de largo por 0.7 a 1.7 mm de ancho y lados al menos uno plano y el otro convexo o ligeramente cóncavo (González-Elizondo 2001; Anexo 2).

Tanto la altitud como el hábitat se aproximaron al antiguo lago de Xaltocan de 2240 m. Sin embargo, la morfología de los frutos cotejados no correspondió a la de los arqueológicos trigonales, elípticos, de menor tamaño (1 a 1.7 mm de largo por 0.6 a 0.9 mm de ancho) y a dos macrorrestos

trígonos, de forma ovada. Tampoco se ajustaron a los frutos arqueológicos lenticulares ovados, de menor tamaño (1.1 a 1.9 mm de largo por 0.8 a 1.4 mm de ancho), tendentes a ovpiriformes y de asimétricos a biconvexos hacia la base. Asimismo, a un macrorresto lenticular ovado de 1.5 mm de largo, con índice de la forma amplia (1:1) o tendencia a circular y ambos lados marcadamente cóncavos. La combinación de los rasgos de tamaño, forma, índice de la forma y lados excluyó a estas especies.

El género *Cyperus* L. tiene aquenios trígonos, triquetros o lenticulares, de color y textura variable. En la Cuenca de México incluye 28 especies: *Cyperus aggregatus* (Willd.) Endl., *Cyperus apiculatus* Liebm., *Cyperus arsenei* O'Neill & Ben. Ayers, *Cyperus aschenbornianus* Boeckeler, *Cyperus calderoniae* S. González, *Cyperus esculentus* L., *Cyperus fendlerianus* Boeckeler, *Cyperus flavescens* L., *Cyperus hermaphroditus* (Jacq.) Standl., *Cyperus laevigatus* L., *Cyperus manimae* Kunth, *Cyperus mutisii* (Kunth) Andersson, *Cyperus niger* Ruiz & Pav., *Cyperus ochraceus* Vahl, *Cyperus odoratus* L., *Cyperus pallidicolor* (Kük.) G.C. Tucker, *Cyperus pennellii* O'Neill & Ben. Ayers, *Cyperus pycnostachyus* (Kunth) Kunth, *Cyperus reflexus* Vahl, *Cyperus rotundus* L., *Cyperus sanguineo-ater* Boeckeler, *Cyperus semiochraceus* Boeckeler, *Cyperus seslerioides* Kunth, *Cyperus spectabilis* Link, *Cyperus sphaerolepis* Boeckeler, *Cyperus squarrosus* L., *Cyperus uniolooides* R. Br. y *Cyperus virens* Michx. (González-Elizondo 2001; Diego-Pérez y González Elizondo 2013).

Se obtuvieron los aquenios de 23 especies, excepto de: *C. apiculatus*, *C. calderoniae*, *C. flavescens*, *C. niger* y *C. pycnostachyus*, ya que no se encontraron ejemplares, de ellas sólo se revisó la descripción taxonómica. Desde un inicio se descartó la especie registrada con anterioridad en los macrorrestos como *Cyperus erythrorhizos* Muhl., debido a que su distribución no correspondió con la zona de estudio. Se trata de una planta endémica de Norteamérica, distribuida de Ontario, Minnesota y Washington al sur de Florida, Texas y el norte de Baja California, cercana al nivel del mar, en bordes de lagos, arroyos y ríos. En México es rara (Tucker 1994; Tucker et al. 2002).

Se eliminaron cinco especies: *C. aschenbornianus*, *C. flavescens*, *C. laevigatus*, *C. niger* y *C. uniolooides*. Son plantas registradas entre los 2250 y 3100 m en bosque de encino, de pino-encino, de *Abies* sp., pastizal, matorral xerófilo, zonas inundables, lugares salobres y orilla de arroyos y lagos. El fruto tiene simetría bilateral, forma elíptica, obovada y orbicular de 1 a 2 mm de largo por 0.4 a 1.2 mm de ancho y lados biconvexos o plano-convexo (González-Elizondo 2001; Anexo 2). La altitud y el hábitat de las especies se aproximaron a la región lacustre de estudio de 2240 m. No obstante, la morfología del frutos cotejados no fue semejante a la de los frutos arqueológicos, ya que la mayoría de los macrorrestos lenticulares, tuvieron forma ovpiriforme y de asimétricos a biconvexos hacia la base y uno tuvo forma ovada y lados marcadamente cóncavos. Si bien, un rasgo analizado de manera aislada se podía ajustar,

como el tamaño de los macrorrestos (1.1 a 1.9 mm de largo por 0.8 a 1.4 mm de ancho), la forma y los lados descartaron a estas especies como posibles.

Después se excluyeron 20 especies: *C. apiculatus*, *C. arsenei*, *C. calderoniae*, *C. fendlerianus*, *C. hermaphroditus*, *C. ochraceus*, *C. odoratus*, *C. pallidicolor*, *C. pennellii*, *C. pycnostachyus*, *C. reflexus*, *C. sanguineo-ater*, *C. semi ochraceus*, *C. seslerioides*, *C. spectabilis*, *C. sphaerolepis*, *C. squarrosus*, *C. virens*, *C. esculentus* y *C. rotundus* (las dos últimas fueron descartadas, ya que son especies introducidas). Estas plantas tienen su hábitat entre 2238 y 3250 m, en bosque mesófilo de montaña, de pino, de *Pinus cembroides* Zucc., de pino-encino, de encino, pastizal, matorral xerófilo, lugares húmedos o inundados, en cultivos, a orilla de canales, arroyos, caminos y en lugares perturbados o reforestados. Todas tuvieron aquenio trígono y forma obovada, ovada, elíptica u oblonga. Los ovados a obovados (*C. arsenei*, *C. fendlerianus*, *C. sphaerolepis*, *C. squarrosus*, *C. reflexus* y *C. seslerioides*) tuvieron 0.9 a 2 mm de largo por 0.3 a 1.6 mm de ancho y lados de planos a cóncavos. Los sólo elípticos (*C. calderoniae*, *C. esculentus*, *C. hermaphroditus*, *C. ochraceus*, *C. pallidicolor*, *C. pennellii*, *C. rotundus*, *C. spectabilis* y *C. virens*) midieron de 1 a 2.2 mm de largo por 0.3 a 1 mm de ancho con lados planos, cóncavos y convexos. El sólo oblongo (*C. apiculatus*) tuvo 1.6 a 2.1 mm de largo por 0.6 a 0.8 mm de ancho y lados planos a cóncavos. El elíptico-ovado (*C. semiochraceus*) tuvo un tamaño de 0.8 a 1 mm de largo por 0.3 a 0.6 mm de ancho, con dos lados convexos y uno cóncavo. Y los elípticos-oblongos (*C. sanguineo-ater*, *C. odoratus* y *C. pycnostachyus*) tuvieron 1 a 2 mm de largo por 0.5 a 1.3 mm de ancho, con lados planos y cóncavos, las dos últimas con simetría desigual (González-Elizondo 2001; Tucker 1994; Anexo 2).

Tanto la altitud, como el hábitat pantanoso o de lugares inundados de las especies se ajustaban al ecosistema lacustre de Xaltocan. Sin embargo, se diferenciaron de los macrorrestos que fueron trígonos, elípticos ligeramente oblongos, de 1 a 1.7 mm de largo por 0.6 a 0.9 mm de ancho y lados ligeramente cóncavos. Estos se parecían sólo en forma y tamaño a los frutos de las tres últimas especies. No obstante, se diferenciaron de *C. odoratus* y *C. pycnostachyus* porque estas tienen simetría trigonal desigual y la primera aquenio curvo, a diferencia de los estudiados con simetría trigonal uniforme (sin curvatura). También se distinguieron de *C. sanguineo-ater*, porque ésta tiene tendencia a ovado y lados marcadamente cóncavos, en contraste con los analizados sin tendencia a lo ovado y con lados sólo ligeramente cóncavos. Asimismo, difirieron de dos frutos arqueológicos trígonos ovados, que tuvieron un mayor tamaño (1.7 mm de largo por 1.1 mm de ancho y de 2.4 mm de largo por 1.6 mm de ancho).

El género *Eleocharis* R. Br. tiene aquenios biconvexos o triangulares, ápice obtuso, simetría plano-convexa o circular y superficie lisa o variadamente rugosa. En la Cuenca de México comprende ocho especies: *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult., *Eleocharis bonariensis* Nees, *Eleocharis*

cancellata S. Watson, *Eleocharis montana* (Kunth) Roem. & Schult., *Eleocharis macrostachya* Britton, *Eleocharis densa* Benth., *Eleocharis dombeyana* Kunth y *Eleocharis montevidensis* Kunth. (González-Elizondo 2001; Diego-Pérez y González Elizondo 2013). De todas las especies se tomaron aquenios de ejemplares de herbario.

Se eliminaron tres especies: *E. acicularis*, *E. bonariensis* y *E. cancellata*, son plantas distribuidas entre los 2250 y 3500 m en bosque mixto, mesófilo, de *Abies* sp., de pino-encino, pastizales y en orilla de zanjas o en campo húmedo, en ciénegas y matorral de encino con *Pinus arizonica* Engelm. y *Juniperus deppeana* Steud. Tuvieron aquenios de 0.5 a 1.5 mm de largo y simetría de cilíndrica a obtusamente triangular (González-Elizondo 2001; Anexo 2). Si bien, la altitud y el hábitat se aproximaron a la región de estudio de suelo húmedo a 2240 m, el tamaño y la simetría del fruto no correspondieron, ya que todos los macrorrestos tuvieron un largo de entre 0.7 a 3.4 mm y ninguno fue cilíndrico u obtusamente triangular.

Posteriormente se excluyeron *E. montana* y *E. montevidensis*, son plantas ubicadas entre los 2250 y 3100 m en lugares cenagosos de pastizales, matorrales xerófilo, matorral de *Juniperus* sp., bosque de *Abies* sp., pinares, encinares y orilla de corrientes o depósitos de agua. Ambas especies tuvieron aquenios obovados o piriformes de 0.8 a 1.3 mm de largo por 0.7 a 1 mm de ancho y superficie reticulada. En *E. montana* el aquenio fue trígono a biconvexo con una costilla longitudinal en la cara abaxial y ángulos acostillados y en *E. montevidensis* de trígono a plano-convexo, a veces con una débil costilla adicional en la cara ancha (González-Elizondo 2001; Anexo 2). Aunque la altitud y el hábitat cenagoso se ajustaban al Xaltocan lacustre de 2240 m, los frutos de estas especies se diferenciaron de los macrorrestos que tuvieron simetría plano-convexa, forma obovada (no piriforme) y ausencia de costilla y de ángulos acostillados.

El género *Fimbristylis* Vahl tiene aquenios biconvexos o triangulares y superficie de lisa a variadamente rugosa. En la Cuenca de México hay tres especies: *Fimbristylis annua* (All.) Roem. & Schult., *Fimbristylis argillicola* Kral y *Fimbristylis complanata* (Retz.) Link. De estas especies se obtuvieron aquenios herborizados. Se eliminaron las tres especies, localizadas entre los 2250 y 2650 m en suelos húmedos, pantanosos, orilla de arroyos, pastizales, matorral xerófilo, bosque de encino, encinar perturbado y áreas de disturbio abiertas. Tuvieron aquenios con forma obpiriforme, simetría trigonal a biconvexa, de 1 a 1.6 mm de largo por 0.8 a 1.4 mm de ancho y superficie finamente reticulada con celdillas (González-Elizondo 2001; Anexo 2). Aunque la altitud y el hábitat se aproximaron a Xaltocan, así como el tamaño del fruto (1.1 a 1.9 mm de largo por 0.8 a 1.4 mm de ancho) difirieron de los frutos arqueológicos que tuvieron simetría biconvexa, forma ovpiriforme y ausencia de marca de superficie reticular.

El género *Schoenoplectus* (Rchb.) Palla tiene aquenios biconvexos, plano-convexos o triangulares, lisos o diminutamente reticulados o puntiformes, generalmente apiculados, con el pico del mismo color y textura como el resto del aquenio. En la Cuenca de México tiene tres especies: *Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller, *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Soják y *Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C. Gmel.) Palla (González-Elizondo 2001; González-Elizondo et al. 2008; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013). De las tres especies se extrajeron aquenios del herbario. La mayoría de los macrorrestos estudiados se encontraban registrados de nueve formas: *Schoenoplectus* sp., *Schoenoplectus* sp. 1, *Schoenoplectus* sp. 2, *Schoenoplectus* sp. 3, *Schoenoplectus* sp. 4, *Schoenoplectus* sp. 5, *Schoenoplectus* sp. 6, *Schoenoplectus* sp. 7 y *Schoenoplectus* sp. 8.

S. americanus, *S. californicus* y *S. tabernaemontani* se encuentran a 2250 y 2400 m en humedales, a la orilla de canales, áreas inundables y orillas de los lagos de Lerma y Zumpango. Los aquenios fueron plano-convexos, biconvexos o desigualmente biconvexos, obovados, apiculados, de 1.5 a 3 mm de largo por 1.1 a 1.8 mm de ancho y de superficie lisa o finamente reticulada (González-Elizondo 2001; Anexo 2). El hábitat, la altitud y la morfología correspondieron al medio lacustre xaltocameca y a los rasgos morfológicos de la mayoría de los macrorrestos que fueron plano-convexos, apiculados y de tamaño semejante. Se confirmó la presencia del género *Schoenoplectus* en los frutos arqueológicos y se consideraron a las tres especies como posibles.

Familia Polygonaceae

El género *Polygonum* L. tiene aquenios lenticulares o triquetros, rodeados por el perianto persistente y a veces acrescente (con crecimiento adicional). La Cuenca de México tiene nueve especies: *Polygonum aviculare* L., *Polygonum capitatum* Buch.-Ham. ex D. Don, *Polygonum convolvulus* L., *Polygonum lapathifolium*, *Polygonum amphibium* L., *Polygonum argyrocoleon* Steud. ex Kunze, *Polygonum hydropperoides* Michx., L., *Polygonum mexicanum* Small y *Polygonum punctatum* Elliott (Calderón de Rzedowski 2001a). De estas especies se estudiaron aquenios del herbario, excepto de *P. amphibium* y *P. argyrocoleon*, ya que no se encontraron ejemplares maduros. Las primeras cuatro especies como especies introducidas, eran poco probables que correspondieran a los macrorrestos.

Se eliminaron cuatro especies: *P. argyrocoleon*, *P. aviculare*, *P. convolvulus* y *P. hydropperoides*, se registraron entre 2250 y 3000 m, las tres primeras como arvenses y la última en bosque de galería, bosque mesófilo alterado, suelos inundados, orilla de cuerpos de agua y cerca de un canal del lago de Zumpango. Todas tuvieron el aquenio trígono de ángulos agudos y lados cóncavos. La primera especie con un fruto de 1.5 a 2 mm de largo no se refiere su forma, los aquenios ovados (*P.*

aviculare y *P. hydropiperoides*) fueron de 2.5 a 3 mm de largo y el aquenio elíptico (*P. convolvulus*) de 3 a 4 mm de largo (Calderón de Rzedowski 2001a; Castillejos y Solano 2008; Solano y Ayala 2008; Arroyo 2012; Anexo 2).

Tanto la altitud, como el hábitat de cuerpos de agua, lugares húmedos o arvenses se podían ajustar al de Xaltocan. Sin embargo, la morfología no correspondió a ninguno de los frutos arqueológicos, trígonos elípticos, ligeramente oblongos y de menor tamaño de 1 a 1.7 mm de largo. También se diferenciaron de dos macrorrestos trígonos ovados, de menor tamaño, uno de 1.7 mm de largo y lados ligeramente convexos hacia la base y el otro de 2.4 mm de largo e índice de la forma amplia (6:5).

También se excluyeron dos especies: *P. amphibium* y *P. mexicanum*, encontradas a 2223 y 2600 m en aguas tranquilas, lugares de suelo húmedo y en pastizales de Xochimilco. Ambas especies tuvieron el aquenio lenticular de 2.5 a 4 mm de largo, para *P. amphibium* no se indica la forma, sólo sus lados convexos. La segunda especie tuvo el aquenio anchamente ovado, con un lado cóncavo y el otro giboso (con un abultamiento) (Calderón de Rzedowski 2001a; Anexo 2), caracteres no observados en los ejemplares arqueológicos.

El género *Rumex* L. tiene aquenios trígonos lisos y lustrosos, generalmente dentro de tépalos acrescentes. En la Cuenca de México crecen siete especies: *Rumex conglomeratus* Murray, *Rumex crispus* L., *Rumex obtusifolius* L., *Rumex pulcher* L., *Rumex acetosella* L., *Rumex flexicaulis* Rech. f. y *Rumex mexicanus* Meisn. (Calderón de Rzedowski 2001a; Arroyo 2012). Las primeras cuatro especies como especies exóticas, eran poco probables pertenecieran a los macrorrestos. Se obtuvieron aquenios herborizados, excepto de *R. conglomeratus*, ya que no hubo ejemplar maduro.

Se descartaron las siete especies, registradas entre 2250 y 3800 m en bosques de coníferas, pastizales, orilla de canales, de arroyos o caminos, zonas de suelo húmedo, tular con vegetación secundaria y parcelas de cultivo, también se comportan como arvenses. Todos los ejemplares tuvieron el aquenio trígono ovado, lados cóncavos y vértices marcadamente agudos. En el caso de *R. crispus*, *R. flexicaulis*, *R. mexicanus*, *R. obtusifolius* y *R. pulcher* tuvieron de 2 a 5 mm de largo por 1.5 a 4 mm de ancho, en *R. acetosella* el aquenio fue ampliamente ovado, de 0.9 a 1.5 mm de largo por 0.6 a 0.9 mm de ancho, y en *R. conglomeratus* de 1.5 a 2 mm de largo por 1 a 1.4 mm de ancho (Calderón de Rzedowski 2001a; Castillejos y Solano 2008; Anexo 2).

Tanto la altitud, como el hábitat de suelo húmedo de estas especies se ajustaban al sitio lacustre de Xaltocan. Sin embargo, la morfología del fruto no fue semejante a la de los arqueológicos trígonos de forma elíptica ligeramente oblonga y de menor tamaño de 1 a 1.7 mm de largo por 0.6 a 0.9 mm de ancho. También difirieron de dos macrorrestos trígonos ovados, dado que un fruto que se ajustaba a *R.*

conglomeratus por su tamaño de 1.7 mm de largo por 1.1 mm de ancho, tuvo los tres lados ligeramente convexos hacia la base y vértices obtusos. El otro de 2.4 mm de largo por 1.6 mm de ancho correspondía al tamaño de las primeras cuatro especies, pero tuvo un índice de la forma amplia (6:5) y vértices obtusos.

Familia Potamogetonaceae

El género *Potamogeton* L. tiene aquenios dorsalmente redondeados o con una prominente costilla. En la Cuenca de México se conocen tres especies: *Potamogeton illinoensis* Morong, *Potamogeton nodosus* Poir. y *Potamogeton pusillus* L. La segunda especie no se ha encontrado desde hace más de un siglo en la Cuenca, por lo que se considera prácticamente extinta en la región (Novelo y Lot 2001a). De las tres plantas se extrajeron aquenios.

Se eliminaron *P. illinoensis* y *P. nodosus*, conocidas de 2250 m en aguas dulces a salobres tranquilas, charcos temporales, presas, lagos y lagunas, como Zumpango (fuera de la Cuenca en Pátzcuaro). Estas plantas tienen el fruto obovoide de 2.5 a 3.7 mm de largo por 2 a 3 mm de ancho, con costilla dorsal desarrollada, lados planos y pico del fruto (estilo) corto, erecto o curvado hacia atrás (Novelo y Lot 2001a; Novelo 2005; Anexo 2). Aunque la altitud y el hábitat se aproximaron a la zona de estudio lacustre, la morfología no correspondió a los frutos arqueológicos obovados de lados planos, costilla dorsal y pico curvado u obovados con forma tendente a orbicular y simetría esférica o lados redondeados. Además el intervalo del tamaño de todos los macrorrestos fue menor (0.7 a 3.4 mm de largo por 0.4 a 2.4 mm de ancho).

El género *Stuckenia* Börner tiene aquenios esféricos u obovados, ligeramente comprimidos o dorsalmente redondeados y superficie lisa. En la Cuenca de México incluye sólo una especie: *Stuckenia pectinata* (L.) Börner. Antes registrada como *Potamogeton pectinatus* L. o *Coleogeton pectinatus* (L.) Les & R.R. Haynes, en la actualidad se reconoce como *S. pectinata* (Novelo y Lot 2001a; Novelo 2005; Martínez 2013; tropicos.org). De esta planta se removieron frutos de ejemplares de herbario. Esta especie se encuentra a 2250 m en aguas salobres, alcalinas y algunas veces dulces, de lagos, lagunas y pantanos; tuvo el aquenio obovoide a orbicular, de 3.5 a 4.5 mm de largo y 3 a 4 mm de ancho, con una cresta dorsal, lados planos a ligeramente convexos y pico corto ligeramente curvo (Novelo y Lot 2001a; Anexo 2). La altitud, el hábitat y la morfología de la especie coincidieron con el medio lacustre xaltocameca y con un grupo de macrorrestos obovados a orbiculares, con lados redondeados a ligeramente planos; por ello se consideró posible en los frutos arqueológicos.

Familia Ruppiaceae

El género *Ruppia* L. tiene achenios estipitados, ovoides, asimétricos, rostrados y dorsalmente redondeados. En la Cuenca de México únicamente se conoce la especie *Ruppia maritima* L. (Novelo y Lot 2001a; Ramírez García-Armora 2013). Se obtuvieron achenios de herbario. Esta planta se ha registrado escasamente a 2250 m en lugares tranquilos salobres o alcalinos de pantanos y lagunas de la región (fuera de la Cuenca a 2365 m en el lago de Alchichica, Puebla). Tiene el achenio dorsalmente redondeado, de 1.5 a 1.8 mm de largo y 1.2 a 1.5 mm de ancho (Novelo y Lot 2001a; Anexo 2). Debido a que la altitud, el hábitat y la morfología del fruto se ajustaron tanto al lago de Xaltocan, como a los macrorrestos de forma ovada-piriforme a asimétrica y lados convexos o redondeados hacia la base, se consideró posible su presencia.

Familia Ranunculaceae

El género *Ranunculus* L. tiene achenios discoidales, lenticulares, globosos, obovoides o cilíndricos, con pico presente o ausente, terminal, recto o curvado. En la Cuenca de México contiene nueve especies: *Ranunculus cymbalaria* Pursh, *Ranunculus dichotomus* Moc. & Sessé ex DC., *Ranunculus donianus* Pritz. ex Walp., *Ranunculus hydrocharoides* A. Gray, *Ranunculus multicaulis* D. Don ex G. Don, *Ranunculus peruvianus* Pers., *Ranunculus petiolaris* Humb., Bonpl. & Kunth ex DC., *Ranunculus praemorsus* Kunth ex DC. y *Ranunculus trichophyllus* Chaix ex Vill. (Whittemore y Parfitt 1997; Calderón de Rzedowski 2001b). Se obtuvieron achenios de ejemplares de herbario, excepto de *R. donianus*, *R. hydrocharoides*, *R. peruvianus* y *R. trichophyllus*.

Se excluyeron las nueve especies, distribuidas de 2250 a 4100 m en bosque mesófilo, de encino, de coníferas, de *Abies* sp., zacatonal alpino, pastizal, matorral, vegetación acuática, arroyos, zonas encharcadas y tular con vegetación secundaria, a veces se comportan como arvenses. Tuvieron el achenio de simetría bilateral, forma ovada, obovada u oblonga, margen evidente, lados de planos a ligeramente cóncavos a partir del margen y pico recto o flexuoso largo. Los obovados (*R. dichotomus*, *R. donianus*, *R. hydrocharoides*, *R. petiolaris* y *R. multicaulis*) fueron de 1.5 a 4.5 mm de. Los oblongos (*R. cymbalaria* y *R. praemorsus*) fueron de 1.5 a 2 mm de largo. Los ovados (*R. peruvianus* y *R. trichophyllus*) fueron de 1.5 a 2 mm de largo (Calderón de Rzedowski 2001b; Anexo 2). Aunque, la altitud y el hábitat pantanoso o húmedo se podían ajustar al lago de Xaltocan, la morfología del fruto no mostró semejanza con ninguno de los achenios arqueológicos, bilaterales ovados de menor tamaño (1.1 a 1.9 mm de largo) con tendencia a piriformes, lados hacia la base redondeados y ausencia de margen. Un macrorresto bilateral ovado fue de 1.5 mm de largo, pero con tendencia a circular y ambos lados marcadamente cóncavos.

Mediante esta segunda delimitación de nivel género a especie, los géneros *Fimbristylis*, *Ranunculus* y *Rumex* fueron descartados. Y se consideró posible la presencia de 16 especies: *Carex praegracilis*, *Cyperus aggregatus*, *Cyperus mutisii*, *Cyperus manimae*, *Eleocharis dombeyana*, *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Schoenoplectus tabernaemontani*, *Potamogeton pusillus*, *Stuckenia pectinata*, *Polygonum capitatum*, *Polygonum lapathifolium*, *Polygonum punctatum* y *Ruppia maritima*.

Cotejo entre las imágenes de frutos actuales y frutos arqueológicos mediante la fotomicrografía

Otro método por el cual se puede identificar una planta desconocida es por comparación visual de fotografías o ilustraciones de ejemplares identificados. Es una herramienta útil y usualmente se consultan de la literatura o de medios digitales. Los inconvenientes son la escasa disponibilidad de imágenes de semillas y frutos identificados de forma confiable y que se requiere de un análisis adicional, ya que según la calidad de la imagen se observaran con detalle o no las características morfológicas (Simpson 2010).

Para cotejar imágenes de los frutos actuales y de los frutos arqueológicos, se fotografiaron los frutos obtenidos del herbario y una muestra de los ejemplares arqueológicos considerados representativos. Se empleó la técnica de la fotomicrografía, ya que el tamaño del conjunto de macrorrestos fue de 0.7 a 3.4 mm de largo por 0.4 a 2.4 mm de ancho. Esta técnica consiste en la obtención de fotografías mediante la microscopía, con el propósito de una reproducción completa y detallada del objeto. Con ello, es posible documentar una investigación en imágenes y destacar el contenido científico y estético (Rost y Oldfield 2000; Wayne 2014).

La fotomicrografía de los ejemplares seleccionados consistió en requerir el servicio del Laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad del Instituto de Biología, UNAM en sesiones programadas y con la asesoría de la Técnico Académico Biól. Susana Guzmán acerca del uso del equipo empleado: un microscopio estereoscópico Leica Z16AP0A y el software Las core. Este equipo utiliza una tecnología multifoco y de montaje, que se basa en adquirir una serie de fotografías en distintos planos de profundidad y fusionarlas en una sola imagen enfocada, para obtener fotografías digitales de alta resolución y con muy alta profundidad de campo.

Consulta con la especialista de Cyperaceae, y la delimitación de especies

Un siguiente método de identificación es la consulta con el especialista de la familia botánica que se analiza, es una forma precisa de identificar un ejemplar y necesaria para grupos con especies difíciles (Simpson 2010). Para delimitar a las especies, se examinaron y compararon los seis caracteres morfológicos de valor taxonómico y de hábitat los frutos cotejados, con los frutos arqueológicos (con la

asesoría de la especialista en Cyperaceae, la Dra. Socorro González-Elizondo y el apoyo de las imágenes digitalizadas de los frutos). Se descartaron las especies *Carex praeegracilis*, *Cyperus aggregatus*, *Cyperus mutisii* y *Eleocharis dom beyana*. Una vez identificada la especie se eligió un ejemplar de fruto arqueológico como representante para agrupar al resto de macrorrestos semejantes (Tablas 4 a 11). Se consideró la variabilidad poblacional o diferencias morfológicas entre aquenios de la misma especie, decidiendo que, si la morfología se ajustaba al conjunto de rasgos que determinó a una especie, se identificaba como tal, ya que lo mismo procede para ejemplares actuales

Un aspecto que contribuyó a delimitar a las especies fue que la mayoría de los macrorrestos pertenecieron a Cyperaceae, ya que la morfología del aquenio de esta familia es uno de los rasgos más importantes para delimitar géneros y especies. Aunque también se trata de un grupo con morfología compleja y especies abundantes, lo que implicó un análisis extenso y minucioso. A diferencia de Potamogetonaceae, Ruppiaceae y Polygonaceae, familias en las que el fruto ocasionalmente es diagnóstico para definir especies, contienen menos especies y la morfología del aquenio es menos compleja que en las ciperáceas, lo que facilitó su análisis (Arnstein 2000; Diego-Pérez 2007; Calderón de Rzedowski 2001a; Novelo y Lot 2001a; Martínez 2013; Ramírez García-Armora 2013).

Aunque en la mayoría de los frutos arqueológicos se pudieron distinguir los caracteres de valor taxonómico de las especies, Se sugiere tener cautela al identificar frutos deteriorados, comprimidos, colapsados o agrietados, ya que este desgaste puede distorsionar caracteres y aparentar otra familia, género o especie. Por ejemplo, algunos frutos registrados previamente como Polygonaceae o *Carex*, correspondieron a *Schoenoplectus americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani*, pero debido a que se encontraban sin el pericarpo y comprimidos, semejaban otros taxones.

Tabla 4. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que descartaron la presencia de *Carex praegracilis*. Se indica la identificación anterior y la actual.

Caracteres morfológicos y de hábitat del fruto	Frutos arqueológicos. Identificación previa como <i>Carex</i>	Frutos cotejados. En el proceso de identificación con la literatura, MEXU y especialista. Especie posible: <i>Carex praegracilis</i>	Identificación actual. Especies a las cuales correspondieron
Tamaño largo por ancho en mm	0.7 a 2.8 por 0.4 a 1.9	1.2 a 1.5 por 1 a 1.2	<i>Schoenoplectus americanus</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>
Forma	Obovada	Ovada a oblonga	
Índice de la forma	La mayoría 3:2	2:1	
Simetría	Plano-convexa	Plano-convexa	
Forma del ápice y proceso apical	Redondeado, apiculado	Redondeado, apiculado	
Color	Negro (carbonizados), café (desechados)	Café	
Superficie	No se distinguió la original	Finamente punticulada	
Localización, altitud (m) y hábitat	Xaltocan, 2240, lacustre	Cuenca de México, 2250 a 2800, en bosque de <i>Abies</i> , orilla de lagunas, lugares húmedos y abiertos	
Referencias		González-Elizondo 2001; Anexo 2	

Tabla 5. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que descartaron la presencia de *Cyperus aggregatus* y *Cyperus mutisii*. Se indica la identificación anterior y la actual.

Caracteres morfológicos y de hábitat del fruto	Frutos arqueológicos. Identificación previa como Cyperaceae, <i>Cyperus</i> , <i>Eleocharis</i> , <i>Schoenoplectus</i> , <i>Polygonum</i> y <i>Rumex</i>	Frutos cotejados. En el proceso de identificación con la literatura, MEXU y especialista. Especies posibles: <i>Cyperus aggregatus</i> , <i>Cyperus manimae</i> y <i>Cyperus mutisii</i>	Identificación actual. Especies a las cuales correspondieron
Tamaño largo por ancho en mm	(1) 1.5 (1.7) por (0.6) 0.8 (0.9)	<i>C. aggregatus</i> y <i>C. mutisii</i> 1.5 a 2.2 por 0.7 a 1, <i>C. manimae</i> 1.3 a 2.2 por 0.5 a 1.1	<i>Cyperus manimae</i>
Forma	Elíptica ligeramente oblonga	<i>C. mutisii</i> elíptica y <i>C. aggregatus</i> ligeramente obovada <i>C. manimae</i> elíptica ligeramente oblonga	
Índice de la forma	2:1	2:1	
Simetría	Trigonal	Trigonal	
Lados	Ligeramente cóncavos. Vértices agudos	<i>C. aggregatus</i> y <i>C. mutisii</i> muy cóncavos, con vértices romos <i>C. manimae</i> ligeramente cóncavos, con vértices agudos	
Forma del ápice y proceso apical	Ligeramente acuminado. Apiculado. Pico mediano	<i>C. aggregatus</i> ligeramente redondeado, apiculado y pico corto <i>C. mutisii</i> ligeramente obtuso, apiculado y pico mediano <i>C. manimae</i> ligeramente acuminado, apiculado y pico mediano	
Color	Café (desecados)	Café rojizo a oscuro	
Superficie	Punticulada	Lisa, diminutamente punticulada	
Localización, altitud (m) y hábitat	Xaltocan, 2240, lacustre	Cuenca de México, 2250-2650 (3000). <i>C. manimae</i> y <i>C. aggregatus</i> en matorrales, bosque de pino-encino, pastizales, sitios abiertos y perturbados <i>C. mutisii</i> escasamente distribuida en orillas de caminos	
Referencias		Adams 1994; Tucker 1994; González-Elizondo 2001; Diego-Pérez 2007; Anexo 2	

Tabla 6. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que descartaron la presencia de *Eleocharis dombeyana* (el cuello es el punto de unión con el tubérculo). Se indica la identificación anterior y la actual.

Caracteres morfológicos y de hábitat del fruto	Frutos arqueológicos. Identificación previa como Cyperaceae 1 y 2, <i>Cyperus</i>, <i>C. erythrorhizos</i>, <i>Eleocharis</i> 1, 2, 3, <i>Fimbristylis</i>, <i>Schoenoplectus</i>, <i>Scirpus</i> y <i>Scirpus</i> 7	Frutos cotejados. En el proceso de identificación con la literatura, MEXU y especialista. Especies posibles: <i>Eleocharis densa</i>, <i>Eleocharis dombeyana</i> y <i>Eleocharis macrostachya</i>	Identificación actual. Especies a las cuales correspondieron
Tamaño largo por ancho en mm	0.9 a 2.2 por 0.4 a 1.7	<i>E. dombeyana</i> 1 a 1.3 por 0.7 a 1 <i>E. densa</i> 1 a 1.5 por 0.6 a 1 <i>E. macrostachya</i> 1.2 a 1.8 por 0.9 a 1.3	<i>Eleocharis densa</i> y <i>Eleocharis macrostachya</i>
Forma	Obovada	<i>E. dombeyana</i> y <i>E. macrostachya</i> obovada a obpiriforme. <i>E. densa</i> obovada	
Índice de la forma	3:2	3:2	
Simetría	Plano-convexa	Plano-convexa	
Forma del ápice y proceso apical	Redondeado, no apiculado. Marca del tubérculo de cuello amplio y de cuello reducido	Redondeado, no apiculado, con tubérculo. <i>E. dombeyana</i> cuello medio <i>E. densa</i> cuello amplio <i>E. macrostachya</i> cuello reducido	
Color	Blancos (mineralizados), negros (carbonizados)	Amarillo a oliváceo o café	
Superficie	Finamente reticular	Finamente reticular	
Localización, altitud (m) y hábitat	Xaltocan, 2240, lacustre	Cuenca de México. 2250 a 3100 <i>E. dombeyana</i> de lugares húmedos, no restringida al hábitat acuático. <i>E. densa</i> acuática a subacuática, dentro del agua. <i>E. macrostachya</i> subacuática, en orillas del agua	
Referencias		González-Elizondo 1994, 2001; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; Anexo 2	

Tabla 7. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de *Schoenoplectus americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani*. Se indica la identificación anterior y la actual.

Caracteres morfológicos y de hábitat del fruto	Frutos arqueológicos. Identificación previa como Cyperaceae 1, 2, 3, Juncaginaceae, Polygonaceae, <i>Carex</i> , <i>Cyperus</i> , <i>C. erythrorhizos</i> , <i>Eleocharis</i> 2 y 4, <i>Fimbristylis</i> , <i>Schoenoplectus</i> 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, <i>Scirpus</i> 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, <i>Polygonum</i> y <i>Ranunculus</i>	Frutos cotejados. En el proceso de identificación con la literatura, MEXU y especialista. Especies posibles: <i>Schoenoplectus americanus</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	Identificación actual. Especies a las cuales correspondieron
Tamaño largo por ancho en mm	Grupo 1. 0.8 a 2.3 por 0.7 a 1.9 Grupo 2. 0.7 a 2.7 por 0.6 a 1.9 Grupo 3. 1 a 2.8 por 0.4 a 1.9	<i>S. americanus</i> 1.8 a 3 por 1.5 a 1.9 <i>S. californicus</i> 1.6 a 2.3 por 1.1 a 1.9 <i>S. tabernaemontani</i> 1.5 a 2.8 por 1.1 a 1.7	<i>Schoenoplectus americanus</i> , <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>
Forma	Obovada	Obovada	
Índice de la forma	3:2, 2:1, 1:1 y 6:5	<i>S. americanus</i> 3:2, 1:1 y 6:5 <i>S. californicus</i> y <i>S. tabernaemontani</i> 3:2, 2:1 y 1:1	
Simetría	Plano-convexa	Plano-convexa	
Forma del ápice y proceso apical	Redondeado, apiculado. Grupo 1. Pico corto Grupo 2. Pico mediano Grupo 3. Pico largo	Redondeado, apiculado. <i>S. americanus</i> . Pico mediano <i>S. californicus</i> . Pico corto <i>S. tabernaemontani</i> . Pico largo	
Color	Negro (carbonizados), café (desechados)	Café, café oscuro, café grisáceo	
Superficie	No se distinguió la superficie original	Lisa a diminutamente reticular	
Localización, altitud (m) y hábitat	Xaltocan, 2240, lacustre	Cuenca de México, 2250 a 2400 en tular, carrizal, orilla de canales y lagunas	
Referencias		Adams 1994; González-Elizondo 2001; Smith 2003; Diego-Pérez 2007; Anexo 2	

Tabla 8. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de *Potamogeton pusillus*. Se indica la identificación anterior y la actual.

Caracteres morfológicos y de hábitat del fruto	Frutos arqueológicos. Identificación previa como <i>Potamogeton</i> y <i>Ranunculus</i>	Frutos cotejados. En el proceso de identificación con la literatura, MEXU y especialista. Especie posible: <i>Potamogeton pusillus</i>	Identificación actual. Especies a las cuales correspondieron
Tamaño largo por ancho en mm	(1.4) 1.7 (2.1) por (1.2) 1.3 (1.6)	1.5 a 2.2 por 1.2 a 1.8	<i>Potamogeton pusillus</i>
Forma	Obovada-circular	Obovada-circular, ovada	
Índice de la forma	1:1 y 3:2	3:2	
Simetría	Esférica. Lados redondeados a ligeramente planos	Esférica. Lados planos a redondeados, sin cresta dorsal	
Forma del ápice y proceso apical	Redondeado. No se distinguió el pico	Redondeado, apiculado. Pico corto, erecto o ligeramente curvo de 0.1 a 0.6 mm	
Color	Negro (carbonizados), café (desecados)	Verde a café	
Superficie	No se distinguió la superficie original	Lisa o áspera	
Otros	Marca de embrión curvo	Embrión curvo, menos de una espiral completa, su ápice dirigido a la base	
Localización, altitud (m) y hábitat	Xaltocan, 2240, lacustre	Cuenca de México, 2250 m, en vegetación acuática, lagunas, ríos, charcas, zanjas y canales	
Referencias		González 1989; Novelo y Lot 2001a; Haynes y Holm-Nielsen 2003; Anexo 2	

Tabla 9. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de *Stuckenia pectinata*. Se indica la identificación anterior y la actual.

Caracteres morfológicos y de hábitat del fruto	Frutos arqueológicos. Identificación previa como Potamogetonaceae y Potamogeton	Frutos cotejados. En el proceso de identificación con la literatura, MEXU y especialista. Especie posible: <i>Stuckenia pectinata</i>	Identificación actual. Especies a las cuales correspondieron
Tamaño largo por ancho en mm	(1.9) 2.4 (3.4) por (1.4) 1.9 (2.4)	3 a 5.5 por 2.5 a 4	<i>Stuckenia pectinata</i>
Forma	Obovada-circular	Obovada-circular	
Índice de la forma	1:1 y 3:2	3:2	
Simetría	Esférica. Lados redondeados a ligeramente planos	Esférica. Lados planos a redondeados, ligera cresta dorsal	
Forma del ápice y proceso apical	Redondeado. No se distinguió el pico	Redondeado, apiculado. Pico corto, erecto o ligeramente curvo de 0.5 a 1.1 mm de largo	
Color	Negro (carbonizados), café (desechados)	Amarillo a café	
Superficie	No se distinguió la superficie original	Lisa	
Otros	Marca de embrión curvo	Embrión curvo, su ápice dirigido	
Localización, altitud (m) y hábitat	Xaltocan, 2240, lacustre	Cuenca de México, 2250 en vegetación acuática de lagunas y pantanos dulce y salobres	
Referencias		González 1989; Novelo y Lot 2001a; Haynes y Holm-Nielsen 2003; Novelo 2005; Anexo 2	

Tabla 10. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de *Ruppia maritima*. Se indica la identificación anterior y la actual.

Caracteres morfológicos y de hábitat del fruto	Frutos arqueológicos. Identificación previa como <i>Cyperaceae, Potamogetonaceae, Potamogeton, Rumex y Ruppia</i>	Frutos cotejados. En el proceso de identificación con la literatura, MEXU y especialista. Especie posible: <i>Ruppia marítima</i>	Identificación actual. Especies a las cuales correspondieron
Tamaño largo por ancho en mm	(1.1) 1.5 (1.9) por (0.8) 1.1 (1.4)	1.5 a 2.2 por 0.7 a 1.5	<i>Ruppia maritima</i>
Forma	Ovada-piriforme	Ovada-piriforme	
Índice de la forma	3:2 y 1:1	3:2	
Simetría	Bilateral. Dos lados convexos o redondeados hacia la base	Asimétrico a bilateral. Dos lados convexos o redondeados hacia la base	
Forma del ápice y proceso apical	Solo se distinguió en un ejemplar ligeramente acuminado. Apiculado. Pico mediano grueso	Ligeramente acuminado. Apiculado. Pico mediano grueso	
Color	Café (desechados), negro (carbonizados)	Café a oscuro	
Superficie	Lisa	Lisa	
Localización, altitud (m) y hábitat	Xaltocan, 2240, lacustre	Cuenca de México, 2250. Planta sumergida en aguas salobres y alcalinas	
Referencias		Haynes 2000; Novelo y Lot 2001a; Anexo 2	

Tabla 11. Cuadro comparativo de los caracteres analizados entre los frutos arqueológicos y los cotejados que confirmaron la presencia de *Polygonum capitatum*, *P. lapathifolium* y *P. punctatum*. Se indica la identificación anterior y la actual.

Caracteres morfológicos y de hábitat del fruto	Frutos arqueológicos. Identificación previa como <i>Polygonum</i>	Frutos cotejados. En el proceso de identificación con la literatura, MEXU y especialista. Especies posibles: <i>Polygonum capitatum</i>, <i>P. lapathifolium</i> y <i>P. punctatum</i>	Identificación actual. Especies a las cuales correspondieron
Tamaño largo por ancho en mm	Fruto 1. 1.7 por 1.1 Fruto 2. 1.5 por 1.1 Fruto 3. 2.4 por 1.6	<i>P. capitatum</i> 1.5 a 2 por 0.9 a 1.5 <i>P. lapathifolium</i> 2 a 2.5 por 1.4 a 3 <i>P. punctatum</i> 1.8 a 3.5 por 1.2 a 2	<i>Polygonum capitatum</i> , <i>Polygonum lapathifolium</i> y <i>Polygonum punctatum</i>
Forma	Fruto 1 y 3. Ovada Fruto 2. Ovada-circular	<i>P. capitatum</i> y <i>P. punctatum</i> . Ovada <i>P. lapathifolium</i> Ovada-circular	
Índice de la forma	Fruto 1. 3:2. Fruto 2. 1:1. Fruto 3. 6:5	<i>P. capitatum</i> 3:2. <i>P. lapathifolium</i> 1:1. <i>P. punctatum</i> 6:5	
Simetría	Fruto 1 y 3. Trigonal Fruto 2. Bilateral	<i>P. capitatum</i> y <i>P. punctatum</i> . Trigonal <i>P. lapathifolium</i> . Bilateral	
Lados	Fruto 1. Tres lados ligeramente convexos hacia la base Fruto 2. Dos lados cóncavos Fruto 3. Tres lados lig. cóncavos	<i>P. capitatum</i> . Tres lados ligeramente convexos hacia la base <i>P. lapathifolium</i> . Dos lados cóncavos <i>P. punctatum</i> . Tres lados lig. cóncavos	
Color	Negro (carbonizado), café (desechado)	Café, pardo rojizo, lustroso	
Superficie	Lisa	Lisa	
Forma del ápice y proceso apical	No apiculados. Fruto 1. Ligeramente agudo. Fruto 2. Ligeramente acuminado. Fruto 3. Agudo.	No apiculados. <i>P. capitatum</i> . Ligeramente agudo. <i>P. lapathifolium</i> . Ligeramente acuminado. <i>P. punctatum</i> . Agudo.	
Localización, altitud (m) y hábitat	Xaltocan, 2240, lacustre	Cuenca de México, 2250. <i>P. punctatum</i> . Nativa. Acuática y subacuática. <i>P. capitatum</i> y <i>P. lapathifolium</i> . Introducidas. la primera ornamental, ocasionalmente escapada, en suelo húmedo	
Referencias		Calderón de Rzedowski 2001a; Castillejos y Solano 2008; Solano y Ayala 2008; Arroyo 2012; Anexo 2	

Cotejo con algunos ejemplares de colecta botánica

Un método complementario de identificación y de aportar ejemplares a una colección de referencia es la colecta botánica (Pearsall 2000). Se colectaron nueve especies: *Cyperus esculentus*, *Cyperus hermaphroditus*, *Cyperus laevigatus*, *Cyperus niger*, *Cyperus setosus*, *Cyperus spectabilis*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus* y *Typha latifolia* en Cuernavaca, Xochimilco (Lat. 19° 17' 47.7" Lon. 99° 05' 44.2", altitud de 2241 m) y en un sitio inundado del Jardín Botánico, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán (Lat. 19° 19' 04.9" Lon. 99° 11' 39", altitud de 2324 m). Los ejemplares están depositados en el MEXU (*E. Matías 48, 49, 52, 54, 55, 56, 60, 61, 62*) y los frutos en la colección de frutos y semillas del Instituto de Biología, UNAM. De las especies colectadas dos correspondieron a las plantas estudiadas: *S. americanus* y *S. californicus* (*E. Matías 48, 60* MEXU). De las cuales se obtuvieron aquenios maduros para cotejarlos con los frutos arqueológicos y efectuar la carbonización experimental.

Con este análisis se concluyó el proceso de identificación a nivel de especie de la mayoría de los macrorrestos analizados. Sólo 25 frutos arqueológicos no fueron identificados (registrados previamente como Cyperaceae, *Cyperus* sp., *Scirpus* sp., *Eleocharis* sp., *Potamogeton* sp. y Typhaceae) y se descarta que pertenezcan a las especies de las familias analizadas: Cyperaceae, Juncaginaceae, Polygonaceae, Potamogetonaceae, Ranunculaceae, Ruppiaceae y Typhaceae. Se sugiere indagar en otras familias de Angiospermae de la Cuenca de México con los métodos utilizados, ya que la única restricción fue el tiempo.

LA SISTEMATIZACIÓN DE LOS MACRORRESTOS

Una vez establecida la identidad de las especies de los macrorrestos, se trató el segundo objetivo del estudio. Inicialmente se listaron las especies por jerarquía taxonómica para conocer la composición del grupo y se agruparon por categorías: acuáticas, subacuáticas o terrestres, a su vez las hidrófitas por formas de vida, también se indicó el origen de cada especie.

La riqueza de especies fue el número total de especies presentes en los frutos arqueológicos estudiados (Begon et al. 2006). La frecuencia relativa (ubicuidad) de las especies en las 232 muestras arqueológicas, se cuantificó de la siguiente forma: $n(100) / 232 = n\%$, donde n = al número de muestras en que estuvo presente cada especie y 232 el conjunto total de muestras. Por ejemplo, la especie *S. tabernaemontani* estuvo presente en 144 muestras, por lo que: $144(100) / 232 = 62\%$. Se aplicó el mismo cálculo para obtener la frecuencia relativa de las especies, espacial (36 excavaciones: en isla y lago), y temporal (de acuerdo con la cronología de Xaltocan, considerando que el número de frutos y

número de muestras fue diferente en cada excavación y en cada periodo). También se cuantificó el número de frutos arqueológicos por excavación (conteo absoluto) (Hastorf y Popper 1988; Pearsall 2000).

Con base en el análisis de los datos obtenidos se abordó el último objetivo de este estudio en los siguientes capítulos. Para conocer parte de la historia vegetal acuática y subacuática posclásica de Xaltocan, se interpretó la composición de especies en relación con las comunidades vegetales. Para ello se revisaron los tipos de vegetación actuales de la República Mexicana y de la Cuenca de México y se asociaron las especies con el tipo vegetal en el cual se concentran. Por último, para inferir las interacciones de los antiguos xaltocamecas con las plantas registradas, se analizaron las frecuencias de las especies, en relación con los contextos arqueológicos de Xaltocan donde fueron encontrados los macrorrestos.

Dado que los frutos arqueológicos consistieron en el tipo aquenio y por ello también pueden tratarse como semillas (Simpson 2010; Baskin y Baskin 2014), se determinó a que tipo de recurso vegetal o no correspondieron las especies con base en las tres categorías reconocidas para las semillas arqueológicas: **1) recurso vegetal de uso directo**, semillas utilizadas de forma directa, por ejemplo para alimento, **2) recurso vegetal de uso indirecto**, semillas no utilizadas de forma directa, que se encuentran en el sedimento a partir del uso de la parte vegetativa de la planta y no de la semilla y **3) lluvia o banco de semillas**, grupo de semillas sedimentadas por presencia natural, no relacionada con los usos de las plantas (Minnis 1981; Pearsall 2000).

LA CARBONIZACIÓN EXPERIMENTAL DE AQUENIOS ACTUALES DE *Schoenoplectus americanus* y *Schoenoplectus californicus*

Un experimento adicional en este estudio consistió en carbonizar en un medio controlado aquenios de las especies *S. americanus* y *S. californicus* a partir de colectas (*E. Matías 48, 60* (MEXU). Tuvo el fin de conocer las modificaciones que experimentan los frutos después de una quema y compararlos con los frutos arqueológicos carbonizados de Xaltocan, identificados con estas especies.

Se empleó un horno o mufla, que alcanza altas temperaturas en poco tiempo y permite controlar esta variable (Pearsall 2000). El procedimiento se basó en: **1)** limpiar los aquenios de las glumas y el perianto, de manera que sólo quede el fruto, **2)** establecer la temperatura y el tiempo de carbonización de los aquenios de las dos especies, para lo cual, se hicieron tres ensayos a 350°C, 375°C y 400°C por una hora, con grupos de 100 aquenios, previamente pesados en una balanza analítica Ohaus Adventurer, **3)** colocar el material vegetal en la mufla marca Felisa, en crisoles de porcelana o papel aluminio rotulado y **4)** carbonizar el material a las temperaturas señaladas, posteriormente retirar, dejar enfriar, pesar y observar los aquenios carbonizados. Una vez definida la temperatura adecuada de carbonización se repitió

este proceso con 30 aquenios para ambas especies. Para llevar un registro y hacer un análisis estadístico, cada uno de los aquenios se midió previa y posteriormente a la carbonización en un microscopio estereoscópico Zeiss MC80. Los aquenios quemados se depositaron en la colección de referencia del Laboratorio de Paleobotánica y Paleoambiente, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.

Tratamiento estadístico del tamaño de los aquenios de *Schoenoplectus americanus* y *Schoenoplectus californicus* a partir de la carbonización experimental

Para determinar la existencia de diferencias estadísticas en la disminución del tamaño después de la quema de un conjunto de 30 aquenios actuales de *S. americanus* y *S. californicus* se hicieron los análisis con el programa SPSS versión 21. Para ambas especies se empleó el tratamiento estadístico no paramétrico de prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas, ya que los datos no presentaron normalidad (valores de $p < .05$). Esta prueba compara las diferencias de una variable numérica de un mismo grupo de datos después de un tratamiento experimental (Hollander et al. 2014). En este caso, se planteó comparar la variable de tamaño del largo y el ancho de los aquenios antes y después de la carbonización.

CAPÍTULO TRES. RESULTADOS

ESPECIES, FLORA Y VEGETACIÓN HIDRÓFITAS DEL ANTIGUO XALTOCAN

Se analizaron 1722 aquenios procedentes de 232 muestras de sedimento arqueológico de la antigua isla y lago de Xaltocan correspondientes principalmente al Posclásico. De éstos, 1697 (98.5 %) fueron identificados a nivel especie. De este conjunto la mayoría de los aquenios 1357 (80 %) se encontraron completos y la minoría 340 (20 %) incompletos medibles.

Se identificaron 12 especies agrupadas en siete géneros y cuatro familias. El género con el mayor número de especies y de macrorrestos analizados fue *Schoenoplectus*. La familia con más especies fue Cyperaceae con seis especies, siguió Polygonaceae con tres, Potamogetonaceae con dos y Ruppiaceae con una. La mayoría perteneció al orden Poales y a la clase Monocotyledoneae. Con base en el hábitat acuático o terrestre de las especies, destacó la categoría subacuática con siete especies (58 %), siguió la acuática estricta con tres (25 %) y con menor presencia la terrestre con dos (17 %). La forma de vida predominante de las hidrófitas fue la enraizada emergente con siete especies a diferencia de la enraizada sumergida con tres especies. Se registraron 10 especies nativas y dos introducidas, de las nativas una es endémica de México (Tabla 12).

La mayoría de las especies son elementos representativos de comunidades vegetales, documentadas en la actualidad para la República Mexicana y la Cuenca de México. El principal tipo de vegetación lo conformó la vegetación acuática y subacuática con dos subtipos: el tular y la vegetación sumergida. El tular sobresalió por agrupar a la mayoría de las especies, dominando tres: *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus* y *Schoenoplectus tabernaemontani* y otras tres fueron especies asociadas: *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya* y *Polygonum punctatum*. La vegetación sumergida se distinguió por las especies *Potamogeton pusillus*, *Stuckenia pectinata* y *Ruppia maritima*. El otro tipo de vegetación presente fue el bosque de pino-encino representado por la ciperácea *C. manimae*. Seis especies fueron halófilas o plantas de ambientes salobres: *E. macrostachya*, *S. americanus*, *S. californicus*, *S. t. abernaemontani*, *S. pectinata* y *R. maritima*. Las especies *Polygonum capitatum* y *Polygonum lapathifolium* se consideran plantas intrusivas actuales a los sedimentos arqueológicos, ya que ambas son introducidas de décadas recientes (Rzedowski 2001, 2006; Lot 2012, 2013) (Tabla 13).

Tabla 12. Lista de especies principalmente hidrófitas registradas en el Xaltocan Posclásico. Se indica su hábitat, forma de vida, origen, número y porcentaje de macrorrestos analizados. Las especies intrusivas son plantas actuales que se filtraron en el sedimento arqueológico.

Especies identificadas	Hábitat y forma de vida	Origen	Número de macrorrestos analizados	%	
División Angiospermae					
Clase Monocotyledoneae					
Orden Poales					
Familia Cyperaceae					
1	<i>Cyperus manimae</i> Kunth	Terrestre	Nativa	210	12.4
2	<i>Eleocharis densa</i> Benth.	Subacuática. Enraizada emergente	Nativa. Endémica	82	4.8
3	<i>Eleocharis macrostachya</i> Britton	Subacuática. Enraizada emergente	Nativa	177	10.4
4	<i>Schoenoplectus americanus</i> (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller	Subacuática. Enraizada emergente	Nativa	314	18.5
5	<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey.) Soják	Subacuática. Enraizada emergente	Nativa	110	6.5
6	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C. Gmel.) Palla	Subacuática. Enraizada emergente	Nativa	709	41.8
Orden Alismatales					
Familia Potamogetonaceae					
7	<i>Potamogeton pusillus</i> L.	Acuática estricta. Enraizada sumergida	Nativa	8	0.5
8	<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner	Acuática estricta. Enraizada sumergida	Nativa	23	1.3
Familia Ruppiaceae					
9	<i>Ruppia maritima</i> L.	Acuática estricta. Enraizada sumergida	Nativa	61	3.6
Clase Eudicotyledoneae					
Orden Caryophyllales					
Familia Polygonaceae					
10	<i>Polygonum capitatum</i> Buch.-Ham. ex D. Don	Terrestre	Introducida. Intrusiva	1	0.06
11	<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	Subacuática. Enraizada emergente	Introducida. Intrusiva	1	0.06
12	<i>Polygonum punctatum</i> Elliott	Subacuática. Enraizada emergente	Nativa	1	0.06
Total de ejemplares			1697	1	

Tabla 13. Tipos de vegetación a los que pertenecieron las 12 especies registradas en Xaltocan. Con asterisco se indican 6 especies halófilas (Rzedowski 2001, 2006; Lot 2012, 2013).

Tipos de vegetación representados en Xaltocan	Especies
Vegetación acuática y subacuática	
Tular	<i>Schoenoplectus americanus*</i> , <i>Schoenoplectus californicus*</i> , <i>Schoenoplectus tabernaemontani*</i> , <i>Eleocharis densa</i> , <i>Eleocharis macrostachya*</i> y <i>Polygonum punctatum</i>
Vegetación sumergida	<i>Potamogeton pusillus</i> , <i>Stuckenia pectinata*</i> y <i>Ruppia maritima*</i>
Otros tipos de vegetación	
Bosque de pino-encino	<i>Cyperus manimae</i>

Con base en las zonas ambientales de la Cuenca de México relacionadas con los asentamientos humanos prehispánicos (Sanders et al. 1979) se reconocieron cuatro zonas de las nueve indicadas para la región. Consistieron en las zonas lacustres, de costa salobre y de suelo aluvial pantanosa representadas por la vegetación del tular y la vegetación sumergida halófila. También estuvo representada la zona de pie de monte bajo, por la presencia del bosque de pino-encino.

Se documenta por primera vez la identificación a nivel de especie de 12 plantas, a partir de frutos arqueológicos analizados, ya que los macrorrestos de la Cuenca de México reportan la identificación a nivel especie, únicamente de las plantas cultivadas o domesticadas comestibles: *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus hy pochondriacus*, *Capsicum annuum*, *Chenopodium ambrosioides*, *Crataegus mexi cana*, *Jaltomata procumbens*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus coccineus*, *Portulaca oleracea*, *Prunus serotina*, *Solanum rostratum*, *Suaeda mexicana* y *Zea mays* (Fuentes 1978; Reyna y González 1978; Smith y Tolstoy 1981; Ávila 1992; Vélez 2001; Frederick et al. 2005; McClung y Martínez 2005; Martínez 2007; Morehart 2010, 2012).

Los macrorrestos de plantas acuáticas de la región se han identificado sólo a nivel de familia y de género como Cyperaceae, Juncaginaceae, Potamogetonaceae, Polygonaceae, *Carex*, *Chara*, *Cyperus*, *Eichornia*, *Eleocharis*, *Fimbristylis*, *Hydrocotyle*, *Nymphaea*, *Polygonum*, *Potamogeton*, *Ranunculus*, *Rumex*, *Ruppia*, *Schoenoplectus*, *Scirpus* y *Typha* (Ávila 1992; Frederick et al. 2005; McClung y Martínez 2005; Martínez 2007; Morehart 2010, 2012). Solamente para semillas de Tlajinga, Teotihuacan, se efectuó la identificación a nivel de especie mediante la morfología comparada y el uso del microscopio electrónico

de barrido, de ocho especies de cactaceas, principalmente del género *Opuntia* (Scheinvar y Gonzalez 1985).

La cifra de 1697 de macrorrestos fue alta comparada con la de otros sitios de la Cuenca de México, en los que se han registrado como escasos o de 40 a 405 macrorrestos incompletos (Smith y Tolstoy 1981; Fuentes 1978; Reyna y Gonzalez 1978; Scheinvar y Gonzalez 1985; Morehart 2009), un dato similar al de este estudio se reportó en Cuanalan (Cuenca norte) de 1512 y en las chinampas de Iztapalapa de 1972 macrorrestos (Ávila 1992; Vélez 2001). Y sólo una cantidad superior a la registrada en Santa Cruz Atizapan, Valle de Toluca de 2220 macrorrestos (Martínez 2007). La alta incidencia de frutos preservados en Xaltocan, ofreció el análisis de una mayor muestra representativa.

Los tipos de preservación de los macrorrestos registrados

Se encontraron tres tipos de preservación, de los cuales la principal fue la carbonización ocurrida en 1227 (72 %) del total de macrorrestos, mayoritariamente en *Schoenoplectus tabernaemontani* con 708 macrorrestos, *Schoenoplectus americanus* con 311 y *Schoenoplectus californicus* con 110, y en menor número en *Eleocharis densa* con 32, *Eleocharis macrostachya* con 27, *Ruppia maritima* con 17, *Stuckenia pectinata* con 16, *Potamogeton p usillus* con cuatro, *Polygonum c apitatum* con uno y *Polygonum lapathifolium* con uno. El segundo tipo fue la desecación con 270 (16 %) macrorrestos, presente principalmente en *Cyperus manimae* con 210 frutos y en menor cantidad en *R. maritima* con 44, *S. pectinata* con 7, *P. p usillus* con cuatro, *S. am ericanus* con tres, *S. t abernaemontani* con uno y *P. punctatum* con uno. El tercer tipo fue la mineralización con 200 (12 %) macrorrestos producida sólo en los aquenios de *E. macrostachya* con 150 y en *E. densa* con 50.

Los factores que favorecieron a los tipos de preservación fueron el medio lacustre de Xaltocan y el tipo y estructura del fruto de las especies registradas. En Cyperaceae la pared del aquenio separada de la testa de la semilla esta compuesta por una epidermis interna y una externa (con cuerpos cnicos de sílice) de tres a seis capas de células de menor a mayor grosor según la especie (de textura quitinosa o fibrosa) (Arnstein 2000; Diego-Pérez 2007). En Potamogetonaceae y Ruppiceae el fruto tiene un pericarpo membranoso, mesocarpo carnoso y endocarpo pedregoso (Haynes y Holm-Nielsen 2003). En Polygonaceae, el fruto tiene un pericarpo duro (Castillejos y Solano 2008). Estas características quizá proporcionaron resistencia a los frutos, ante el desgaste y a su degradación en el medio.

La desecación y la mineralización

La desecación ocurrida exclusivamente en los aquenios de *Cyperus ma nimae* y *Polygonu punctatum* y en algunos de *Potamogeton pus illus*, *Ruppia m aritima*, *Schoenoplectus americanus*,

Stuckenia pectinata y *Schoenoplectus tabernaemontani* sugiere una presencia natural de sus frutos, relacionada con el ser humano sólo si existiera una asociación cultural en el contexto arqueológico y también aquenios quemados de la misma especie. La mineralización producida sólo en los frutos de *Eleocharis*: *E. macrostachya* y *E. densa* podría indicar que tienen una tendencia a mineralizarse en lagos salobres, ya que ninguna otra especie presentó este tipo de preservación.

En trabajos de macrorrestos de la Cuenca de México, no se reportan la desecación y la mineralización, sólo en algunos casos se indican como macrorrestos no carbonizados (Martínez 2007; Morehart 2009). Se considera conveniente precisar los tipos de preservación encontrados en los macrorrestos diferentes a la carbonización. Señalan características del ambiente y en relación con otros factores como el contexto arqueológico y la carbonización, pueden ayudar a descartar posibles asociaciones de plantas-humanos como la desecación.

La carbonización se aborda en la discusión, ya que es un factor considerado para plantear posibles usos vegetales.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS FRUTOS ARQUEOLÓGICOS DE 12 ESPECIES XALTOCAN Y ACTUALES DEL MEXU

A continuación, se documenta en imágenes la identificación de los frutos arqueológicos y de los frutos del MEXU con los cuales se cotejaron. Se presenta un fruto por cada una de las especies *Cyperus manimae*, *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Polygonum capitatum*, *Polygonum lapathifolium*, *Polygonum punctatum*, *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Schoenoplectus tabernaemontani* y *Stuckenia pectinata* (Figuras 6 a 17).

Figura 6. *Cyperus manimae*. Arriba fruto arqueológico desecado de Xaltocan (excavación G, nivel 1). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual *A. Ventura.172* (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.



Figura 7. *Eleocharis densa*. Arriba fruto arqueológico mineralizado de Xaltocan (excavación PC 4C, nivel 12). Periodo Colonial Temprano. Abajo fruto actual *A. Novelo y L. Ramos 3887 (MEXU)*. Fotomicrografía de Elia Matías.



Figura 8. *Eleocharis macrostachya*. Arriba fruto arqueológico mineralizado de Xaltocan (excavación PC 4C, nivel 11). Periodo Colonial Temprano. Abajo fruto actual *A. Novelo 786* (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.



Figura 9. *Schoenoplectus americanus*. Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Y5, nivel 13). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual *A. Novelo* 4343 (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.



Figura 10. *Schoenoplectus californicus*. Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación ZOC C, nivel 7). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual *L. Wolfgang 2460* (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.



Figura 11. *Schoenoplectus tabernaemontani*. Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Z2, nivel 25). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual *J. Rzedowski 16597* (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.



Figura 12. *Potamogeton pusillus*. Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación PC 5, nivel 23). Periodo Colonial Temprano. Abajo fruto actual *S. Zamudio y E. Pérez 8375 (MEXU)*. Fotomicrografía de Elia Matías.



Figura 13. *Stuckenia pectinata*. Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación ET OPA, nivel 11). Periodo Clásico-Epiclásico. Abajo fruto actual *A. Penella 13* (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.

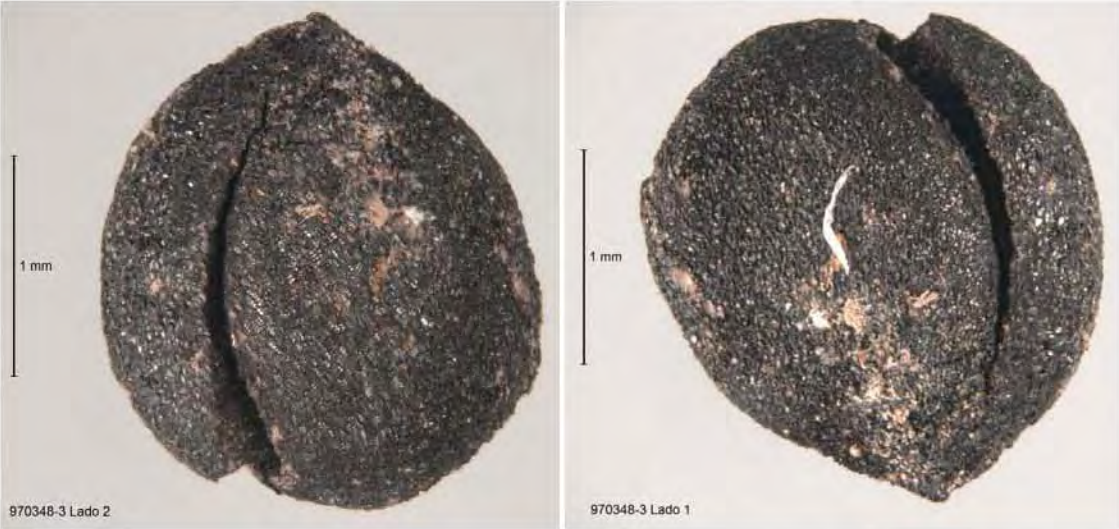


Figura 14. *Ruppia maritima*. Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Y5, nivel 19). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual *P. Ramírez y A. Novelo 22* (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.

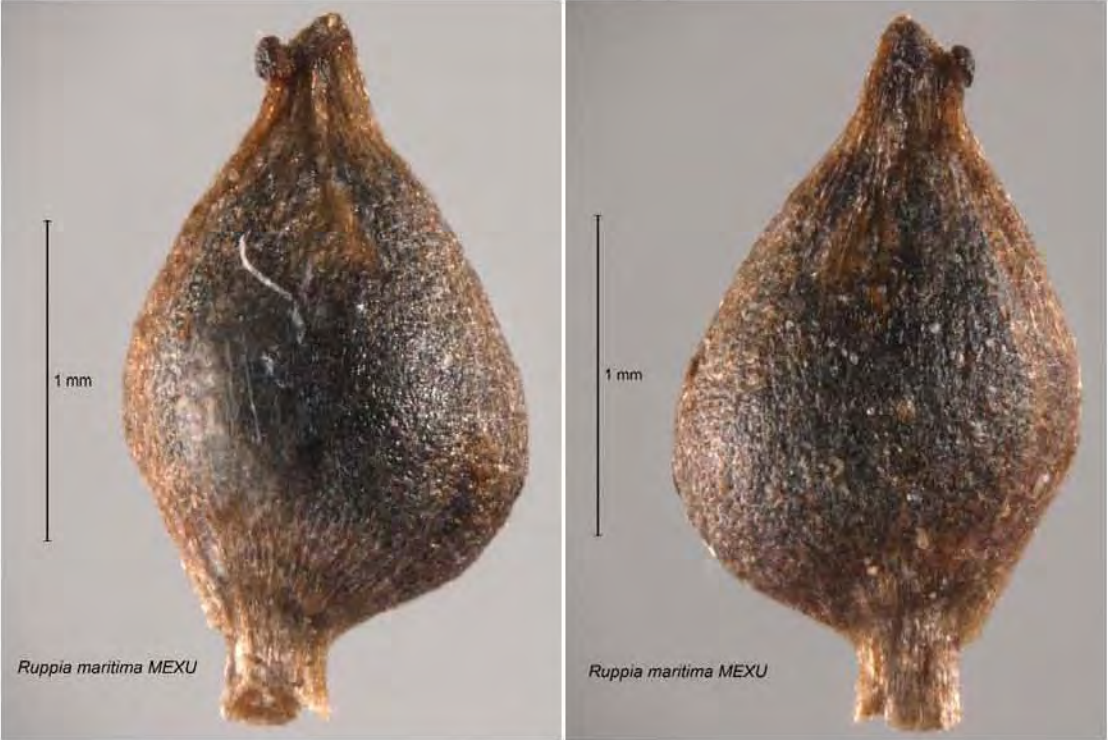


Figura 15. *Polygonum capitatum*. Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Y5, nivel 18). Especie intrusiva del entorno actual. Abajo fruto actual *J. Rzedowski 54264* (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.

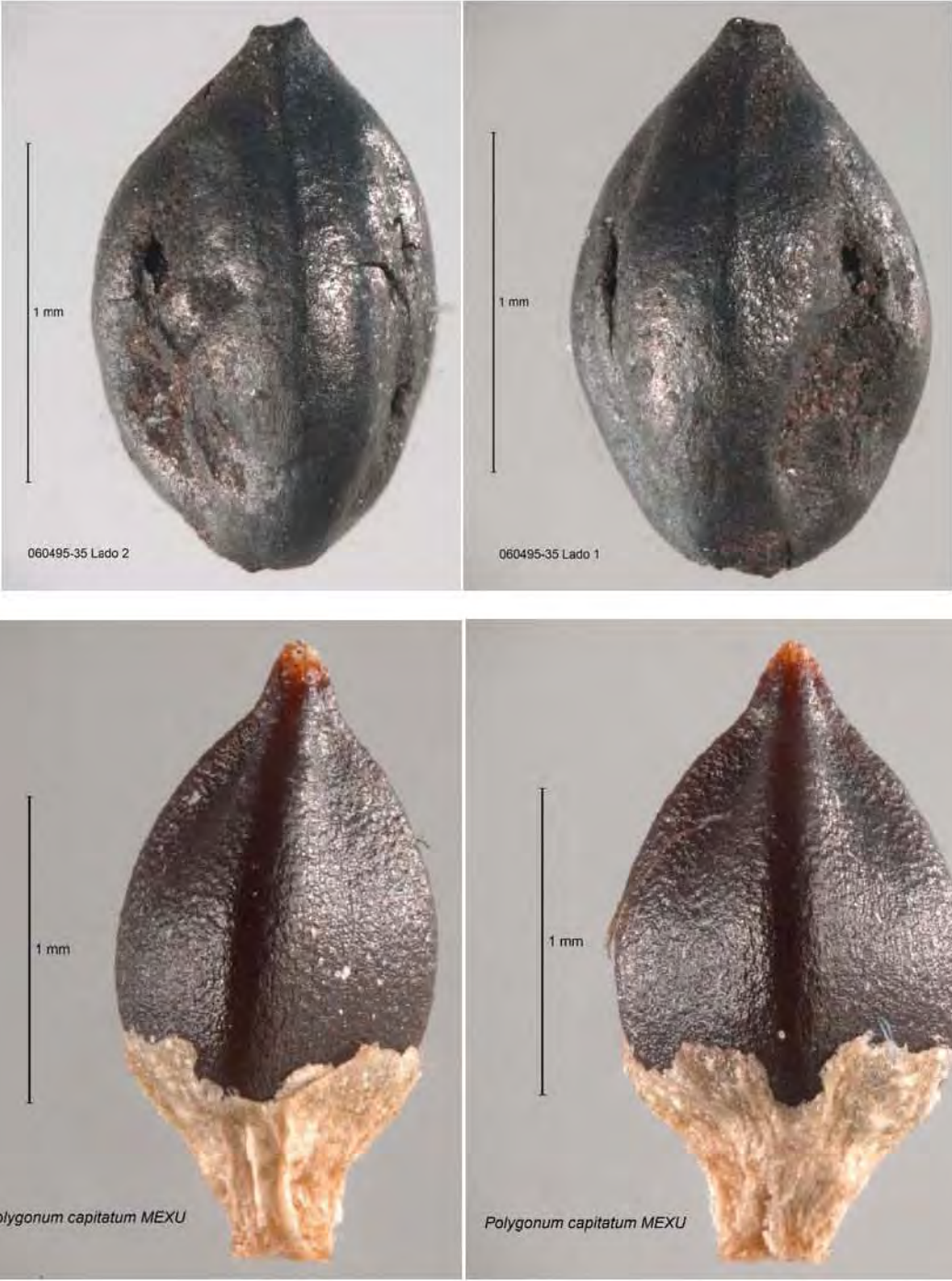


Figura 16. *Polygonum lapathifolium*. Arriba fruto arqueológico carbonizado de Xaltocan (excavación Z2, nivel 14). Especie intrusiva del entorno actual. Abajo fruto actual *T. Ubierna 423* (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.

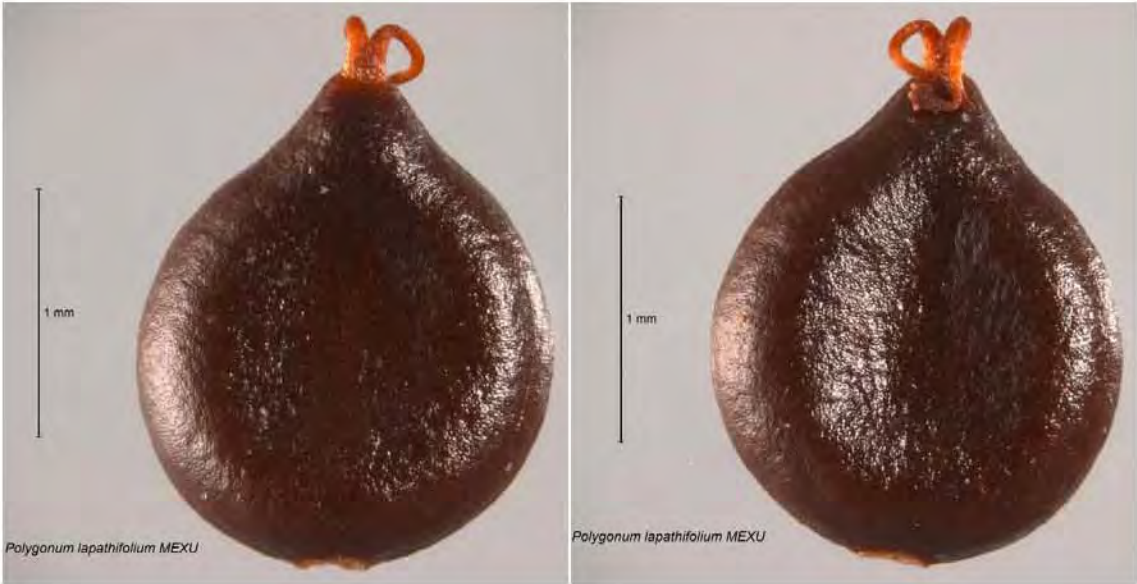


Figura 17. *Polygonum punctatum*. Arriba fruto arqueológico desecado de Xaltocan (excavación Y5, nivel 16). Periodo Posclásico. Abajo fruto actual *E. Ventura 1883* (MEXU). Fotomicrografía de Elia Matías.

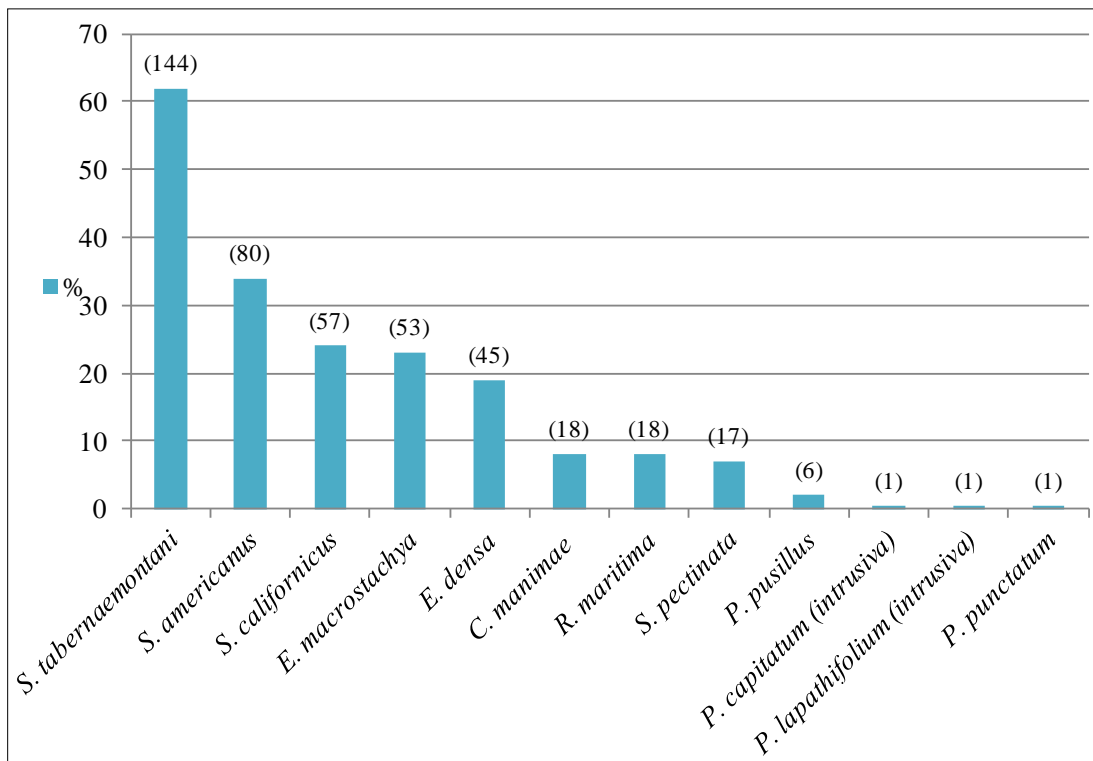


LA FRECUENCIA RELATIVA DE 12 ESPECIES DEL ANTIGUO XALTOCAN

La presencia de las especies en las muestras arqueológicas

La frecuencia relativa (ubicuidad) de las 12 especies en las 232 muestras arqueológicas de Xaltocan indicó que *Schoenoplectus tabernaemontani* posiblemente fue la hidrófita útil más importante del antiguo pueblo de Xaltocan, ya que tuvo la mayor frecuencia. No obstante, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Eleocharis macrostachya* y *Eleocharis densa* quizá también tuvieron un uso por sus altas frecuencias. Las especies *Cyperus manimae* y *Polygonum punctatum* probablemente no fueron utilizadas; y *Polygonum capitatum* y *Polygonum lapathifolium* fueron plantas intrusivas (Figura 18, Tabla 15).

Figura 18. Frecuencia relativa de las especies en las 232 muestras arqueológicas. En paréntesis se indica el número de muestras.



La distribución espacial de las especies

Las 12 especies se distribuyeron principalmente en la isla de Xaltocan, en 33 excavaciones, correspondientes a unidades domésticas, algunos montículos funerarios (excavaciones Y1, Y2 y Y3) y sitios de relleno del margen de la isla (excavaciones K, X2 y B); y escasamente en el lago (excavación PC

3 al sur de la isla) y en el sitio de Michpilco, 2 km al norte de la isla (excavaciones ET OPA y ET OPB) (Tablas 14 A, 14 B, Figura 4).

Las cinco excavaciones con la mayor riqueza de especies ubicadas en la isla, fueron Y5 con 11 especies localizada al este, continuaron G4 al norte, PC 5 al oeste, ZOC C y PC 4C en el centro, cada una con siete especies. Las cinco excavaciones con menor riqueza con sólo una especie (*Schoenoplectus americanus* o *Schoenoplectus tabernaemontani*) fueron E y Y3 al este, K al sur, S al oeste y W al centro. Las cinco excavaciones con el mayor número de muestras arqueológicas obtenidas fueron Y5 (32), PC 4C (17), I (17), ZOC B (16) y Z1 (15) ubicadas en el centro de la isla. Las siete excavaciones con el menor muestreo con sólo una muestra recuperada fueron E, F, K, PC 3, S, Y3 y W (Tablas 14 A, 14 B, Figura 4).

La frecuencia de las especies indicó una prevalencia de cinco ciperáceas hidrófitas distribuidas en un alto número de excavaciones a lo largo y ancho de la isla y en las excavaciones del lago: *Schoenoplectus tabernaemontani* en 32, *Schoenoplectus americanus* en 23, *Eleocharis macrostachya* en 20, *Schoenoplectus californicus* en 19 y *Eleocharis densa* en 18. La especie más frecuente *S. tabernaemontani* se distribuyó en las 10 excavaciones de mayor y menor riqueza, en las 10 excavaciones de mayor y menor muestreo, así como en 7 excavaciones más: Z, Z2, D, E, PC 4B, B y Y1 (Tablas 14 A, 14 B, Figura 4). Los conteos absolutos del total de 1697 macrorrestos de las 12 especies por excavación se indican en el Anexo 4.

Tabla 14 A. Distribución espacial y frecuencia relativa de las especies por excavación arqueológica.

Ubicación	Isla de Xaltocan																			
Periodo	Posclásico																			
Estructura	Unidades domésticas																			
Excavación	G	G2	G3	G4	G5	G6	G7	Y5	Z	Z1	Z2	D	E	H	I	J	W	ZOCA	ZOCB	ZOCC
Número de muestras arqueológicas	14	11	2	8	5	11	2	32	1	15	6	5	1	3	17	4	1	12	16	9
Familia / especie																				
Cyperaceae																				
<i>Cyperus manimae</i>	14	36		12	60	27		3						33						11
<i>Eleocharis densa</i>	14	54		25	20		50	25		27	17	20			23	25			6	22
<i>Eleocharis macrostachya</i>	21	64	50	25		9		34			33	20		33	23			25	6	11
<i>Schoenoplectus americanus</i>	28	9	50	37	20			59	100	40	50	20		33	29	25		42	56	55
<i>Schoenoplectus californicus</i>	28	18	50	12		9		41	100	47	50	20			53	25		17	6	33
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	86	18		62		27	50	78	100	67	100	100	100	67	65	50	100	75	56	67
Potamogetonaceae																				
<i>Potamogeton pusillus</i>								3												11
<i>Stuckenia pectinata</i>						27		6				20			12			17	12	
Polygonaceae																				
<i>Polygonum capitatum (intrusiva)</i>								3												
<i>Polygonum lapathifolium (intrusiva)</i>											17									
<i>Polygonum punctatum</i>								3												
Ruppiaceae																				
<i>Ruppia maritima</i>				25				12		13						25				

Tabla 14 B. Distribución espacial y frecuencia relativa de las especies por excavación arqueológica. Se indica la ubicación en la isla, orilla de la isla y lecho lacustre de Xaltocan. (CT significa Colonial Temprano).

Ubicación	Isla de Xaltocan											Orilla de isla	Lago	Michpilco		
Periodo	Posclásico						Colonial Temprano					Posclásico	CT	Clásico-Epiclásico		
Estructura	Unidades domésticas															
Excavación	C	F	S	Y1	Y2	Y3	PC4A	PC4B	PC4C	PC5	K	X2	B	PC3	ET OPA	ET OPB
Número de muestras arqueológicas	4	1	1	2	3	1	3	2	17	3	1	6	3	1	7	2

Familia / especie

Cyperaceae

<i>Cyperus manimae</i>									12							
<i>Eleocharis densa</i>							100	50	18	67			67			
<i>Eleocharis macrostachya</i>							67	50	35	67		33	33	100		
<i>Schoenoplectus americanus</i>	50				33	100			35	33			33		29	
<i>Schoenoplectus californicus</i>		100			33										43	50
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	25	100	100	100	67		33	100	53	100	100	50		100	86	50

Potamogetonaceae

<i>Potamogeton pusillus</i>									6	33						
<i>Stuckenia pectinata</i>	25			50						67		17			29	

Polygonaceae

<i>Polygonum capitatum (intrusiva)</i>																
<i>Polygonum lapathifolium (intrusiva)</i>																
<i>Polygonum punctatum</i>																

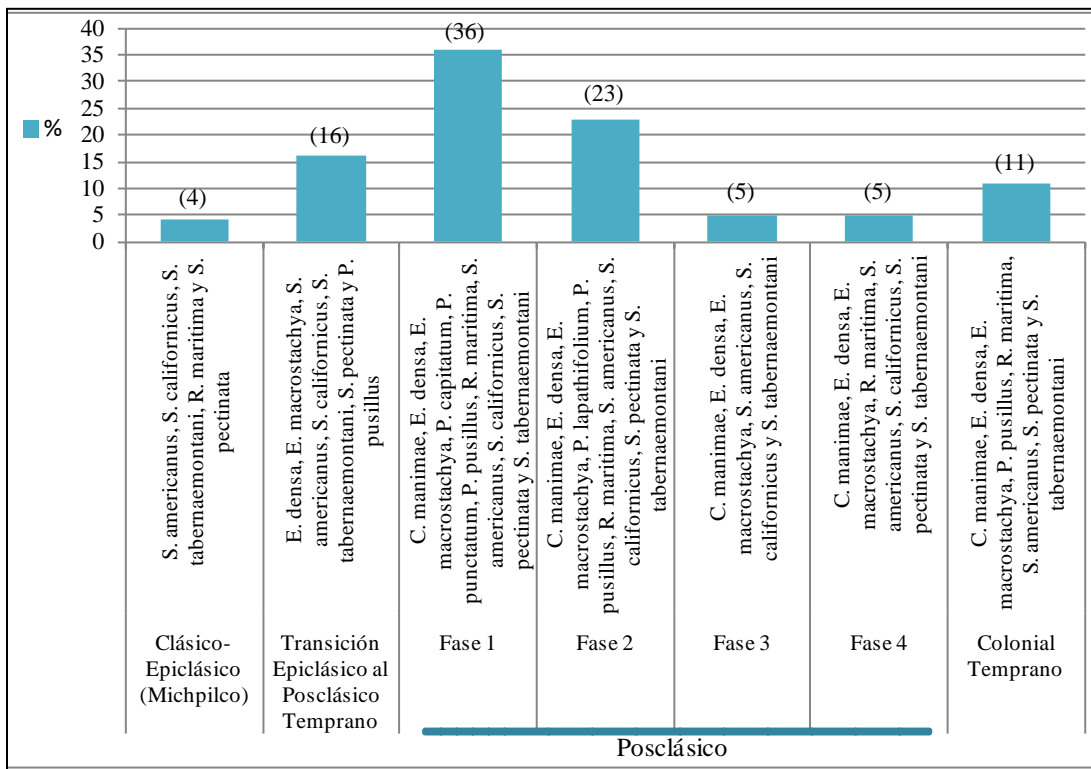
Ruppiaceae

<i>Ruppia maritima</i>	25								23	67			33			50
------------------------	----	--	--	--	--	--	--	--	----	----	--	--	----	--	--	----

La distribución temporal de las especies

Con base en la cronología de Xaltocan, las 12 especies se distribuyeron en un amplio periodo de tiempo, que inició a finales del Epiclásico y comienzos del Posclásico Temprano representado en las excavaciones ZOC A, ZOC B y ZOC C, continuó durante el Posclásico Temprano, Medio y Tardío, presentes en la mayoría de las excavaciones y siguió hasta el periodo Colonial Temprano, registrado en las cinco excavaciones PC. Las mayores frecuencias de especies se concentraron en la Fases 1 y 2 posclásicas, de las que la primera presentó el valor más alto. Las especies se presentaron también en el periodo anterior, el Clásico-Epiclásico (Michpilco) (Morehart y Crider 2016). La especie que se mantuvo con la mayor frecuencia a través del tiempo fue la subacuática *Schoenoplectus tabernaemontani* (Figura 19).

Figura 19. Frecuencia relativa de las especies por fase cronológica en Xaltocan. En paréntesis se indica el número de muestras.



PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS ÚTILES DEL ANTIGUO XALTOCAN

La presencia de las 12 especies en Xaltocan, se interpretó con base en el análisis paleoetnobotánico de las frecuencias de los macrorrestos en cada una de las 36 excavaciones, en relación con su: **1)** distribución espacial y temporal, **2)** tipo de preservación, **3)** localización estratigráfica o niveles de profundidad en los que se encontraron, indicados del 1 al 50 por cada 10 cm, **4)** la asociación cultural (estructuras y materiales del sitio, como unidades domésticas, entierros humanos, fogones, depósitos de basura, cerámica y artefactos) descrita en la literatura de las excavaciones (Brumfiel et al. 2005; Brumfiel 2005a, 2005b, 2005c, 2007, 2009; Espejel 2005; McClung y Martínez 2005; Brumfiel y Rodríguez-Alegría 2009; Rodríguez-Alegría 2009; De Lucía 2013) y **5)** la información etnobotánica pretérita y actual de las especies identificadas (Tabla 15 , Anexo 3). A continuación se ejemplifica el análisis con sólo una excavación:

La segunda casa Azteca I (OP Y5). Localización: orilla este de la isla de Xaltocan. **Periodos y fechas:** Posclásico Temprano (Fase 1). **Tipo de cerámica:** Azteca I (Figura 4).

En los niveles del 1 al 12 se encontró suelo alterado, el nivel 13 al 23 con cerámica Azteca I, Fase 1, del nivel 13 al 20 tres fogones con ceniza, abundante materia orgánica, restos botánicos, mazorcas y hojas de maíz quemadas, así como fragmentos de platos Azteca I. En los niveles 18 al 28 se encontraron numerosas capas de suelo con alto contenido orgánico, pisos de tabiques de arcilla y muros de adobe. Del nivel 29 al 34 se halló un entierro infantil completo y conservado y cuentas de concha incompletas, la excavación concluyó en el estrato 34. Se sugiere que este espacio fue una casa especializada en el procesamiento de pescado y elaboración de sal, con un pozo de quema de basura (Brumfiel et al. 2005; Brumfiel 2007).

Esta excavación se distinguió por su riqueza de especies (Tabla 14 A). La alta frecuencia de frutos quemados de *S. americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani* en los niveles intermedios (13 al 24) asociados culturalmente a cerámica posclásica temprana, a fogones, a un basurero y a densas capas de suelo orgánico, sugiere su utilización para formar pisos, ya sea frescas, secas y/o quemadas, también quizá como infrutescencias quemadas al basurero como práctica de limpieza cotidiana. La menor presencia de *E. densa*, *E. macrostachya*, *R. maritima*, *S. pectinata* y *P. pusillus* en las mismos niveles culturales (13 al 21) podría indicar un uso semejante, pero en menor cantidad. La mineralización de *E. densa* y *E. macrostachya* pudiera sugerir que fueron colocadas en el suelo en condición fresca o seca. Aunque los frutos de *C. manimae* (nivel 13), *P. capitatum* (nivel 18) y *P. punctatum* (nivel 19) se localizaron en niveles culturales, no se asocian con posibles usos. La especie *P. capitatum* se descarta que pertenezca al suelo arqueológico original (ver página 98).

Tabla 15. Los usos propuestos para ocho hidrófitas. A partir del análisis paleoetnobotánico de los frutos y de la literatura etnobotánica, se infiere la parte utilizada, su condición de uso, preparación y tipo de manejo.

Familia / especie	Utilización	Parte utilizada. Condición	Preparación	Tipos de manejo
Cyperaceae				
<i>Eleocharis densa</i>	En el sistema constructivo de la plataforma isleña	Tallos. Fresca, seca y quemada	Sin preparación	Recolección
<i>Eleocharis macrostachya</i>	En el sistema constructivo de la plataforma isleña	Tallos. Fresca, seca y quemada	Sin preparación	Recolección
<i>Schoenoplectus americanus</i>	En el sistema constructivo de la plataforma y techos. En la cestería (posiblemente comercializada)	Tallos. Seca sólo en la cestería	Con preparación sólo en la cestería	Recolección y fuego
<i>Schoenoplectus californicus</i>	En el sistema constructivo de la plataforma y techos. En la cestería (posiblemente comercializada)	Tallos. Seca sólo en la cestería	Con preparación sólo en la cestería	Recolección y fuego
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	En el sistema constructivo de la plataforma y techos. En la cestería (posiblemente comercializada)	Tallos. Seca sólo en la cestería	Con preparación sólo en la cestería	Recolección y fuego
Potamogetonaceae				
<i>Stuckenia pectinata</i>	En el sistema constructivo de la plataforma isleña	Tallos. Fresca, seca y quemada	Sin preparación	Recolección
<i>Potamogeton pusillus</i>	En el sistema constructivo de la plataforma isleña	Tallos. Fresca, seca y quemada	Sin preparación	Recolección
Ruppiaceae				
<i>Ruppia maritima</i>	En el sistema constructivo de la plataforma isleña	Tallos. Fresca, seca y quemada	Sin preparación	Recolección
Sin usos. Significado				
<i>Cyperus manimae</i>	Desplazamiento de la población lacustre a los bosques			
<i>Polygonum punctatum</i>	Flora subacuática local			
<i>Polygonum capitatum</i> y <i>P. lapathifolium</i>	Especies intrusivas			

Respuestas de los aquenios de *Schoenoplectus americanus* y *Schoenoplectus californicus* a la carbonización experimental y resultados estadísticos de la reducción del tamaño

La carbonización controlada de los aquenios actuales de *S. americanus* y *S. californicus* mostró cambios morfológicos. El tamaño se redujo, el color y las superficies originales desaparecieron. Los caracteres de forma, índice de la forma, simetría, lados, forma del ápice del aquenio y proceso apical permanecieron constantes. El peso de tres grupos de 100 aquenios y un grupo de 30 aquenios mostró un descenso de la mitad de su peso total (Tablas 16 y 17). Se determinó que la temperatura y el tiempo adecuado para la carbonización de los aquenios de las especies *S. americanus* y *S. californicus* es 375°C por una hora. Se determinó que la temperatura y el tiempo adecuado para la carbonización de los aquenios de las especies *S. americanus* y *S. californicus* es 375°C por una hora. Se observó que a 350°C por una hora no se completaba la quema, ya que la superficie del fruto se encontraba sutilmente con su color natural, y a 400°C se observaron ligeramente sobre quemados.

Los resultados estadísticos de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon que comparó los tamaños antes y después de la carbonización experimental de los aquenios actuales de *S. americanus* y *S. californicus* indicaron diferencias altamente significativas por su valor de $p < .0001$ (Tabla 18, Figuras 20 y 21, Anexo 5). Por ello, se sugiere considerar en el proceso de identificación una reducción en el tamaño de los aquenios carbonizados de estas especies, ya que es un rasgo diagnóstico para diferenciar especies de la familia Cyperaceae.

Tabla 16. Caracteres morfológicos y peso registrados de la carbonización de aquenios actuales de *Schoenoplectus americanus*. Con asterisco* se indican los cuatro caracteres alterables.

<i>Schoenoplectus americanus</i> , colecta E. Matías 48 (MEXU)			
Carácter morfológico	Antes de la carbonización	Después de la carbonización	
Tamaño largo por ancho en mm*	(2.1) 2.3 (2.7) por (1.4) 1.6 (1.9)	(1.9) 2.1 (2.4) por (1.2) 1.4 (1.7)	
Forma	Obovada	Obovada	
Índice de la forma	3:2, 1:1 y 6:5	3:2, 1:1 y 6:5	
Simetría	Plano-convexa	Plano-convexa	
Lados	Dos lados, uno plano y el otro convexo	Dos lados, uno plano y el otro convexo	
Ápice del akenio y proceso apical*	Redondeado. Apiculado, con pico mediano	Redondeado. Apiculado, con pico mediano. Con ligera reducción	
Color*	Verde amarillo (inmaduros), café (maduros)	Negro	
Superficie*	Lisa a diminutamente reticular	Se pierde la superficie original	
Peso (mg)	Antes de la carbonización	Después de la carbonización	Diferencia
Para tres grupos de 100 aquenios			
Grupo 1	96	46	50
Grupo 2	81	38	43
Grupo 3	101	51	50
Para un grupo de 30 aquenios			
	28 mg	13 mg	15 mg

Tabla 17. Caracteres morfológicos y peso registrados de la carbonización de aquenios actuales de *Schoenoplectus californicus*. Con asterisco * se indican cuatro caracteres alterables.

<i>Schoenoplectus californicus</i>, colecta E. Matías 60 (MEXU)			
Carácter morfológico	Antes de la carbonización	Después de la carbonización	
Tamaño largo por ancho en mm*	(1.7) 1.9 (2.1) por (1.1) 1.3 (1.5)	(1.5) 1.8 (1.9) por (0.9) 1.2 (1.3)	
Forma	Obovada	Obovada	
Índice de la forma	3:2	3:3	
Simetría	Plano-convexa	Plano-convexa	
Lados	Dos lados, uno plano y el otro convexo	Dos lados, uno plano y el otro convexo	
Ápice del aquenio y proceso apical*	Redondeado. Apiculado, con pico corto	Redondeado. Apiculado, con pico corto. Con ligera reducción	
Color*	Café oscuro	Negro	
Superficie*	Diminutamente reticular	Se pierde la superficie original	
Peso (mg)	Antes de la carbonización	Después de la carbonización	Diferencia
Para tres grupos de 100 aquenios			
Grupo 1	71	35	36
Grupo 2	72	36	36
Grupo 3	75	39	37
Para un grupo de 30 aquenios			
	27 mg	11 mg	16 mg

Tabla 18. Resultados de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, para el tamaño de los aquenios de *Schoenoplectus americanus* y *Schoenoplectus californicus*.

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon		
Aquenios quemados de <i>S. americanus</i>	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Largo en mm después/antes de la quema	-4.809 ^b	< .0001
Ancho en mm después/antes de la quema	-4.816 ^b	< .0001
Aquenios quemados de <i>S. californicus</i>		
Largo en mm después/antes de la quema	-5.152 ^b	< .0001
Ancho en mm después/antes de la quema	-4.964 ^b	< .0001
^b = Basado en rangos positivos		

Figura 20. Variación del tamaño registrado de la carbonización de achenios actuales de *Schoenoplectus americanus* antes y después de la carbonización.

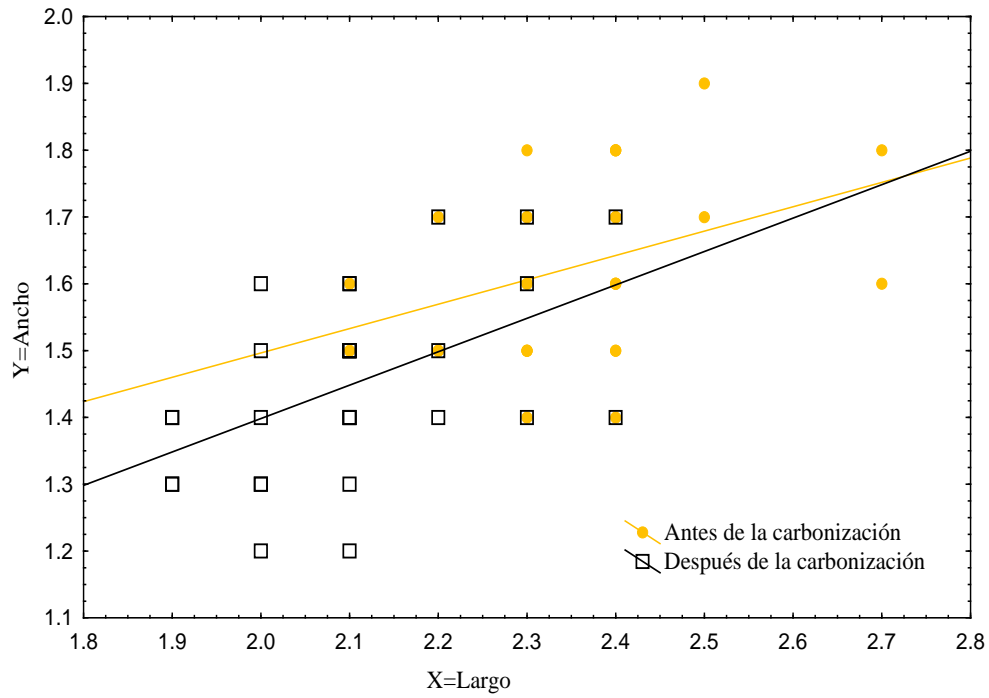
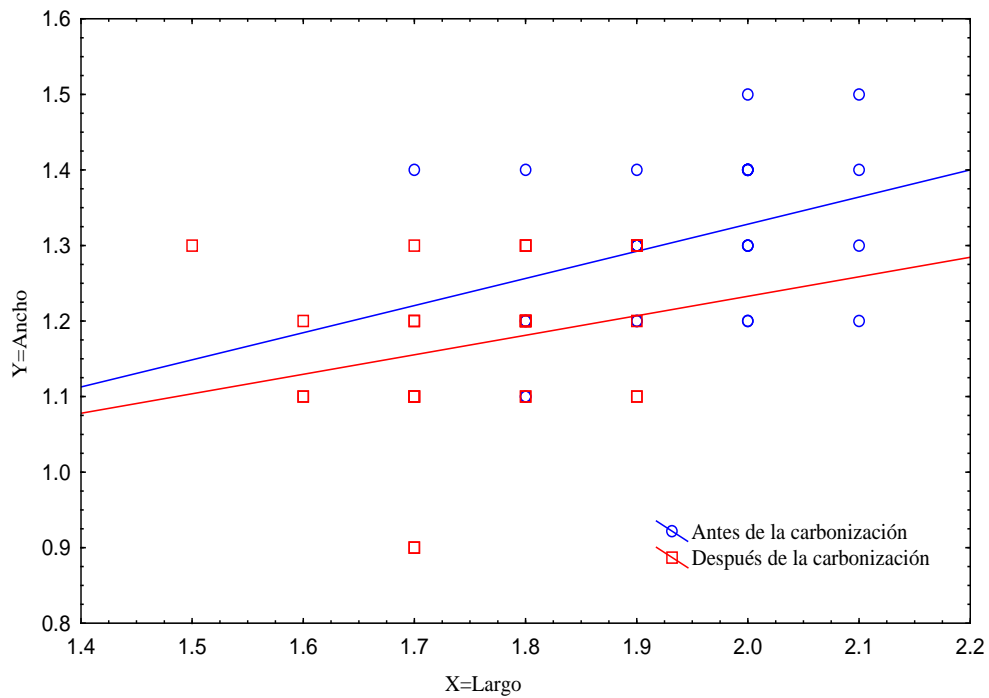


Figura 21. Variación del tamaño registrado de la carbonización de achenios actuales de *Schoenoplectus californicus* antes y después de la carbonización.



CAPÍTULO CUATRO. DISCUSIÓN

FLORA Y VEGETACIÓN HIDRÓFITA DEL ANTIGUO XALTOCAN

Las especies indicaron una similitud con la flora acuática y subacuática actual registrada para la República Mexicana y el Estado de México, se registraron más especies de la clase Monocotyledoneae y en el orden Poales que en Eudicotyledoneae y que en otros órdenes de angiospermas. Las eudicotiledóneas hidrófitas predominan sobre las monocotiledóneas únicamente cuando son especies leñosas. En el contexto acuático las monocotiledóneas y las Poales se presentan en los diferentes tipos de vegetación acuática y subacuática del país, alcanzan su mayor representación en el tipo tular, carrizal, popal o ciénega de 0 a 2800 m (Lot et al. 1998; Lot y Zepeda-Gómez 2009; Lot 2013; Rzedowski 2001, 2006; Mora-Olivo et al. 2013) (Tablas 12 y 13). En el ecosistema acuático del Xaltocan Posclásico existió una flora hidrófita predominantemente monocotiledónea herbácea que eudicotiledónea leñosa, agrupada en el tipo de vegetación denominado tular.

Familias y especies

Cyperaceae. Esta familia representante en este estudio, en la actualidad ocupa el tercer lugar en riqueza dentro de las angiospermas acuáticas y el primero en especies (125) y endemismo en las monocotiledóneas acuáticas herbáceas de México. Los dos géneros subacuáticos de mayor riqueza son *Eleocharis* y *Schoenoplectus*. Cyperaceae tiene una amplia representación en humedales y en cuerpos de agua del país. Por ejemplo, en la ciénega de Lerma de la entidad mexiquense agrupa al mayor número de especies (Lot et al. 1998; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; Lot 2013; Zepeda-Gómez et al. 2012, 2015).

Las especies prevalecientes *Eleocharis d ensa*, *Eleocharis ma crostachya*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus* y *Schoenoplectus tabernaemontani*, en la actualidad son plantas herbáceas subacuáticas que habitan en orillas de cuerpos de agua dulce o salobre como lagos y lagunas, en bordes de ríos y en zonas pantanosas o inundadas del país y del Estado de México. En la Cuenca de México se distribuyen entre los 2250 y 2400 m en Atenco, Chalco, Coyotepec, Cuauhtitlan, Tepetzotlán, Texcoco, Tláhuac, Tlalnepantla, Tolcayuca, Villa N. Romero, Zempoala y Zumpango. Las poblaciones de *S. am ericanus*, *S. c alifornicus* y *S. t abernaemontani* tienen importancia ecológica en los ambientes acuáticos, ya que ocupan una extensa superficie y son alimento y hábitat de fauna silvestre (González-Elizondo 1994, 2001; Lot y Zepeda-Gómez 2009; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; Lot 2013; Zepeda-Gómez et al. 2012, 2015).

La presencia escasa de *Cyperus manimae* fue debido a que no es hidrófita, se trata de una planta terrestre de bosques, pastizales, sitios de cultivo y perturbados (González-Elizondo y Rzedowski 1983; Tucker 1994), por lo que no se esperaría encontrarla en ambientes acuáticos.

Potamogetonaceae. Esta familia monocotiledónea representada en los macrorrestos por las especies *Potamogeton pusillus* y *Stuckenia pectinata*, en el presente ocupa el noveno lugar de riqueza con 10 especies dentro de las monocotiledóneas hidrófitas nacionales. Sus especies se desarrollan en ecosistemas acuáticos continentales generalmente dulceacuícolas, aunque también salobres y alcalinos (Lot et al. 1998, 1999; Novelo 2005; Lot 2013).

Actualmente, *P. pusillus* y *S. pectinata* son plantas herbáceas acuáticas estrictas que habitan en aguas tranquilas de lagos, lagunas, manantiales, charcas, estanques, presas, ríos, canales, zanjas y pantanos del territorio nacional y del Estado de México. En la Cuenca de México se ubican a 2250 m en Acolman, Chalco, Cuauhtitlan, Huehuetoca, Iztacalco, Nextlalpan, Real del Monte, Tenango, Tepetzotlán, Texcoco, Tláhuac, Tultepec, Xochimilco y Zumpango, así como en los humedales mexiquenses de Lerma. Las poblaciones de ambas especies se encuentran vulnerables y en peligro de extinción por la pérdida de hábitat (Lot et al. 1998, 1999; Novelo y Lot 2001a; Novelo 2005; Lot y Zepeda-Gómez 2009; Lot 2013; Zepeda-Gómez et al. 2012, 2015).

La familia Potamogetonaceae registró un menor número de especies respecto a Cyperaceae y Polygonaceae, debido a que el grupo no incluye numerosas especies como estos grupos y a que su hábitat es de menor extensión comparado con el de otras plantas como las del género *Schoenoplectus*, por lo que es de esperar una menor representación de especies en los ambientes acuáticos.

Ruppiaceae. Esta familia monocotiledónea presente en los macrorrestos de Xaltocan con la especie *Ruppia marítima*, en la actualidad tiene dos especies en el país y una en la Cuenca de México y Estado de México. La familia se distribuye desde el nivel del mar donde abunda en lagunas costeras, hasta los 2400 m en aguas continentales. *R. marítima* es una planta herbácea acuática estricta que vive en aguas someras de lagos, pantanos y canales salobres continentales y lagunas salinas costeras, bahías y esteros de México y de la entidad mexiquense. En la Cuenca se encuentra a 2250 m en Ecatepec, Texcoco y Tezoyucan. Su población es importante como zona de refugio y alimento principalmente de aves acuáticas (Novelo y Lot 2001; Lot y Zepeda-Gómez 2009; Ramírez García-Armora 2013; Lot 2013).

Ruppiaceae presentó el menor número de especies de las familias registradas, ya que es un grupo con escasa riqueza y sus representantes se circunscriben a hábitats particulares como los halófilos. Sin

embargo, *R. maritima* es una hidrófita indicativa de que el antiguo ecosistema acuático xaltocameca fue salobre.

Polygonaceae. De esta familia eudicotiledónea sólo se considera con posible presencia en Xaltocan a la especie *Polygonum punctatum*, ya que *Polygonum capitatum*, *Polygonum lapathifolium* corresponden a una intrusión actual en el sedimento arqueológico, debido a que son especies introducidas muy recientemente, la primera es de origen asiático y la segunda euroasiático. *P. capitatum* se comporta como maleza en orilla de caminos, así como ornamental y ocasionalmente escapada, en la Cuenca se ubica a 2250 m en Villa A. Obregón (Calderón de Rzedowski 2001a; Castillejos y Solano 2008; Arroyo 2012).

Al comparar las hidrófitas reportadas del antiguo Xaltocan con la flora acuática actual de dos lagos de la Cuenca de México: Texcoco y Xochimilco, así como de los humedales de Lerma, se observó una semejanza florística de 10 especies: *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Schoenoplectus tabernaemontani*, *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Stuckenia pectinata*, *Potamogeton pusillus*, *R. maritima*, *Polygonum lapathifolium* y *Polygonum punctatum*. Asimismo, en un comparativo con la flora acuática pretérita de macrorrestos recuperados de la Cuenca de México y colindancias del Formativo al Posclásico, se distinguieron seis géneros semejantes que son: *Eleocharis*, *Cyperus*, *Schoenoplectus*, *Polygonum*, *Potamogeton* y *Ruppia* (Rzedowski 1957; Smith y Tolstoy 1981; Novelo y Gallegos 1988; Serra-Puche 1988; Ávila 1992; Frederick et al. 2005; Martínez 2007; Morehart 2010, 2012; Zepeda-Gómez et al. 2012).

La existencia en Xaltocan de especies hidrófitas similares con las actuales de la región y con los géneros del periodo mesoamericano, podría indicar que en el pasado existió una unidad florística regional acuática y subacuática en lagos de la Cuenca de México que prevaleció del Formativo al Posclásico y aún en el presente en algunos de los lagos. En específico de *S. tabernaemontani* que es la especie se repitió en cada uno de los ambientes acuáticos actuales, al igual que en Xaltocan.

Hábitat, formas de vida y el reconocimiento de la vegetación

La categoría subacuática predominante en las especies reportadas, respecto a la acuática estricta, correspondió con las hidrófitas actuales de México y del Estado de México, en las que las plantas subacuáticas enraizadas emergentes tienen la mayor riqueza florística del conjunto de hidrófitas (Lot y Zepeda-Gómez 2009; Lot 2013; Zepeda-Gómez et al. 2015). El predominio de la categoría subacuática se correlaciona con la familia Cyperaceae y con la forma de vida hidrófita enraizada emergente prevaleciente en ecosistemas acuáticos.

El tular

Hidrófitas enraizadas emergentes. Esta forma de vida predominante en las hidrófitas de Xaltocan, en la actualidad en el país ocupa la mayor riqueza en las plantas acuáticas vasculares y es indicativa de paisajes lacustres donde llega a cubrir amplias áreas continuas. En esta comunidad vegetal las especies *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Schoenoplectus tabernaemontani* representan la agrupación denominada tular, presentes en poblaciones puras o mezcladas y sobresalen por su predominio y por su altura de 0.5 a 5 m. Las especies *Eleocharis densa* y *Eleocharis macrostachya* son plantas de menor tamaño de 10 a 50 cm; y *Polygonum punctatum* mide de 0.3 a 1.5 m (González-Elizondo 2001; Calderón de Rzedowski 2001a; Lot 2012, 2013, Lot et al. 2015).

Se interpreta que hace 1000-1100 años la vegetación del lago de Xaltocan estuvo representada principalmente por un tular, compuesto por *S. americanus*, *S. californicus*, *S. tabernaemontani*, estas hidrófitas quizá se ubicaron en el lago, márgenes del lago y en el área pantanosa que se extendía alrededor del lago. También tuvo especies asociadas como *E. densa* y *E. macrostachya*. El predominio de las enraizadas emergentes respecto a las otras formas de vida se relaciona con su alta representación en ecosistemas acuáticos, con la presencia de los géneros subacuáticos *Eleocharis* y *Schoenoplectus* de mayor riqueza en Cyperaceae y con la extensa superficie en la que se desarrollan en la actualidad. Por lo tanto, es de esperar que en los ecosistemas acuáticos nacionales y regionales del pasado y del presente se encuentre esta forma de vida con la mayor representación.

La vegetación sumergida

Hidrófitas enraizadas sumergidas. Esta forma de vida está representada en Xaltocan, hoy en día a nivel nacional ocupa el segundo lugar de riqueza de especies dentro de la flora y vegetación hidrófita y conforma la comunidad vegetal acuática sumergida. *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima* y *Stuckenia pectinata* son plantas perennes y en condiciones desfavorables anuales, de hasta 1 m de largo, habitan inmersas en aguas tranquilas de ríos, lagos, lagunas y pantanos (Novelo y Lot 2001a; Martínez 2013; Ramírez García-Armora 2013; Lot 2012, 2013, Lot et al. 2015).

Se sugiere que la vegetación acuática del antiguo Xaltocan también estuvo representada por la vegetación sumergida de las hidrófitas enraizadas sumergidas *P. pusillus*, *S. pectinata* y *R. maritima* que se desarrollaron inmersas en el lago. El menor número de especies de esta forma de vida en comparación con las hidrófitas enraizadas emergentes, está relacionado con la menor riqueza de las especies de sus familias, poblaciones pequeñas, es decir con menos individuos y con su hábitat de menor extensión, que se restringe al cuerpo de agua. Por lo tanto, su presencia en los cuerpos de agua será menor.

Otros tipos de vegetación

Bosque de *Pinus-Quercus*. Tipo de vegetación representado en Xaltocan solamente por *Cyperus manimae*. Se trata de una planta perenne de 8 a 98 cm de altura que crece en la capa herbácea de este tipo de bosque, aunque también en pastizales y matorrales. La comunidad vegetal del bosque de pino-encino la conforman especies dominantes de árboles de *Pinus* spp. de 8 a 12 m de altura y de árboles de *Quercus* spp. de 5 a 12 m, así como componentes arbustivos y herbáceos asociados. Se distribuyen entre los 2350 y 4000 m de las montañas de México y de la Cuenca de México, en la cual en épocas pasadas tuvieron una mayor extensión que en la actualidad (González-Elizondo y Rzedowski 1983; González-Elizondo 2001; Rzedowski 2001, 2006).

El tipo de vegetación de bosque de *Pinus-Quercus* no correspondió al sitio lacustre del Xaltocan, ya que en este ambiente prevaleció la vegetación acuática y subacuática. No obstante, su presencia podría señalar que fue parte de la cubierta vegetal circundante de la región, a la cual posiblemente se trasladaban los pobladores del lugar. La escasa riqueza de especies de esta vegetación comparada con las de la vegetación hidrófita significa que no pertenecen a la comunidad acuática, por lo que, se esperaría escasa o ninguna presencia.

Xaltocan: un lago con hidrófitas de agua salobre, alcalina y léntica

En la actualidad seis de las especies reportadas: *Eleocharis macrostachya*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Schoenoplectus tabernaemontani*, *Stuckenia pectinata* y *Ruppia maritima* habitan en cuerpos de agua salobres y alcalinos, en particular *R. maritima* en aguas salinas de México. Además, *S. americanus*, *S. californicus*, *S. tabernaemontani* en aguas poco profundas, *S. americanus* en suelos ricos en minerales y *P. pusillus* en aguas de corriente lenta (léntica) (González-Elizondo 2001; Novelo y Lot 2001a; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; Martínez 2013; Ramírez García-Armora 2013). Esta composición florística muestra que Xaltocan fue un lago salobre y alcalino, de flujo lento, poco profundo y de sedimento rico en minerales. Estos resultados apoyan lo documentado acerca del lago de Xaltocan que lo definen con estas características (Frederick et al. 2005).

Es factible que en las formaciones vegetales de Xaltocan hayan habitado otras hidrófitas que en la actualidad se encuentran en ambientes acuáticos de México y de la Cuenca de México, como *Nymphaea* spp. y *Typha* spp. La primera es una planta acuática estricta de la vegetación flotante y *Typha* spp. una hidrófita enraizada emergente que pertenece al tular. Ambos géneros se encontraron en el registro del polen del Xaltocan Posclásico (McClung y Martínez 2005; Morehart 2009, 2010; Lot y Zepeda-Gómez

2009; Rzedowski 2006; Calderón de Rzedowski 2001c; Novelo A. y Lot A. 2001c). Sin embargo, sus estructuras vegetales no se preservaron como macrorrestos, posiblemente por las características de las plantas, las condiciones de deposición y a un sesgo propio de un muestreo, que representará sólo una parte de las plantas originales del ecosistema.

EL ANTIGUO PUEBLO LACUSTRE DE XALTOCAN ASOCIADO CON LAS PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS

El fuego en Xaltocan y la carbonización de las plantas

El fuego natural o por actividad humana (antropogénico) es un componente prevaleciente en los paisajes del mundo y tiene efectos en los sistemas ecológicos, geológicos, hidrológicos y económicos. Su uso y manipulación ha diferenciado al ser humano de otras especies. En la historia humana ha sido un recurso de uso múltiple, para iluminar, calentar, cocinar, promover recursos biológicos, entre otros y ha desempeñado un papel en la innovación tecnológica y de herramientas desde tiempos antiguos hasta la industrialización de las sociedades actuales. La quema antropogénica intencional de cubiertas vegetales ha sido ampliamente utilizada como instrumento para limpiar y fomentar el crecimiento vegetal (Pyne 2001; Rzedowski 2006; Bixby et al. 2015).

El material vegetal carbonizado en sitios de ocupación humana pretérita se relaciona con el fuego empleado por actividad humana en el espacio y periodo determinado (Pearsall 2000; Crawford 2008). Este papel del fuego se ha confirmado en trabajos de macrorrestos de diferentes periodos mesoamericanos para la Cuenca de México, como en Terremote-Tlaltenco, El Arbolillo, Santa Catarina, El Terremote y Coapexco, así como en Tlajinga, Izcalli, Loma Terremote en Cuautitlán, Santa Cruz Atizapan y Xaltocan (Fuentes 1978; Reyna y González 1978; Smith y Tolstoy 1981; Scheinvar y González 1985; Serra-Puche 1988; McClung y Martínez 2005; Martínez 2007; Morehart 2009).

Dada la carbonización prevaleciente en los frutos de *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Polygonum capitatum*, *Polygonum lapathifolium*, *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Stuckenia pectinata* y *Schoenoplectus tabernaemontani* se propone que en Xaltocan sucedió más de un tipo de fuego antropogénico intencional que se puede dividir en dos criterios: temporal y espacial. Desde el enfoque temporal, agrupados a su vez en fuegos prehispánicos ocurridos en el Posclásico y los fuegos sucedidos en la etapa colonial en adelante.

Desde la perspectiva espacial, se distinguen dos tipos de posibles fuegos: al interior de la isla y al exterior de la isla. Dentro de la isla las hidrófitas posclásicas se pudieron haber quemado en los diferentes fogones isleños, como los encontrados en las excavaciones G2, G5, G6, Y5, Z1, H, I, ZOC A, ZOC B y ZOC C. Esta quema pudo haber tenido dos propósitos: limpiar residuos, ya que algunos frutos fueron

ubicados en basureros como en G, G2, G3, Y5, Z2, Y1, D, PC 5, X2, B, S, ETOP A y ETOP B, y formar ceniza vegetal para incorporarla a los pisos como absorbente de la humedad lacustre como la hallada en G, Z, Z1, Z2, D, ZOCA, ZOC B, ZOC C, C, F, PC 3, PC 4A, PC 4B, PC 4C y PC 5. Otro tipo de quema posible, fue la de los techos de las casas, como los encontrados G4, G6 Y Z1 (Brumfiel et al. 2005; Brumfiel 2005b, 2007, 2009; Rodríguez-Alegría 2009), elaborados de tallos de *S. a americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani*. También se encontraron aquenios quemados sin presencia de fogón, no se descarta que estos frutos pudieran quemarse en algún telcuil y que debido al manejo humano de la tierra hayan sido desplazados a diferentes lugares de la isla.

Fuera de la isla, la quema vegetal se pudo haber producido como parte un incendio controlado del tular xaltocameca de *S. americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani*. En la actualidad, en los pueblos lacustres del Alto Lerma, Valle de Toluca, se ha documentado la quema controlada de *S. americanus* y *S. californicus* en sus sitios de crecimiento como recursos tradicionales ampliamente utilizados. La quema tiene diferentes propósitos: favorecer el crecimiento de retoños de tules y eliminar el tule viejo, nutrir el suelo y aumentar su productividad, ahuyentar a las aves de sus nidos y cazarlas, así como para calentar el ambiente en época de frío. La quema del tular llega a tener una amplia extensión, de tal manera que se observa una capa de ceniza flotante con restos de estructuras vegetales (Sugiura 1998, comunicación personal 2017). En humedales de Mintzita, Michoacán, se ha reportado al fuego como un instrumento de manejo para mantener la cobertura vegetal de *S. a americanus* y *S. tabernaemontani* (Escutia-Lara et al. 2009).

En un análisis del sedimento lacustre de Chignahuapan, una de las ciénegas del Alto Lerma, de 2200 A. C. a finales de la prehistoria (3700 años antes del presente) en estratos a 1.70 m, se registró la abundancia de partículas de carbón (microcarbón), que podría indicar la antigua práctica de quema deliberada de los primeros pobladores, para limpiar los canales de vegetación lacustre y con ello agilizar el tránsito de sus balsas, como hasta hace unas décadas lo hacían aún los residentes (Lozano et al. 2009).

Se interpreta que los xaltocamecas efectuaron la quema controlada del tular de Xaltocan, para fomentar el crecimiento de los tules *Schoenoplectus am ericanus*, *Schoenoplectus c alifornicus* y *Schoenoplectus tabernaemontani* como plantas útiles, así como para limpiar de vegetación determinados lugares de tránsito. Estos eventos de fuego pudieron haber sido frecuentes en el transcurso de 1000 años de residencia xaltocameca y extensos si se considera que el lago de Xaltocan tuvo una extensión 12.8 km de largo por 5.7 km ancho (Figura 3). Es factible suponer que durante este tipo de quema se formara en el ambiente una capa de ceniza flotante, en la cual se encontraban restos de de inflorescencias maduras con aquenios carbonizados de los tules, que se llegaron a depositar en el sedimento lacustre e isleño de Xaltocan.

Aunque no se descartan antiguos incendios accidentales en el sitio, se deducen poco probables, dada la ubicación de los aguenuos quemados en la isla. En las referencias históricas, sólo se indica que hubo un incendio en Xaltocan en el periodo colonial durante la conquista española, cuando Hernán Cortés y su armada quemaron el lugar, después de una batalla contra de mexicas y xaltocamecas (Brumfiel 2005a; Chimonas 2005).

Información etnobotánica de las especies a partir de la literatura

En la actualidad, a nivel mundial *Schoenoplectus* y *Eleocharis* son dos de los géneros con la mayor importancia etnobotánica de la familia Cyperaceae. Sus usos principales son forraje, material de construcción, cestería y servicios ambientales (Simpson e Inglis 2001; Simpson 2008). En la República Mexicana y en la Cuenca de México las especies subacuáticas *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus* y *Schoenoplectus tabernaemontani* conocidas tradicionalmente como tules se reportan con usos medicinales, de forraje, material de construcción (cercas y techos), ornamental e importancia ecológica y en la Cuenca como material de construcción de chinampas. También se emplean en la cestería que consiste en un procedimiento y técnica de tejido artesanal a partir de tallos maduros y secos de estas plantas, para la elaboración diferentes objetos de uso múltiple, como petates, canastas, artesanías, entre otros (Miranda 1980; Lot y Novelo 1988, 2004; Novelo y Gallegos 1988; Serra-Puche 1988; Ramos y Novelo 1993; Rojas y Novelo 1995; Sugiura 1998; Pérez-López et al. 2009; Huerto y Amador 2011; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer 2013; Valles-Aragón y Alarcón-Herrera 2014; Zepeda-Gómez et al. 2015; USDA 2016) (Anexo 3).

En los pueblos lacustres del Alto Lerma, Valle de Toluca, adyacente a la Cuenca, la especie *S. californicus* o tule redondo, hasta hace unas décadas era un recurso de importancia económica por su amplio uso tradicional para la cestería. Se comercializaba en la región a través de un proceso de extracción, preparación y venta. Sus usos sin preparación eran en techos y cercas y con preparación para elaborar petates de uso múltiple, sopladores de fuego, asientos, sombreros, bolsas, ropa y escudos. La cestería en la región era un oficio de especialización entre comunidades como San Pedro Tlaltizapan y San Pedro Tultepec y entre personas conocidas como tuleros (dedicados sólo al corte del tule) y petateros (dedicados sólo al tejido de petates) (Albores-Zarate 1995; Sugiura 1998).

En Ecuador y Perú, en la región lacustre de Los Andes, *S. californicus* tiene un valor biológico, cultural y económico por su uso múltiple en el tejido artesanal de la cestería, tapetes multifuncionales, cortinas, asientos, artesanías, cajas, cuerdas, abanicos, juguetes. Igualmente, se emplea en la construcción de puentes, cercas y balsas (caballitos) de pesca marítima y lacustre desde la época pre-inca, así como en las casas (pisos, paredes, techos, puertas y ventanas); es el principal soporte constructivo de las islas que

habitan. También sirve como alimento humano (raíces tiernas), fertilizante, combustible y forraje. Constituye el hábitat de peces y aves acuáticas que son fuente de alimento de las comunidades indígenas del lago (Heiser 1978; Macía y Balslev 2000; Rondón et al. 2003; Banack et al. 2004).

La planta subacuática *Eleocharis macrostachya* se usa en la Cuenca en la construcción de chinampas (nombres comunes jaboncillo y junco). En la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo (nombres comunes tulillo y camalote) y el Alto Lerma, Estado de México (nombres comunes jomal, xomal, ixtle y reatilla) se emplea como forraje. En la Ciénega de Chignahuapan se señala con importancia ecológica, ya que es una de las especies con mayor densidad en el banco de semillas, dato útil en los programas de restauración de comunidades vegetales anegadas (Miranda 1980; Novelo y Gallegos 1988; Sugiura 1998; Lot y Novelo 2004; Zepeda-Gómez et al. 2015) (Anexo 3).

Para la planta acuática estricta *Ruppia maritima* no se documentan usos, sólo en un sistema lagunar de New Jersey, Estados Unidos se indica con importancia ecológica, en la restauración de ambientes acuáticos. Tiene potencial de forraje de ganado ovino a partir de un análisis nutricional de la planta (Rjiba et al. 2010; Bologna y Sinnema 2012) (Anexo 3).

Las hidrófitas estrictas como *Potamogeton pectinatus*, en peligro de extinción, se indican como elemento de la flora acuática de chinampas de la Cuenca de México. En Argentina, tienen importancia ecológica como especie nativa en la biorremediación de sistemas acuáticos contaminados, por su alta capacidad de acumulación de metales pesados (Novelo y Gallegos 1988; Lot y Novelo 2004; Harguinteguy et al. 2016). *Stuckenia pectinata* se reporta con usos domésticos en Veracruz para cubrir y conservar el pescado. En la Cuenca de México, en Xochimilco y Mixquic, se reporta como abono de sitios de cultivo (nombres comunes achoricillo cambrai, lama corriente, zacatito acuático, corbata, grama, granza, alpatle y ayoatle) (Miranda 1980; Lot et al. 1999). En Estados Unidos tiene importancia ecológica, en la biorremediación de ríos contaminados por metales pesados y en el control de la erosión de costas y presas (USDA 2016; Anexo 3).

En la actualidad, la especie subacuática *Eleocharis densa* se reporta sólo con importancia ecológica, por su alta capacidad de depuración de aguas residuales en humedales construidos. Como planta endémica, abundante, fácil de propagar y que prospera en suelo afectado por perturbaciones antropogénicas, adquiere un valor ecológico en el restablecimiento de humedales contaminados como refugio de vida silvestre y para proporcionar servicios ambientales. También se indica que puede tener un uso como forraje (Pérez-López et al. 2009; Anexo 3).

Los tules del Códice Florentino

La información etnobotánica prehispánica de los tules en México, según la descripción histórica del Códice Florentino, refiere que existía una deidad asociada con los tules nombrada Nappatecutli (en náhuatl: cuatro veces señor) quien creó el arte de hacer petates y productos del tule o tolcuextli (en náhuatl: tejido de tules). Es uno de los denominados tlaloques (grupo de dioses que residían en las montañas, servidores de Tlaloc, dios de la lluvia). Lo reverenciaban los artesanos que elaboraban los icpales (en náhuatl: asientos) ya que producía lluvias y promovía el crecimiento de los tules, materia prima de su oficio. En su imagen sostienen una planta y un escudo con flor del agua (Sahagún 1999; Simeon 2007; Macazaga y Ordoño C. 2008; Nagel 2010). En una interpretación se sugiere que la planta es una rama de *Cyperus articulatus* L., por la presencia de tallos conspicuamente septados y la inflorescencia umbeliforme, representada por un trapecoide invertido (Ludlow-Wiechers y Diego-Pérez 2002) (Figura 22 A, 22 B).

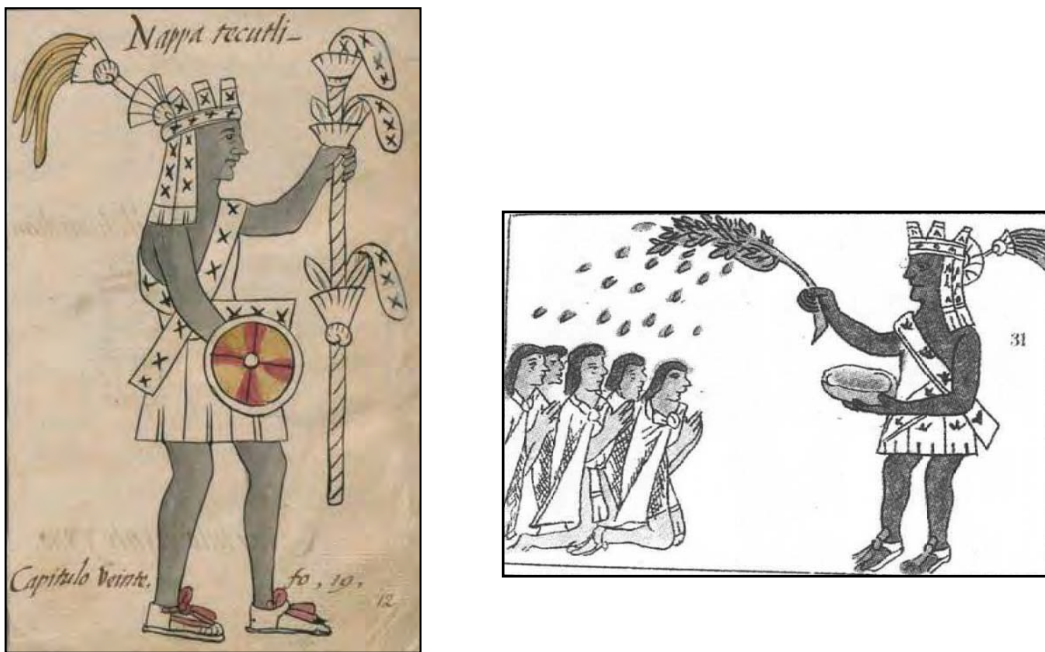


Figura 22. A. Nappatecutli, dios relacionado con los tules. Códice Florentino, Lámina V, número 20 (wdl.org). B. Nappatecutli rocía el agua.

Los asientos consistían en dos tipos: con respaldo denominado tepotzoicpalli, forrados de pieles de venado, oso y felino destinados sólo a los gobernantes, y los asientos simples sin respaldo y petates hechos para los macehuales o gente del pueblo. Asimismo los comerciantes o pochtecas vendían las canastas o chiquihuites en festividades para guardar maíz, tortilla y tamales (Sahagún 1999) (Figura 23 A, 23 B).



Figura 23. Ejemplos de objetos posiblemente elaborados con tules registrados en el Códice Florentino. A. Icpales o asientos de un noble y la gente común, Lámina XXIII, número 17. B. Canastas con tamales, Lámina XXXII, número 89 (wdl.org).

El Códice Florentino también indica un grupo de tules (en náhuatl), observados en la Cuenca de México a la llegada de los españoles. En la categoría de las hierbas que no son comestibles, ni medicinales ni ponzoñosas describe: **1) caltollin** hierba que comen los caballos, crece en el agua, es triangulada y en España la llaman carrizo, **2) itztollin** es triangulada con flores y raíces medicinales, **3) tolpatlactli** son espadañas como las de España, **4) tolmimilli** son juncos como los de España, **5) petlatollin** juncos medicinales de los que se hacen petates, **6) nacacetotli** juncos triangulares y recios con los que se hacen petates, **7) toliama, atollin y tolnacochtli** de los que hacen petates y **8) xomalli** juncos como los de España.

Con base en los caracteres e información actual de las ciperáceas estudiadas, a continuación se hace una propuesta breve de las posibles especies o géneros a los que corresponderían algunos de los tules referidos en el Códice Florentino.

Caltollin e itztollin pertenecería al género *Cyperus* spp. dado que indica que su tallo es triangulador, característico de *Cyperus*. **Petlatollin** correspondería a *Schoenoplectus californicus* y/o *Schoenoplectus tabernaemontani*, ya que no refiere el tallo triangulador e indica su uso para petates, el tallo de ambas tiende a sección circular. En la actualidad en la Cuenca de México y colindancias son los dos principales tules de los que se manufacturan petates (Miranda 1980; Sugiura 1998; González-Elizondo 2001; Lot y Novelo 2004; Albores-Zarate 1995). **Nacacetotli** posiblemente se trate de *Schoenoplectus americanus*, ya que la se señala como planta triangulador, que correspondería a su característico tallo de sección agudamente triangulador. Aunque en la actualidad no se registra en la elaboración de petates, es posible que en el pasado se haya empleado con este tipo de uso, como se plantea en este estudio. **Xomalli** sería *Eleocharis macrostachya*, por el nombre común que actualmente se utiliza para referirla en las ciénegas del Alto Lerma (xomal) (Sugiura 1998).

Significado de la presencia de *Cyperus manimae*, *Polygonum capitatum*, *Polygonum punctatum* y *Polygonum lapathifolium*

Dada la ausencia de los usos registrados para *Cyperus manimae*, su hábitat no lacustre, la presencia de frutos exclusivamente desecados (sin frutos a su vez quemados que la pudieran vincular con una utilización) y su representación no generalizada en los espacios domésticos, se descarta que esta ciperácea tuviera usos posibles en Xaltocan. Tal vez creció en partes relativamente elevadas de la isla, ya que es un poco maleza. Su traslado a la isla pudo ocurrir por zoocoria, como aves que la consumieron y dispersaron sus semillas y/o por actividad humana accidental, quizá adherida a algún objeto trasladado al lago por los xaltocamecas que transportaban recursos de lugares a larga distancia (Brumfiel 2007, 2009; Anexo 3).

Debido a la presencia limitada de *Polygonum punctatum* con un aquenio desecado (Tabla 14 A) (posiblemente filtrado a estratos culturales a partir de su presencia natural) y a sus escasos usos reportados, se excluye a esta poligonácea como posible planta útil en Xaltocan. La preservación de más aquenios no ocurrió quizá porque sus poblaciones eran pequeñas, comparadas con las de los tules y a un desinterés del pueblo en trasladarla como planta útil. *P. punctatum* se usa en la Cuenca de México en chinampas y como forraje; y en pueblos originarios de Norteamérica como medicinal (Miranda 1980; Novelo y Gallegos 1988; Lot y Novelo 2004; iucnredlist.org; Anexo 3). Esta planta subacuática nativa, quizá se desarrollaba en el lago y fue transportada a la isla xaltocameca por zoocoria y/o traslado humano incidental por el desplazamiento en el lago.

Dado el origen y la escasa representación de dos frutos de *Polygonum capitatum* y *Polygonum lapathifolium* se consideran plantas intrusivas, es decir que no corresponden a los sedimentos arqueológicos originales de Xaltocan. Posiblemente se traten de frutos actuales quemados cerca de terrenos agrícolas y filtrados o desplazados en el suelo por roedores. *P. capitatum* se usa como medicinal en su región de origen en China y como ornamental en América, apareció en la Cuenca de México aproximadamente hace 20 años. *P. lapathifolium* se usa como forraje en la Cuenca de México, su origen es controversial, se considera introducida o nativa de América con distribución circumpolar (Calderón de Rzedowski 2001a; Lot y Novelo 2004; Liao et al. 2011; Anexo 3; Vibrans comunicación personal 2018).

Distribución espacial de las especies

Al interior de la isla de Xaltocan

Unidades domésticas. La amplia distribución espacial de las especies en las casas de Xaltocan, indica una posible relación entre el uso del espacio doméstico y el uso de las plantas. Dado que las unidades domésticas fueron espacios organizados de artesanía múltiple (en una misma unidad) como Z, Z1 y Z2 donde se practicó la producción de cerámica, bifaciales (navaja de obsidiana con dos filos), hueso, cestería, tortilla y pescado (Brumfiel 2009; Hirth 2009; De Lucía 2013). Se plantea que dentro de las casas se practicó la cestería mediante la utilización de *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus* y *Schoenoplectus tabernaemontani*, así como material de pisos y techos. *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima* y *Stuckenia pectinata* como materia prima constructiva de los pisos de las casas.

La mayor riqueza de especies en las cinco excavaciones o casas Y5, G4, PC 5, ZOC C y PC 4C ubicadas al este, oeste, norte y centro isleño, se debió posiblemente a una concentración del uso de las ocho hidrófitas en particular *S. americanus* y *S. tabernaemontani* por sus altas frecuencias. También a que las excavaciones Y5 y PC 4C tuvieron un alto número de muestras de sedimento arqueológico respecto a otras, lo que amplía la posibilidad de encontrar un mayor número de especies. La menor riqueza de especies en las excavaciones E, K, S, Y3 y W localizadas al este, oeste, sur y centro isleño, se asocia principalmente al escaso número de muestras arqueológicas, lo que limita la representación de un mayor número de especies. Asimismo E, K y S ubicadas en la orilla de la isla, quizá fueron casas menos ocupadas que las del centro isleño y por lo tanto con menor actividad humana y menor evidencia de uso. La excavación W fue de sondeo e inconclusa, por lo que el muestreo fue limitado y no indica una riqueza representativa. Aunque las mayores riquezas y frecuencias de especies se mantuvieron en el centro isleño, no indica que hayan sido sitios exclusivos del uso de las ocho hidrófitas, ya que existe un sesgo de un amplio muestreo en las excavaciones del centro.

Montículos funerarios. Aunque fueron estructuras escasas (excavaciones Y1, Y2 y Y3) ubicadas al este de la isla, señalan que los xaltocamecas manejaron un suelo para enterrar a sus muertos, conformado quizá por materia prima vegetal de al menos cuatro hidrófitas registradas en estos sitios: *S. americanus*, *S. californicus*, *S. tabernaemontani* y *S. pectinata*.

Sitios de relleno en el margen este de la isla. Aún cuando fueron sitios de menor representación (excavaciones K, X2 y B) indican que los residentes emplearon tal vez al menos seis plantas: *E. densa*, *E. macrostachya*, *S. americanus*, *S. tabernaemontani*, *R. maritima* y *S. pectinata*, para la nivelación y expansión de la superficie isleña, dada su ubicación en la orilla.

Al exterior de la isla de Xaltocan

El lago y Michpilco. Aunque la presencia de las especies en el lago fue limitada, por el escaso muestreo en tres excavaciones: PC 3 fuera del margen sur de la isla y ET OPA y ET OP B en Michpilco a 2 km al noreste de la isla, el hallazgo de *Eleocharis ma crostachya*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Schoenoplectus tabernaemontani*, *Ruppia maritima* y *Stuckenia pectinata* podría deberse a un acarreo de restos de plantas utilizadas en la isla xaltocameca al lecho lacustre por el movimiento de los residentes o por la quema posclásica del tular, durante la cual se sedimentaron aquenios quemados en el lago. Aunque, también pudieron tratarse de recursos utilizados de forma similar e independiente por los michpilcas en un periodo anterior al asentamiento xaltocameca, en tal caso indicaría su uso temprano en el Clásico-Epiclásico por comunidades lacustres.

Distribución temporal de las especies

Clásico-Epiclásico (600/650-900 D. C.). (Michpilco, excavaciones ET OPA y ET OPB). Se trata de un periodo no representado en la isla de Xaltocan, pero sí en Michpilco (cercano a la isla) que se mantuvo en el análisis dada la identificación de las plantas en estas excavaciones. La baja incidencia de especies (Figura 19) se debe principalmente al escaso muestreo, sin embargo su presencia podría indicar una utilización temprana.

Transición del Epiclásico al Posclásico Temprano (800-1100/1150 D. C.). (Excavaciones ZOC A, ZOC B y ZOC C). Fue la etapa inmediatamente anterior al episodio de la fundación del pueblo xaltocameca (Brumfiel 2007, 2005a, 2005d). La presencia media de especies (Figura 19) se debió tal vez a que los primeros habitantes de la isla requirieron de materia prima vegetal para dar inicio y preparar la construcción de la plataforma isleña sobre el lago. Los tres tules además para construir los techos de las primeras casas que habitaban y para la cestería dado que en ZOC B fue hallada evidencia de petates y canastas (Brumfiel y Rodríguez-Alegría 2009). Lo que significaría que desde la llegada de los fundadores y primeros constructores de Xaltocan se practicaban dos técnicas prehispánicas mediante el uso de los tules: la de edificar islotes sobre los lagos para habitarlos y la de la cestería, quizá como tradiciones heredadas de sus ancestros.

Posclásico, Fase 1 (900-1100/1150 D. C.). Primera fase de ocupación xaltocameca que inicia en el Posclásico Temprano registrada en diferentes excavaciones como las cuatro casas tempranas Azteca I, primera (G, G2, G3, G4, G5, G6 y G7), segunda (Y5), tercera (Z y Z2) y cuarta (Z1), así como I, D y X2. Esta fase se distingue por la instalación y la fundación del asentamiento xaltocameca sobre el lago de Xaltocan, así como por una autonomía sociopolítica del pueblo, de 4200 habitantes y por sus lazos comerciales con Culhuacan, Chalco, Cholula y Tenochtitlan, (Brumfiel 2007, 2005d; Chimonas 2005).

Esta fase destacó con la mayor frecuencia de especies con 11 plantas (Figura 19). Lo que podría indicar que los xaltocamecas intensificaron el uso de las hidrófitas útiles en fases tempranas que en fases tardías. Debido quizá a que en la etapa fundacional existió un alto requerimiento de materia prima vegetal, de acceso inmediato del lago para sus sistemas constructivos iniciales, de consolidar, elevar y expandir la superficie durante los 200 a 250 años transcurridos en esta fase. Con mayor uso de los tules, principalmente de *S. tabernaemontani*, también para el techado y la cestería que implicó una alta demanda de tallos maduros. Lo que refleja que la industria cestería en Xaltocan en la primera fase posclásica permaneció activa y elevada tanto para consumo local, como quizá para intercambio comercial.

Posclásico, Fase 2 (1100/1150-1300 D. C.). Segunda fase de ocupación xaltocameca durante la transición del Posclásico Temprano al Posclásico Medio reportada en excavaciones como el cementerio azteca II de Y1 y Y2, así como en G, G2, G6, G7, Z2 y J. En esta fase Xaltocan continúa como entidad autónoma, la población registra un ligero incremento y la economía se mantuvo diversificada y próspera. Las unidades domésticas registran una marcada continuidad de la Fase 1 (Brumfiel 2005c; Overholtzer 2014). En esta fase se registra una reducción de especies, respecto a la fase anterior con 10 plantas (Figura 19). Lo que pudiera reflejar que los xaltocamecas disminuyeron el uso de las hidrófitas, como materia prima vegetal constructiva. Debido tal vez a que para esta fase, en la que habían transcurrido 400 años desde la fundación, la plataforma isleña ya había sido consolidada, y por lo tanto la demanda de material vegetal bajo y sólo la empleaban para renovar, rellenos, pisos y techos. Aunque la cestería a base tules quizá también descendió, mantuvo su presencia y continuidad para el consumo local, así como práctica incluida en el conjunto de actividades artesanales que conformaban la economía de una entidad mesoamericana desarrollada, como lo fue Xaltocan en esta etapa.

Posclásico, Fase 3 (1300-1420/1430 D. C.). Tercera fase de ocupación xaltocameca durante el Posclásico Medio, indicada en las excavaciones G3, Y3, E, H, F y S. En esta fase tardía Xaltocan sigue como centro sociopolítico autosuficiente, en la que llegó a un auge económico y poblacional de 5000 habitantes (Brumfiel 2005a; Chimonas S. 2005). En esta fase se observa una drástica reducción de especies (Figura 19). Lo que implicó quizá un menor requerimiento de las hidrófitas, debido a que para esta fase se emplearon únicamente para renovar rellenos, pisos y techos, puesto que ya existía una superficie consolidada durante los 500 años transcurridos desde la instauración inicial. Se infiere que la cestería se mantuvo en su mínima productividad, sin embargo no se abandonó, por la presencia constante de los tules *S. americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani*. Posiblemente a causa de que el pueblo se enfocó en sectores económicos primarios como la producción de maíz, que en el Posclásico Medio alcanzó su nivel más alto productivo y que abastecía de alimento local y de comercialización (Morehart y Eisenberg 2010; Morehart 2012a).

Posclásico, Fase 4 (1420/1430-1521 D. C.). (Excavaciones G4, B, W, C y K). Última fase de ocupación mesoamericana en Xaltocan, que se distingue por una crisis social, económica y política, debido al sometimiento que ejerció el imperio mexica de la Triple Alianza, a través de la imposición de altos tributo. Por lo que el pueblo experimentó una aguda reducción de sus bienes, riqueza, actividades artesanales, nivel de vida y densidad poblacional (Brumfiel 2007, 2005a, 2005d). Esta fase continúa con una baja presencia de especies (Figura 19). Lo que correspondería con una menor demanda de las hidrófitas útiles, para los sistemas constructivos y para la cestería. Quizá como reflejo de la presión económica del régimen, que obligó a los xaltocamecas a limitar su práctica artesanal cestera, para concentrarse en tributar productos primarios como el maíz y el frijol. Por tal, la cestería se mantuvo en su nivel productivo más bajo como consecuencia del sistema. Los datos apoyan el planteamiento de Xaltocan como una comunidad que carecía de su riqueza anterior.

Colonial Temprano (1521-1700 D. C.). (Excavaciones PC). Aún cuando esta etapa estuvo marcada por la llegada y la conquista española, los xaltocamecas no abandonaron su isla. En este periodo la producción de Xaltocan aumentó, continuó la elaboración de cerámica local y se reactivó el comercio de productos en comparación con en el periodo anterior mexica, quizá por un agudo empobrecimiento de las exigencias tributarias mexicas o como una acción de oposición a este régimen. Se ha registrado que Xaltocan en los siglos XVI al XVIII tuvo una importante industria de elaboración petates y canastas a base de tules (Gibson 1980; Rodríguez-Alegría 2009; Rodríguez-Alegría et al. 2013). El ligero aumento de especies (Figura 19) representaría un pequeño incremento en el uso de las hidrófitas para cestería. Lo que concuerda con la reactivación de una economía en la que se elevó la productividad y la diversificación de bienes a pesar de la llegada de un nuevo régimen. Entre las cuales la cestería se retomó como actividad productiva local, mientras que la renovación de sus sistemas constructivos (piso y techos) continuó según sus necesidades.

ETNOBOTÁNICA DE OCHO PLANTAS ACUÁTICAS Y SUBACUÁTICAS DEL ANTIGUO PUEBLO DE XALTOCAN

Se propone que las ocho hidrófitas emergentes y sumergidas *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Stuckenia pectinata* y *Schoenoplectus tabernaemontani* fueron plantas útiles que el pueblo xaltocameca usaba en el espacio que abarcó toda la isla de Xaltocan y en un amplio periodo de tiempo de nueve siglos continuos de finales del Epiclásico, durante las cuatro fases de ocupación del Posclásico y el Colonial Temprano (800 a 1700 D. C.) (Tabla 15)

Los usos se relacionan con la presencia y la disponibilidad de estas especies en el lago, como recursos de acceso inmediato. Los tules *S. americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani* quizá estuvieron ampliamente distribuidos, ya que en la actualidad se desarrollan exitosamente en su ambiente y se propagan vegetativamente con facilidad. También pudieron ser útiles por sus atributos morfológicos, que quizá representaron ventajas para diferentes usos, como sus tallos largos de hasta 5 m, ligeros, flexibles, resistentes, firmes, impermeables y de fácil manipulación. En los casos de *E. densa* y *E. macrostachya* de tallos herbáceos, delgados y cortos de hasta 50 cm; y *P. pusillus*, *R. maritima* y *S. pectinata* postrados de hasta 1 m, pudieron funcionar como materia prima incorporada a la tierra para sistemas constructivos de Xaltocan (González-Elizondo 2001; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; Novelo y Lot 2001; Ramírez García-Armora 2013).

Con base en las categorías de semillas arqueológicas sedimentadas en sitios de ocupación humana (Minnis 1981; Pearsall 2000) se plantea que la presencia de los frutos de las hidrófitas útiles en el sedimento ocurrió a partir de: **1)** frutos contenidos en espiguillas maduras adheridas a al tallo de las plantas utilizadas en la isla en los sistemas constructivos, **2)** frutos caídos de los tallos empleados durante la amplia manipulación en la cestería (*S. americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani*), **3)** residuos de infrutescencias desechados, vertidos y quemados en los basureros locales posterior al uso de la parte vegetativa y **4)** frutos unidos a la infrutescencias de tallos quemados para la elaboración de ceniza vegetal integrada a los pisos. Por lo tanto, la presencia de los frutos ocurrió a partir de haberse utilizado los tallos y no el fruto o semilla, y corresponden a recursos vegetales de uso indirecto.

A continuación, se describen los posibles usos de las ocho hidrófitas como materia prima vegetal lacustre en los sistemas constructivos del pueblo de Xaltocan:

1. En la formación inicial de la plataforma isleña. Hidrófitas utilizadas: *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Stuckenia pectinata* y *Schoenoplectus tabernaemontani*. Sirvieron en la construcción y el establecimiento de una estructura o base inicial de la isla de Xaltocan, ya sea

directamente sobre el lago o sobre un tlattel (montículo previo). Se formó y elevó la superficie mediante densos recubrimientos de capas o bloques vegetales de los tallos frescos (aunque posiblemente también secos) en combinación con la arcilla local. Con ello se fundó Xaltocan en la transición del Epiclásico al Posclásico Temprano (800-1100/1150 D. C.). Queda documentado en el estrato más profundo de la isla de la excavación I, a 4.5 a 5 m, y en un estrato intermedio en la excavación Z1, a 1.8 m, en los que fueron encontradas densas concentraciones vegetales.

En trabajos arqueológicos de la Cuenca de México y colindancias del Formativo en Terremote Tlaltenco sobre el lago Chalco-Xochimilco y del Epiclásico en Lerma, Valle de Toluca sobre las ciénegas del Alto Lerma, se ha documentado la técnica constructiva de islotes prehispánicos sobre lagos para asentamientos humanos, mediante el uso de tules. En la estratigrafía cultural de ambos sitios, se encontraron tallos frescos de tules, en capas superpuestas mezcladas con lodo para construir y elevar los islotes (Serra-Puche 1988; Sugiura 1998, comunicación personal 2017). En la actualidad el tule *S. californicus* es ampliamente utilizado en la construcción y mantenimiento de los islotes del Lago Titicaca, Perú, del pueblo uro y se vincula a usos pre-incas (Heiser 1978; Macía y Balslev 2000; Banack et al. 2004).

2. En la formación continua de los pisos xaltocamecas. Se utilizaron las mismas especies. Se infiere que una vez establecida la superficie isleña o base inicial, los residentes de Xaltocan continuaron con el uso de los tallos de estas plantas, con preferencia en los tules para consolidar, elevar, expandir y renovar los diferentes pisos y rellenos de ocupación continua durante nueve siglos. Las excavaciones G4, G6, G7, Y5, E, Z1, I, ZOC A, ZOC B, ZOC C y K constan de una amplia secuencia ocupacional en las que se presentó material vegetal integrado al suelo. La elevación y aumento de la superficie, se puede observar en K, X2 y B que muestran densos rellenos en los márgenes de la isla. Los tallos de las hidrófitas se emplearon principalmente frescos o secos, aunque también carbonizados para adicionarlos al suelo como absorbente de la humedad, como se registra en G, J, Z, Z1, Z2, D, ZOC A, ZOC B, ZOC C, PC 3, PC 4A, PC 4B, PC 4C, PC 5, C y F de suelos con abundante carbón y ceniza (Brumfiel 2005b; Brumfiel y Rodríguez-Alegría 2009).

3. En el techado de las unidades domésticas xaltocamecas. Hidrófitas empleadas: *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus* y *Schoenoplectus tabernaemontani*. Se interpreta que los antiguos habitantes de Xaltocan construyeron y renovaron los techos de sus casas durante el amplio tiempo de ocupación continua, con tallos frescos o secos de estos tules, con mayor constancia de uso de *S. tabernaemontani*. En las casas G4, G6 y Z1 se encontraron restos vegetales de posibles techos de tules.

La información de personas entrevistadas en el Xaltocan actual, indica que en el pasado los tules eran empleados como material constructivo de los techos tradicionales, los cuales se colocaban

entretejidos y se les agregaba arcilla que con la acción de la lluvia y el viento se endurecía (Espejel 2005). En la actualidad, a nivel mundial *S. americanus* se utiliza en la construcción de techos por algunos pueblos (Simpson e Inglis 2001; Simpson 2008). *S. californicus* en la construcción viviendas completas (pisos, paredes, techos, puertas y ventanas) por el pueblo uro del lago Titicaca, Perú (Heiser 1978; Macía y Balslev 2000). En México, *S. californicus* y *S. tabernaemontani* en la estructura del techado, mediante capas entrecruzadas de tallos secos, en pueblos del Alto Lerma y de Zumpango (Miranda 1980; Sugiura 1998; Lot y Novelo 2004).

4. Otros usos. Al interior de la isla, otro tipo de posible uso de las ocho hidrófitas pudo ser como combustible de fogones, dada la abundante ceniza encontrada como en la excavación J y la amplia presencia de fogones en la isla como los de las excavaciones G2, G5, G6, Y5, Z1, H, I, ZOC A, ZOC B y ZOC C. En el presente el tule *Schoenoplectus californicus* es empleado con esta función por el pueblo lacustre uro de Perú (Heiser 1978; Macía y Balslev 2000). La presencia de las hidrófitas en basureros de la isla, de las excavaciones G, G2, G3, Y5, Z2, Y1, D, PC 5, X2, B, S, ET OPA y ET OPB indica que fueron desechos de inflorescencias maduras, vertidas y quemadas como actividad de limpia cotidiana efectuada posterior al uso de la parte vegetativa (tallos) que a su vez funcionaba como ceniza de relleno del piso.

Al exterior de la isla, se infiere su uso en la construcción y el mantenimiento de las chinampas xaltocamecas de amplio uso en el Posclásico Medio (Morehart 2010, 2012). Posiblemente utilizadas con una técnica semejante a la de la construcción de la isla. Actualmente, las especies *Schoenoplectus americanus* y *Schoenoplectus tabernaemontani* se usan en la formación y acondicionamiento de las chinampas de Xochimilco y Mixquic (Miranda 1980; Novelo y Gallegos 1988; Lot y Novelo 2004). En macrorrestos del Formativo Temprano, en Terremote, lago de Chalco se registra a la familia Cyperaceae como elemento florístico incorporado a las chinampas de los primeros agricultores de la Cuenca (Smith y Tolstoy 1981).

Manejo del tular xaltocameca posclásico. Se sugiere la existencia en el pasado de Xaltocan de poblaciones manejadas de las ocho hidrófitas, principalmente de los tules (por su posible mayor uso), representadas por los aquenios de individuos quizá seleccionados, recolectados y trasladados maduros (dada la amplia representación de la estructura del fruto) a sus casas isleñas, para ser utilizados, y que tal vez crecieron estimulados por la recolecta y el fuego intencional del tular, que también representó quizá una forma de manejo por la amplia presencia de aquenios quemados en la isla (ver páginas 92 a 93).

LA CESTERÍA EN LAS UNIDADES DOMÉSTICAS DEL ANTIGUO XALTOCAN

Con base en el análisis paleoetnobotánico de este estudio, así como en la presencia de restos de petates y canastas en el estrato cultural 10 de ZOC B y de la unidad doméstica Z, Z1 y Z2 vinculada con la actividad cesterá (Brumfiel y Rodríguez-Alegría 2009; De Lucía 2013), se infiere la antigua existencia en Xaltocan de una comunidad de artesanos cesteros que utilizaron la materia prima vegetal de *Schoenoplectus am ericanus*, *Schoenoplectus c alifornicus* y *Schoenoplectus t abernaemontani* en la elaboración de objetos y productos de uso múltiple, como petates y canastas de manufactura artesanal de uso en su vida cotidiana, con procedimientos y técnicas quizá semejantes a las actuales del Alto Lerma (Sugiura 1998).

Si bien, estos tres tules no pertenecieron a las plantas de primera necesidad como el maíz, llegaron a conformar un conjunto de bienes utilitarios en la subsistencia local de un pueblo que llegó a albergar 5000 habitantes. Bienes que contribuyeron y complementaron ganancias en la economía autosuficiente que mantuvo Xaltocan en el Posclásico Temprano y Medio, como productos cesteros de distribución, intercambio y tributo en el sistema de mercado mesoamericano. Lo que apoya lo reportado para Xaltocan, acerca de una diversificación de bienes para consumo local y de intercambio regional, así como de prácticas artesanales en las unidades domésticas del Posclásico al Colonial Temprano (Brumfiel 2005c, 2005d, 2009; De Lucía 2013; Rodríguez-Alegría et al. 2013). La cestería también, representó una tradición ancestral en la Cuenca de México documentada desde el Formativo, que permaneció, se heredó y se difundió en la región como una práctica cotidiana de los pueblos lacustres y alcanzó un amplio uso en una de las comunidades del norte de la Cuenca de México, dedicada por nueve siglos a esta tradición.

Trabajos históricos han descrito que en tiempos coloniales tempranos del siglo XVI al XVIII en Xaltocan existió una importante industria de elaboración petates y canastas a base de tules (Gibson 1980).

En estudios arqueológicos, los hallazgos de objetos elaborados con material o fibra vegetal, como los producidos de la cestería son de difícil preservación o tendentes a la desintegración en el ambiente. Lo que dificulta el registro y la reconstrucción de la diversificación y de la escala de las prácticas artesanales, como la cestería en los espacios domésticos mesoamericanos (Weitlaner 1971; García-Moll 1972; De Lucía 2013). No obstante, en la Cuenca de México existen casos de preservación inusual de productos de la cestería (restos de petates, canastas y cuerdas) a base de tules o posibles tules del Formativo: en el sur, en Chalco-Xochimilco (Zohapilco, Tlapacoya y Terremote-Tlaltenco) (Barba de Piña Chan 1956; Sánchez 1970; Niederberger 1976; Serra-Puche 1986, 1988) y en el norte, en Ticomán y Tlatilco (Vaillant 1931; García-Moll 1972). En dos lugares sugieren que el tule se trata de *Schoenoplectus t abernaemontani*. Aunque la representación de la cestería es escasa, los trabajos documentan la evidencia material de una actividad artesanal efectuada por los primeros pobladores mesoamericanos.

En la actualidad se emplea la planta *S. americanus* para la cestería en algunos pueblos originarios de Canadá y Estados Unidos y en la República Mexicana en el lago de Cuitzeo, Michoacán. El tule *S. tabernaemontani* se emplea en cuatro lagos de México: Cuitzeo y Pátzcuaro, Michoacán, así como en Zumpango y Mixquic, Estado de México. La especie *S. californicus* se registra como el tule de mayor uso en la cestería en Los Andes, Perú y en el Alto Lerma, Valle de Toluca, México. Asimismo, es referido de forma general en otros pueblos lacustres de México como Cuitzeo y Pátzcuaro, Michoacán, Yuriria, Guanajuato y Zumpango, Estado de México (Heiser 1978; Miranda 1980; Lot y Novelo 1988, 2004; Ramos y Novelo 1993; Albores-Zárata 1995; Rojas y Novelo 1995; Sugiura 1998; Macía y Balslev 2000; Rondón et al. 2003; Banack et al. 2004; Huerto y Amador 2011; USDA 2016).

En los pueblos del Alto Lerma, como San Pedro Tlaltizapan y San Pedro Tultepec, mediante los tallos maduros y secos fértiles (secados después de cortarlos verdes) de *S. californicus* (tule redondo) se manufacturan diferentes objetos de uso múltiple como petates (para dormir, descansar, hincarse, sentarse y colocar diferentes objetos), canastas o chiquihuites (en náhuatl) para contener diferentes productos en su interior (maíz o tortilla), muebles como asientos de dos tipos: simples sin respaldo y sin braceras e icpallis (asiento en náhuatl) o con respaldo y con braceras, sopladores para mantener el fuego de los tlecuiles y otros productos como juguetes, escudos, bolsas, sombreros y vestimenta, comercializados en la región (Sugiura 1998).

En los pueblos originarios lacustres de de Perú y Ecuador se ha documentado el amplio uso del tule *S. californicus* (totora) en la cestería, a través de un proceso de manejo, uso y comercialización, a partir de los tallos maduros y secados al sol, se elaboran diversos tejidos de uso múltiple, como tapetes con diferentes usos (dormir o extender los granos de cultivo, manteles, etc.), cortinas, asientos, artesanías, juguetes y balsas (caballitos). Los productos manufacturados se comercializan en Colombia, Estados Unidos e Italia (Heiser 1978; Macía y Balslev 2000; Banack et al. 2004).

CAPÍTULO CINCO. CONCLUSIONES

Con base en los objetivos planteados y los resultados analizados, se concluye lo siguiente:

1. Se identifica por primera vez a nivel de especie 12 plantas principalmente hidrófitas, a partir del análisis morfológico de frutos arqueológicos, que son: *Cyperus manimae*, *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Polygonum punctatum*, *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima*, *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus*, *Schoenoplectus tabernaemontani*, *Stuckenia pectinata*, *Polygonum capitatum* y *Polygonum lapathifolium* (las dos últimas se consideran plantas intrusivas del entorno actual). Anteriormente en la Cuenca de México, se han determinado macrorrestos a nivel de especie únicamente de plantas cultivadas o domesticadas comestibles.
2. Se reconstruye parte de la historia vegetal y paleoambiental del antiguo lago de Xaltocan al norte de la Cuenca de México Clásico-Epiclásico (Michpilco), durante las cuatro fases de ocupación del Posclásico y el Colonial Temprano (800 a 1700 D. C.). Se infiere que existió una flora predominantemente monocotiledónea herbácea de vegetación acuática y subacuática representada por un tular de las plantas subacuáticas enraizadas emergentes de *Schoenoplectus americanus*, *Schoenoplectus californicus* y *Schoenoplectus tabernaemontani* y especies asociadas como *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya* y *Polygonum punctatum*. La vegetación sumergida estuvo conformada por *Potamogeton pusillus*, *Stuckenia pectinata* y *Ruppia maritima*, características de un lago salino, léntico y con minerales. La especie *Cyperus manimae* podría indicar un desplazamiento de los xaltocamecas a los bosques de la Cuenca, quizá por comercio.
3. El registro de las 12 especies contribuye a un inventario florístico del pasado de México, particularmente del norte de la Cuenca de México, del Posclásico Temprano y Medio, y para identificaciones posteriores de frutos. Esta área y este periodo han sido escasamente documentados, por otro lado, en la actualidad esta flora no existe en la región, por lo que los resultados adquieren un valor biológico e histórico relevante para futuras investigaciones.
4. Se documenta presencia de plantas que sugiere una antigua interacción plantas-seres humanos, mediante el manejo y aprovechamiento que los xaltocamecas practicaron sobre: *E. densa*, *E. macrostachya*, *P. pusillus*, *R. maritima*, *S. americanus*, *S. californicus*, *S. pectinata* y *S. tabernaemontani*, posiblemente empleadas simultáneamente en los sistemas constructivos de la formación inicial de la isla y de pisos subsecuentes; y *S. americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani* además en el techado de las casas y en la cestería. Lo que proporciona información etnobotánica del antiguo Xaltocan y representaría la utilización de especies no solamente cultivadas o domesticadas comestibles.

5. Se documenta por primera vez, la posible utilidad pretérita de cinco especies: *Eleocharis densa*, *Eleocharis macrostachya*, *Potamogeton pusillus*, *Ruppia maritima* y *Stuckenia pectinata*.
6. El análisis espacial y temporal de las especies sugiere el posible uso extendido y simultáneo de las ocho hidrófitas útiles en las unidades domésticas xaltocamecas posclásicas y coloniales tempranas a lo largo y ancho de la isla. También proporciona un panorama comparativo del cambio del uso en un amplio lapso de 900 años continuos. Su mayor uso ocurre en las fases tempranas (Posclásico Temprano y Medio) debido quizá a una mayor demanda de material vegetal constructivo y a cambios socioeconómicos de la comunidad, lo que contribuye a comprender parte de la historia de la comunidad de Xaltocan.
7. La prevalencia de los tules *S. americanus*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani* podría indicar que la cestería fue una práctica activa en Xaltocan de 800 a 1700 D. C. de subsistencia lacustre a escala local y posiblemente regional que llegó a circular en la economía mesoamericana y colonial temprana de la Cuenca de México. Con anterioridad, esta actividad artesanal no se había documentado mediante especies vegetales en contextos arqueológicos, sólo de escasos restos de objetos elaborados de material vegetal de difícil determinación.
8. Los resultados muestran la factibilidad de la identificación a nivel de especie de macrorrestos, mediante la morfología vegetal comparada.
9. Este estudio recupera parte del conocimiento vegetal tradicional mesoamericano, de plantas con posible importancia cultural, que durante nueve siglos tuvieron los pobladores de la Cuenca norte de sus plantas nativas, actualmente desaparecidas por los cambios socioeconómicos.

Comentarios finales

- Se aporta un catálogo fotográfico de los frutos arqueológicos estudiados y de los frutos cotejados, de apoyo para identificaciones taxonómicas.
- La información proporcionada es útil en ciencias biológicas y en arqueología, por la aportación a la historia vegetal y del pueblo de Xaltocan.
- Con el conocimiento adquirido, en la actualidad se pueden efectuar acciones de restauración y conservación de especies nativas de ecosistemas acuáticos locales, regionales o nacionales susceptibles de alteración o desaparición, así como la revalorización de prácticas tradicionales mesoamericanas como la cestería.

LITERATURA CITADA

- Adams C. 1994. Cyperaceae: *Cyperus*, *Schoenoplectus*. En: Davidse G., Sousa M. y Chater A. (eds.). Flora Mesoamericana. Alismataceae a Cyperaceae. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden Press y The Natural History Museum. London. 6: 423-440, 448-449.
- Albores-Zárate B. 1995. Tules y sirenas. El impacto ecológico y cultural de la industrialización en el Alto Lerma. El Colegio Mexiquense, A. C., Gobierno del Estado de México, Secretaría de Ecología. Estado de México. 478 p.
- Armillas P. 1971. Gardens on swamps. *Science* 174: 653-661.
- Armillas P. 1985. Tecnología, formaciones socioeconómicas y religión en Mesoamérica. En: Monjarás-Ruiz J., Brambila R. y Pérez-Rocha E. (eds.). Mesoamérica y el centro de México. Colección Biblioteca del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Serie Antropología. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. pp. 25-40.
- Arnstein L. 2000. Achene structure and function of structure in Cyperaceae. En: Wilson K. y Morrison D. (eds.). *Monocots: Systematics and Evolution*. CSIRO-Univ. New Gales, Melbourne. pp. 615-628.
- Arroyo N. 2012. Polygonaceae. En: Diego-Pérez N. y Fonseca R. M. Flora de Guerrero. 49. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 54 p.
- Ávila R. 1992. Arqueología de chinampas en Iztapalapa. En: González C. J. (ed.). Chinampas prehispánicas. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Antologías Serie Arqueología. México, D.F. pp. 83-154.
- Banack S., Rondón X. y Diaz-Huamanchumo W. 2004. Indigenous cultivation and conservation of totora (*Schoenoplectus californicus*, Cyperaceae) in Peru. *Economic Botany* 58: 11-20.
- Banning E. 2000. The archaeologist's laboratory. The analysis of archaeological data. Kluwer Academic. Plenum Publishers. New York. 316 p.

- Barba de Piña Chan B. 1956. Tlapacoya. Un sitio preclásico en transición. *Acta Anthropologica*. Ep. 2. Sociedad de alumnos. Escuela Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. I (1): 204.
- Baskin C. y Baskin J. 2014. *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press. 2a. ed. San Diego, California. 1586 p.
- Begon M., Townsend C. y Harper J. 2006. *Ecology*. 4a. ed. From individuals to ecosystems. Blackwell Publishing. Malden, Massachusetts. 746 p.
- Bixby R., Cooper S., Gresswell R., Brown L., Dahm C., y Dwire K. 2015. Fire effects on aquatic ecosystems: an assessment of the current state of the science. *Freshwater Science* 34: 1340-1350.
- Bologna P. y Sinnema M. 2012. Restoration of seagrass habitat in New Jersey, United States. *Journal of Coastal Research* 28: 99-104.
- Bonilla-Barbosa J. y Santamaría B. 2014. Plantas acuáticas exóticas y trasladadas invasoras. En: Mendoza R. y Koleff P. (eds.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 223-247.
- Brumfiel E. 2005a. Introducción. En: Brumfiel E. (ed.). *La producción local y el poder en el Xaltocan Posclásico*. Instituto Nacional de Antropología e Historia y The University of Pittsburgh. México, D.F. pp. 27-41.
- Brumfiel E. 2005b. Sumario de las unidades de excavación en Xaltocan. En: Brumfiel E. (ed.). *La producción local y el poder en el Xaltocan Posclásico*. Instituto Nacional de Antropología e Historia y The University of Pittsburgh. México, D.F. pp. 43-70.
- Brumfiel E. 2005c. La cronología cerámica en Xaltocan. En: Brumfiel E. (ed.). *La producción local y el poder en el Xaltocan Posclásico*. Instituto Nacional de Antropología e Historia y The University of Pittsburgh. México, D.F. pp. 117-152.

- Brumfiel E. 2005d. Conclusiones: la producción y el poder en Xaltocan. En: Brumfiel E. (ed.). La producción local y el poder en el Xaltocan Posclásico. Instituto Nacional de Antropología e Historia y The University of Pittsburgh. México, D.F. pp. 349-368.
- Brumfiel E. 2007. Estrategias de las unidades domésticas en Xaltocan Posclásico, México. Informe final. Instituto de Antropología e Historia de México. México, D.F. 273 p.
- Brumfiel E. 2009. El estudio de la clase común: el asentamiento de Xaltocan durante el Posclásico en la Cuenca de México. *Cuicuilco* 47: 59-86.
- Brumfiel E., De Lucia K., Espejel C. y Miller A. 2005. Espacio y organización social en el Xaltocan Posclásico, México. Informe anual 2005. Instituto de Antropología e Historia de México. México, D.F. 82 p.
- Brumfiel E. y Rodríguez-Alegría E. 2009. Estrategias de las élites y cambios políticos en Xaltocan, México. Informe anual de 2007. Instituto de Antropología e Historia de México. México, D.F. 286 p.
- Calderón de Rzedowski G. 2001a. Polygonaceae. En: Rzedowski G. C. de y Rzedowski J. (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 107-114.
- Calderón de Rzedowski G. 2001b. Ranunculaceae. En: Rzedowski G. C. de y Rzedowski J. (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 172-180.
- CABI. 2016. (Centre for Agriculture and Biosciences International) www.cabi.org/isc. [Consulta 9 de agosto de 2016].
- Calderón de Rzedowski G. 2001c. Nymphaeaceae. En: Rzedowski G. C. de y Rzedowski J. (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 168-169.

- Castillejos C. y Solano E. 2008. Polygonaceae. En: Rzedowski G. C. de y Rzedowski J. (eds.). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 153. Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro, Michoacán. México. 51 p.
- Chimonas S. 2005. Historia de la ocupación del Xaltocan prehispánico. En: Brumfiel E. (ed.). La producción local y el poder en el Xaltocan Posclásico. Instituto Nacional de Antropología e Historia y The University of Pittsburgh. México, D.F. pp. 169-194.
- Colón-Quezada D. 2009. Composición de la dieta de otoño del pato mexicano (*Anas diazi*) en el vaso sur de las las ciénegas del Lerma, Estado de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 80: 193-202.
- Crawford G. 2008. Macroremains analysis. En: Pearsall D. (ed.). Encyclopedia of archaeology. Academic Press. San Diego, California. 3: 1593-1598.
- De Lucía K. 2013. Domestic economies and regional transition: Household multicrafting and lake exploitation in pre-Aztec Central Mexico. Journal of Anthropological Archaeology 32: 353-367.
- Diego-Pérez N. 1995. Familia Cyperaceae: taxonomía, florística y etnobotánica. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 11. Universidad Autónoma de Yucatán. Sostenibilidad Maya. pp. 1-175.
- Diego-Pérez N. 2007. La familia Cyperaceae en el estado de Veracruz. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 353 p.
- Diego-Pérez N. y González-Elizondo M. S. 2013. Cyperaceae. En: Lot A., Medina-Lemos R. y Chiang F. (eds.). Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la flora de México. Monocotiledóneas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1: 85-164.
- Escalante-Gonzalbo P. 2010. El Posclásico en Mesoamérica. En: Velásquez-García E. et al. Nueva Historia General de México. El Colegio de México. México, D.F. pp. 119-168.
- Escutia-Lara Y., Lara-Cabrera S. y Lindig-Cisneros R. 2009. Efecto del fuego y dinámica de las hidrófitas emergentes en el humedal de la Mintzita, Michoacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 80: 77-778.

- Espejel C. 2005. Estructuras domésticas en Xaltocan. En: Brumfiel E. (ed.). La producción local y el poder en el Xaltocan Posclásico. Instituto Nacional de Antropología e Historia y The University of Pittsburgh. México, D.F. pp. 255-266.
- Espinosa-García F. y Sarukhán J. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 407 p.
- Ferrari L. 2000. Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 53: 84-92.
- Ferrusquía-Villafranca I. 1998. Geología de México: una sinopsis. En: Ramamoorthy T., Bye R., Lot A. y Fa J. (eds.). Diversidad biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 3-108.
- Fonseca R. M. 2017. Polygonaceae. En: Lot A., (eds). Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la flora de México. Dicotiledóneas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. II (1): 189-199 (versión electrónica).
- Ford R. 1979. Paleoethnobotany in American Archaeology. Advances in Archaeological Method and Theory 2: 285-336.
- Frederick C., Winsborough D. y Popper V. 2005. Investigaciones geoarqueológicas del norte de la Cuenca de México. En: Brumfiel E. (ed.). La producción local y el poder en el Xaltocan Posclásico. Instituto Nacional de Antropología e Historia y The University of Pittsburgh. México, D.F. pp. 71-115.
- Fuentes M. 1978. Estudio comparativo del maíz de dos sitios preclásicos de la Cuenca de México (Cuanalan e Izcalli). En: Sánchez-Martínez F. (ed.). Arqueobotánica (métodos y aplicaciones). Secretaria de Educación Pública e Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. pp. 26-31.
- García-Bárcena J. 2001. Arqueología mesoamericana. Prehistoria. En: Matos E. (ed.). Descubridores del

pasado en Mesoamérica. Océano. México, DF. pp. 31-54.

García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 5a. ed. México, D.F. 91 p.

García-Moll R. 1972. Rara muestra de cestería del Preclásico Medio. Boletín Instituto Nacional de Antropología e Historia. Época II. Número 3. pp. 23-26.

Gibson C. 1980. Los aztecas bajo el dominio español (1519-1810). Siglo XXI. México, D.F. 531 p.

González-Elizondo M. S. 1994. Cyperaceae: *Eleocharis*. En: Davidse G., Sousa M. y Chater A. (eds.). Flora Mesoamericana. Alismataceae a Cyperaceae. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden Press y The Natural History Museum. London. 6: 458-464.

González-Elizondo M. S. 2001. Cyperaceae. En: Rzedowski G. C. de y Rzedowski J. (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 114-1168.

González-Elizondo M. S. y Rzedowski J. 1983. Algunos aspectos ecológicos y fitogeográficos de las especies de Cyperaceae en el Valle de México I. Afinidades ecológicas. Boletín de la Sociedad Botánica de México 45: 39-47.

González-Elizondo M. S., González-Elizondo M., Tena-Flores J., López L., Reznicek A. y Diego-Pérez N. 2008. Sinopsis de *Scirpus* s.l. (Cyperaceae) para México. Acta Botánica Mexicana 82: 15-4.

González M. 1989. El género *Potamogeton* (Potamogetonaceae) en México. Acta Botánica Mexicana 6: 1-43.

Grove D. 2000. La zona del Altiplano central en el Preclásico. En: Manzanilla L. y López L. Historia Antigua de México. El México antiguo, sus áreas culturales, los orígenes y el horizonte Preclásico. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Coordinación de Humanidades, Instituto

de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México y Porrúa. 2a. ed. México, D.F. 1: 511-541.

Harguinteguy C., Cofré M., Fernández-Cirelli A. y Pignata M. 2016. The macrophytes *Potamogeton pusillus* L. and *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. as potential bioindicators of a river contaminated by heavy metals. *Microchemical Journal* 124: 228-234.

Hastorf C. y Popper V. 1988. Introduction. En: Hastorf C. y Popper V. (eds.) *Current Paleoethnobotany. Analytical methods and cultural interpretations of archaeological plant remains*. The University of Chicago Press. Chicago. pp. 1-16.

Hastorf C. y Archer S. 2008. Paleoethnobotany. En: Pearsall D. (ed.). *Encyclopedia of archaeology*. Academic Press. San Diego, California. 3: 1790-1795.

Haynes R. 2000. Ruppiaceae. En: *Flora of North America Editorial Committee (eds.). Flora of North America North of Mexico. Magnoliophyta: Alismatidae, Arecidae, Commelinidae (in part): and Zingiberidae*. Oxford University Press. New York. 22: 75-76.

Haynes R. y Holm-Nielsen L. 2003. Potamogetonaceae. En: *Organization for Flora Neotropica by The New York Botanical Garden Bronx, New York (eds.). Flora Neotropica Monograph 85*. The New York Botanical Garden Bronx, New York. pp. 1-52.

Heiser C. 1978. The Totora (*Scirpus californicus*) in Ecuador and Peru. *Economic Botany* 32: 222-236.

Hernández-X E. 1982. El concepto de etnobotánica. En: *Memorias del simposio de etnobotánica*. Instituto Nacional de Antropología e Historia y Universidad Nacional Autónoma de México. (eds.). México, D.F. pp. 12-17.

Hirth K. 2009. Craft production, household diversification, and domestic economy in prehispanic Mesoamerica. En: Hirth K. (ed.), *Housework: craft production and domestic economy in ancient Mesoamerica*. *Archaeological Papers of the American Anthropological Association*. Estados Unidos. 19: 13-32.

- Hollander M., Wolfe D. y Chicken E. 2014. Non parametric statistical methods. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. 3a. ed. New Jersey. 848 p.
- Huerto R. y Amador A. 2011. Evaluación y análisis de la vegetación acuática y bases para su control. En: Huerto Rubén, Vargas S. y Ortiz C. (eds.). Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Jiutepec, Morelos. pp. 48-85.
- INEGI. 2016. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Catálogo de entidades federativas, municipios y localidades. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/> [Consulta 20 de marzo de 2016].
- IUCN. 2016. (International Union for the Conservation of Nature). Red list of threatened species. <http://www.iucnredlist.org/details/175246/0> [Consulta 9 de agosto de 2016].
- Jacomet S. 2007. Use in environmental archaeology. En: Elias S. y Mock C. (eds.) Encyclopedia of Quaternary Science. Elsevier. 2a. ed. Amsterdam. 3: 2384-2412. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444536433002119> [Consulta 20 de marzo de 2016].
- Kirchhoff P. 1967. Mesoamérica. Sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales. Escuela Nacional de Antropología e Historia. Sociedad de Alumnos. Suplemento de la Revista Tlatoani 3: 1-15.
- Liao S.-G., Zhang L.-J., Sun F., Zhang J.-J., Chen A.-Y., Lan Y.-Y., Li Y.-J., Wang A.-M., He X., Xiong Y., Dong L., Chen X.-J., Li Y.-T., Zuo L. y Wang Y.-L. 2011. Antibacterial and anti inflammatory effects of extracts and fractions from *Polygonum capitatum*. Journal of Ethnopharmacology 134: 1006-1009.
- López-Austin A. y López L. 2002. La periodización de la historia mesoamericana. Arqueología Mexicana. Edición Especial: Tiempo mesoamericano 11: 6-15.

- López-Austin A. 2012. Cosmovisión y pensamiento indígena. En: González-Casanova P. (ed.). Conceptos y fenómenos fundamentales de nuestro tiempo. Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1-14 p.
- Lot A. 2004. Fanerógamas acuáticas. En: García-Mendoza A., Ordóñez M. y Briones-Salas M. (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund. México. pp. 237-248.
- Lot A. 2012. Las monocotiledóneas acuáticas y subacuáticas de México. *Acta Botánica Mexicana* 100: 135-148.
- Lot A. 2013. Introducción. En: Lot A., Medina-Lemos R. y Chiang F. (eds.). Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la flora de México. Monocotiledóneas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. I: 21-33.
- Lot A. y Novelo A. 1988. Vegetación y flora acuática del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *The Southwestern Naturalist* 33:167-175.
- Lot A. y Novelo A. 2004. Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 206 p.
- Lot A., Novelo A. y Ramírez-García P. 1998. Diversidad de la flora acuática mexicana. En: Ramamoorthy T. P., Bye R., Lot A. y Fa J. (eds.). Diversidad biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 563-578.
- Lot A., Novelo A., Olvera M. y Ramírez-García P. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México: hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes. Serie Cuadernos 33. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 161 p.
- Lot A. y Zepeda-Gómez C. 2009. Plantas acuáticas. En: Ceballos G., List R., Garduño G., López-Cano R., Muñoscana-Quintanar M., Collado E. y San Román J. (eds.). La diversidad biológica del Estado

de México: Estudio de Estado. Biblioteca Mexiquense del Bicentenario Gobierno del Estado de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 229-241.

Lot A., Medina-Lemos R. y Chiang F. 2013. Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la flora de México. Monocotiledóneas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. I: 398 p.

Lot A., Zepeda-Gómez C. y Mora A. 2015. Vegetación acuática y subacuática de México. En: Lot A. (coord.). Catálogo de la flora y vegetación de los humedales mexicanos. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 27-96.

Lozano S., Sosa S., Caballero M., Ortega B. y Valadez F. 2009. El paisaje lacustre del Valle de Toluca. Su historia y efectos sobre la vida humana. En: Sugiura Y. (ed.) La gente de la ciénega en tiempos antiguos. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Dirección General Asuntos del Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México y El Colegio Mexiquense. México, D.F. pp. 42-61.

Ludlow-Wiechers B. y Diego-Pérez N. 2002. Utilidad e importancia histórica y cultural de las Cyperaceae. Etnobiología 2: 90-102.

Macazaga y Ordoño C. 2008. El Códice Florentino al través de sus cuadros. Informática Cosmos. México, D.F. 360 p.

Macía M. y Balslev H. 2000. Use and management of totora (*Schoenoplectus californicus*, Cyperaceae) in Ecuador. Economic Botany 54: 82-89.

Madrigal X., Novelo A. y Chacón A. 2004. Flora y vegetación acuáticas del lago de Zirahuén, Michoacán, México Acta Botánica Mexicana 68: 1-38.

Manzanilla L. 2001. La zona del Altiplano central en el Clásico. En: Manzanilla L. y López L. L. Historia Antigua de México. El horizonte Clásico. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Coordinación de Humanidades, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad

- Nacional Autónoma de México y Porrúa. 2a. ed. México, D.F. 2: 203-233.
- Manzanilla L. y Barba L. 1994. La arqueología: una visión científica del pasado del hombre. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 106 p.
- Martínez D. 2007. Subsistencia mixta en el montículo 20b, La Campana-Santa Cruz Atizapán, Estado de México. Tesis de Maestría en Antropología. Facultad de Filosofía y Letras e Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 160 p.
- Martínez M. 2013. Potamogetonaceae. En: Lot A., Medina-Lemos R. y Chiang F. (eds.). Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la flora de México. Monocotiledóneas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1: 321-326.
- Martínez M. y Matuda E. 1981. Flora del Estado de México. Gobierno del Estado de México. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. 487 p.
- McClung E. 1977. Recientes estudios paleoetnobotánicos en Teotihuacan, México. Anales de antropología. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México 14: 49-61.
- McClung E. y Martínez D. 2005. Evidencia paleoetnobotánica del Xaltocan Posclásico. En: Brumfiel E. (ed.). La producción local y el poder en el Xaltocan Posclásico. Instituto Nacional de Antropología e Historia y The University of Pittsburgh. México, D.F. pp. 207-232.
- Miller A. 2007. Water mountain: a GIS analysis of Xaltocan's integration into the Aztec empire, Tesis de Licenciatura en Antropología, Evanston, Northwestern University.
- Minnis P. 1981. Seeds in archaeological sites: sources and some interpretive problems. Society for American Archaeology 46: 143-152.
- Miranda G. 1980. Plantas acuáticas útiles del Valle de México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 88 p.

- Mora-Olivo A., Villaseñor J. L. y Martínez M. 2013. Las plantas vasculares acuáticas estrictas y su conservación en México. *Acta Botánica Mexicana* 103: 27-63.
- Morehart C. 2009. Proyecto chinampero Xaltocan: informe de la temporada de campo 2007-2008. Instituto de Antropología e Historia de México, México, D.F. 293 p.
- Morehart C. 2010. The archaeology of farmscapes: production, place, and the materiality of landscape at Xaltocan, Mexico. *Disertación. Ph. D. Northwestern University.* 456 p.
- Morehart C. 2012a. Mapping ancient chinampa landscapes in the Basin of Mexico: a remote sensing and GIS approach. *Journal of Archaeological Science* 39: 2541-2551.
- Morehart C. 2012b. What if the Aztec empire never existed? The prerequisites of empire and the politics of plausible alternative histories. *American Anthropologist* 114:267-281.
- Morehart C. 2016. Let the earth forever remain! landscape legacies and the materiality of history in the northern Basin of Mexico. *Journal of the Royal Anthropological Institute* 22:939-961.
- Morehart C. y Eisenberg D. 2010. Prosperity, power, and change: modeling maize at Postclassic Xaltocan, Mexico. *Journal of Anthropological Archaeology* 29: 94-112.
- Morehart C., Meza A., Serrano C., McClung E. e Ibarra E. 2012. Human sacrifice during the epiclassic period in the northern Basin of Mexico. *Latin American Antiquity* 23: 426-448.
- Morehart C. y Crider D. 2016. Low-intensity investigations at three small sites along lake Xaltocan in the northern Basin of Mexico. *Latin American Antiquity* 27: 257–263
- Morrone J. J. 2013. *Sistemática. Fundamentos, métodos y aplicaciones.* Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 508 p.
- Nagel F. 2010. *Diccionario de náhuatl para estudiantes.* Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 284 p.

- Nalda E. 2010. El Clásico en el México antiguo. En: Velásquez-García E. et al. Nueva Historia General de México. El Colegio de México. México, D.F. pp. 71-118.
- Niederberger C. 1976. Zohapilco. Cinco milenios de ocupación humana en un sitio lacustre de la Cuenca de México. Colección científica. Número 30. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. 308 p.
- Niederberger C. 1979. Early sedentary economy in the Basin of Mexico. *Science* 203: 131-142.
- Niederberger C. B. 1987. Paleopaysages et archeologie pre-urbaine du bassin de México. Tomo I. Centre d' Etudes Mexicaines et Centramericaines. México, D.F. 357 p.
- Novelo A. 2005. Potamogetonaceae. En: Rzedowski G. C. de y Rzedowski J. (eds.). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 133. Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro, Michoacán. México. 26 p.
- Novelo A. y Gallegos M. 1988. Estudio de la flora y la vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del Valle de México. *Biótica* 13: 121-139.
- Novelo A. y Lot A. 2001a. Potamogetonaceae. En: Rzedowski G. C. de y Rzedowski J. (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 981-985.
- Novelo A. y Lot A. 2001b. Juncaginaceae. En: Rzedowski G. C. de y Rzedowski J. (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 986-988.
- Novelo A. y Lot A. 2001c. Typhaceae. En: Rzedowski G. C. de y Rzedowski J. (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 978-981.
- Olvera M. y Lot A. 1991. Estudio morfológico de diásporas de algunas especies de plantas acuáticas del Valle de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 51: 39-52.

- Overholtzer L. 2013. Archaeological interpretation and the rewriting of history: deimperializing and decolonizing the past at Xaltocan, Mexico. *American Anthropologist* 115: 481-495.
- Parsons J. 1989. Arqueología regional en la Cuenca de México: una estrategia para la investigación futura. *Anales de Antropología*. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México 26: 157-257.
- Parsons J., Gorenflo, L., Parsons M. y Wilson D. 2008. Prehispanic settlement patterns in the northwestern Valley of Mexico: the Zumpango region. *Memoirs of the Museum of Anthropology*. University of Michigan, Ann Arbor (Número 45). Michigan. 438 p.
- Pearsall D. 2000. *Paleoethnobotany. A handbook of procedures*. Academic Press. 2a. ed. Academic Press. San Diego, California. 700 p.
- Pérez-López M., González-Elizondo M. S., López-González C., Martínez-Prado A. y Cuevas-Rodríguez G. 2009. Aquatic macrophytes tolerance to domestic wastewater and their efficiency in artificial wetlands under greenhouse conditions. *Hidrobiológica* 19: 233-244.
- Pérez R. 2011. Datos sobre dominancia ecológica del “tule” *Schoenoplectus tabernaemontani* en la presa de Apizaquito, Tlaxcala. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente* 11: 67-96.
- Pyne S. 2001. *Fire: a brief history*. University of Washington Press and British Museum. 200 p.
- Ramírez-Cantú D. 1939. Contribución al conocimiento de la flora acuática del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 10: 33-64.
- Ramírez García-Armora P. 2013. Ruppiceae. En: Lot A., Medina-Lemos R. y Chiang F. (eds.). *Plantas acuáticas mexicanas una contribución a la flora de México: Monocotiledóneas*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. I: 327-329.
- Ramos L. y Novelo A. 1993. Vegetación y flora acuática de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botánica Mexicana* 25: 61-79.

- Reiche C. 1926. Flora excursoria en el Valle Central de México. Talleres gráficos de la nación. México, D.F. 303 p.
- Reyna R. y González L. 1978. Resultados del análisis botánico de formaciones troncocónicas en Loma Terremote, Cuautitlán, Estado de México. En: Sánchez-Martínez F. (ed.). Arqueobotánica (métodos y aplicaciones). Secretaria de Educación Pública e Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. pp. 39-41.
- Rjiba S., Chermiti A. y Mahouachi M. 2010. The use of seaweeds (*Ruppia maritima* and *Chaetomorpha linum*) for lamb fattening during drought periods. *Small Ruminant Research* 91: 116-119.
- Rodríguez-Alegría E. 2009. La etapa colonial en Xaltocan, México. Informe final. Instituto de Antropología e Historia de México, México, D.F. 259 p.
- Rodríguez-Alegría E., Millhauser J. y Stoner E. 2013. Trade, tribute, and neutron activation: The colonial political economy of Xaltocan, Mexico. *Journal of Anthropological Archaeology* 32: 397-414.
- Rojas J. y Novelo A. 1995. Flora y vegetación acuáticas del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana* 31:1-17.
- Rondón X., Banack S. y Diaz-Huamanchumo W. 2003. Ethnobotanical investigation of caballitos (*Schoenoplectus californicus*: Cyperaceae) in Huanchaco, Perú. *Economic Botany* 57: 35-47.
- Rost F. y Oldfield R. 2000. Photography with a microscope, Cambridge University Press. Cambridge. 278 p.
- Rzedowski J. 1957. Algunas asociaciones vegetales de los terrenos del lago de Texcoco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 21: 19-33.
- Rzedowski J. 2001. Introducción. En: Calderón de Rzedowski G. y Rzedowski J. (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 5-39.

- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. 1a. ed. digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. México, D.F. 504 p.
http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf [Consulta 20 de marzo de 2016].
- Rzedowski, G. C. de y Rzedowski J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 p.
- Sahagún B. de. 1999. Historia general de las cosas de Nueva España. Porrúa. México, D.F. 1093 p.
- Sánchez-Blanco J. y Guevara-Féfer F. 2013. Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana* 105: 107-129.
- Sánchez F. 1970. Identificación de una fibra textil en Tlapacoya. *Boletín Instituto Nacional de Antropología e Historia*. 40: 26-28.
- Sánchez O. 1968. La flora del Valle de México. 1a. ed. Oscar Sánchez, Sánchez. México, D.F. 519 p.
- Sanders W., Parsons J. y Stanley R. 1979. The Basin of Mexico. Ecological processes in the evolution of a civilization. Academic Press. New York. 561 p.
- Scheinvar L. y González J. 1985. Identificación de semillas carbonizadas de cactáceas procedentes del sitio arqueológico Tlajinga, Teotihuacan Estado de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas México* 29: 71-93.
- Serra-Puche M. C. 1986. Sugerencias para la identificación y excavación de un área de manufactura de canastas y petates. En: Manzanilla L. (ed.). *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 125-133.

- Serra-Puche M. C. 1988. Los recursos lacustres de la Cuenca de México durante el Formativo. Colección núm. 3 Coordinación General de Estudios de Posgrado, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 272 p.
- Serra-Puche M. C. y Lazcano C. 2009. Arqueología en el sur de la Cuenca de México. Diagnóstico y futuro. *In memoriam* W. T. Sanders. Cuicuilco 47: 19-38.
- Simeon R. 2007. Diccionario de la lengua náhuatl o mexicana. 19a. ed. Siglo XXI. México, D.F. 783 p.
- Simpson D. e Inglis C. 2001. Cyperaceae of economic, ethnobotanical and horticultural importance: a checklist. Kew Bulletin 56. Royal Botanic Gardens, Kew. London. pp. 257-360.
- Simpson D. 2008. Frosted curls to tiger nuts: ethnobotany of Cyperaceae. En: Naczi R. y Ford B. (eds.). Sedges, uses, diversity and Systematics of the Cyperaceae. Monographs in Systematic Botany 108: 1-14.
- Simpson M. 2010. Plant systematics. Academic Press. Massachusetts. 2a. ed. 740 p.
- Smith E. y Tolstoy P. 1981. Vegetation and man in the Basin of México. Economic Botany 35: 415-433.
- Smith S. 2003. *Schoenoplectus*. En: Flora of North America Editorial Committee (eds.). Flora of North America North of Mexico. Oxford University Press. New York. 23: 44-52.
- Smith S., Bruhl J., González-Elizondo M. S. y Menapace F. 2002. *Eleocharis*. En: Flora of North America Editorial Committee (eds.). Flora of North America North of Mexico. Oxford University Press. New York. 23: 60-120.
- Solano E. y Ayala M. 2008. Polygonaceae. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 63. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 22 p.
- Sugiura Y. 1998. La caza, la pesca, y la recolección: Etnoarqueología del modo de subsistencia lacustre en las ciénegas del Alto Lerma. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 p.

- Sugiura Y. 2001. La zona del Altiplano central en el Epiclásico. En: Manzanilla L. y López L. L. Historia Antigua de México; El horizonte Clásico. 2a. ed. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Coordinación de Humanidades, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México y Porrúa. México, D.F. 2: 347-385.
- Systematics Association Committee for Descriptive Biological Terminology IIa. 1962. Terminology of Simple Symmetrical Plane Shapes (Chart 1a.). Addendum Taxon 11: 245-247. http://www.jstor.org/stable/1217034?seq=3#page_scan_tab_contents [Consulta 20 de septiembre de 2014].
- Takasaki M., Konoshima T., Kurokia S., Tokuda H. y Nishino H. 2001. Cancer chemopreventive activity of phenylpropanoid esters of sucrose, vanicoside B and lapathoside A, from *Polygonum lapathifolium*. Cancer Letters 173: 133–138.
- Tropicos. 2016. Cyperaceae, Potamogetonaceae, Ruppiaceae y Polygonaceae. <http://www.tropicos.org/> [Consulta 20 de agosto de 2016].
- Tucker G. 1994. Revision of the mexican species of *Cyperus* (Cyperaceae). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 43: 1-213
- Tucker G., Marcks B. y Carter J. 2002. *Cyperus*. En: Flora of North America Editorial Committee (eds.). Flora of North America North of Mexico. Oxford University Press. New York. 23: 141-191.
- USDA. 2016. (United States Department of Agriculture). Natural Resources Conservation Service. The plants database. <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=SCAM6> [Consulta 9 de agosto de 2016].
- Valles-Aragón M. y Alarcón-Herrera M. 2014. Retención de arsénico en humedales construidos con *Eleocharis macrostachya* y *Schoenoplectus americanus*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 30:143-148.

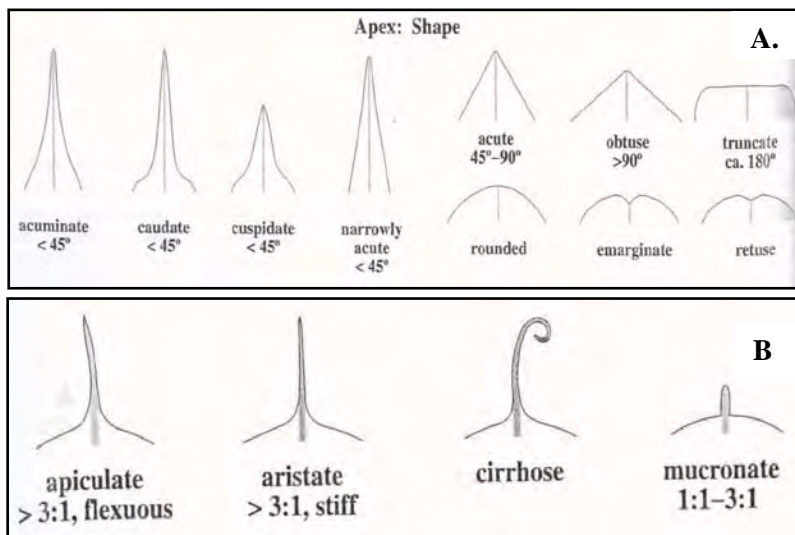
- Vaillant G. 1931. Excavations at Ticoman. *Anthropological papers of the American Museum of Natural History*. New York. XXXII (II): 439 p.
- Vélez N. 2001. Un estudio arqueobotánico en Cuanalan, Estado de México. Tesis de Licenciatura en Arqueología. Escuela Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. 235 p.
- Wayne R. 2014. Light and video microscopy. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-411484-5.00005-6> [Consulta 20 de septiembre de 2014].
- WDL. 2016. (World Digital Library). BDM (Biblioteca Digital Mundial). Sahagún B. de. 1499-1590. *Historia general de las cosas de Nueva España: el Códice Florentino*. Vol. I. <https://www.wdl.org/es/item/10612/view/1/34/> [Consulta 20 de noviembre de 2016].
- Weitlaner I. 1971. Basketry and textiles. En: Ekholm G. y Bernal I. (eds.). *Handbook of Middle American Indians. Archaeology of Northern Mesoamerica, Part 1*. Austin. University of Texas Press. 10: 297-321.
- Whittemore A. y Parfitt B. 1997. Ranunculaceae. En: *Flora of North America Editorial Committee (eds.). Flora of North America North of Mexico. Magnoliophyta: Magnoliidae and Hamamelida*. Oxford University Press. New York. 3: 85-221.
- Zepeda-Gómez C., Lot A., Antonio-Nemiga X. y Madrigal-Urbe D. 2012. Florística y diversidad de las ciénegas del río Lerma, Estado de México, México. *Acta Botánica Mexicana* 98: 23-49.
- Zepeda-Gómez C., Lot A., Antonio-Nemiga X. y Manjarrez J. 2015. Evaluación del banco de semillas y su importancia en la rehabilitación de la vegetación de humedales del centro México. *Botanical Sciences* 93: 695-707.

ANEXOS

ANEXO 1. Cuadro estandarizado para las formas planas de una estructura vegetal.
(Committee for Descriptive Biological Terminology IIa. 1962).

SYSTEMATICS ASSOCIATION : DESCRIPTIVE TERMINOLOGY					Symmetric Plane Figures																																																																																											
CHART 1A					1		2		3		4		5		6		7		8																																																																													
					anguste														transverse late		transverse		transverse anguste																																																																									
					late														latissime		depressa		perdepressa																																																																									
					12:1														3:1		2:1		3:2		4:3		1:1		5:4		2:3		1:2		1:3		1:6		1:12																																																									
A	ellipticus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
B	rectangularis vel oblongus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
C	rhombicus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
D	ovatus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
E	obovatus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
F	trullatus vel angulato-ovatus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
G	obtrullatus vel angulato-obovatus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
H	triangularis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
I	obtriangularis vel cuneatus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95

A. Forma del ápice del achenio. B. Proceso apical



ANEXO 2. Ejemplares de frutos del MEXU examinados y removidos citados en este estudio

CYPERACEAE:

Carex: *C. anisostachys* Landa de Matamoros, Queretaro, en bosque de pino-encino, en pendiente pronunciada, *S. González et al.* 10294. *C. boliviensis* Ixtapaluca, Estado de México a 3100-3200 m en bosque de pino, *W. R. Anderson* 12949. *C. brachycalama* Amecameca, Estado de México a 3000 m en pastizal, en terrenos con drenaje deficiente, *J. Rzedowski* 37863. *C. brunnipes* Magdalena Contreras, Ciudad de México a 3000 m en bosque de *Abies* sp., en lugar cenagoso, *J. Rzedowski* 38432. *C. chordalis* Tenango de Doria, Hidalgo, en bosque de pino-encino y liquidambar, en lugares húmedos, *R. Hernández-Magaña et al.* 4207. *C. ciliaris* Tlalpujahua, Michoacán a 2700 m en bosque de encino, *J. Rzedowski* 52759. *C. cortesii* Zacatepec, Oaxaca a 2500-3500 m en bosque mesófilo, *R. Torres y C. Martínez* 12467. *C. coulteri* Texcoco, Estado de México a 2550 m en ladera de encinar arbustivo, *R. Galván* 1288. *C. echinata* subsp. *townsendii* Durango, Durango a 2950 m en bosque de pino-encino, sitio arenoso pedregoso a orilla de arroyo temporal, *S. González et al.* 4568. *C. geophila* Huauchinango, Puebla a 2200 m en bosque de pino-encino, *P. Tenorio et al.* 12697. *C. hermannii* Tlalmanalco, Estado de México a 3650 m en zacatonal alpino rodeado por bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. en lugar muy húmedo, *J. García* 1626. *C. humboldtiana* Huixquilucan, Estado de México a 2550 m en barranco escarpado del borde de bosque de encino y en áreas de malezas abiertas, *S. González et al.* 10800. *C. cf. involucratella* Toluca, Estado de México a 2550 m en una zanja con *Juncus* sp., *Carex* sp. y *Scutellaria* sp. en bordes de cultivos de maíz a 2 m de vegetación de *Bouteloua* sp., *Muhlenbergia* sp. y pastizales, *H. Iltis et al.* 28760. *C. lagunensis* Súchil, Durango a 2400 m en bosque de pino-encino, *S. González* 2490. *C. longicaulis* Ixtapaluca, Estado de México a 3400 m, *R. Galván* 648. *C. longii* Cadereyta de Montes, Querétaro a 2100 m en matorral crasicale muy perturbado sobre laderas y peñas de rocas basálticas andesíticas, *S. Zamudio* 6940. *C. marianensis* Chalco, Estado de México a 2750 m en claro de bosque de *Pinus* sp., *J. Rzedowski* 29143. *C. peucophila* Huixquilucan, Estado de México a 2600 m en ladera de piedra de toba con vegetación de encinar, *S. González* 1144. *C. planostachys* El Carmen Tequexquitla, Tlaxcala a 2350 m en pastizales halófitos, suelo arenoso, asociada con *Distichlis* sp., *F. Ramos et al. s. n.* *C. polystachya* Temascaltepec, Estado de México en áreas de disturbio de bosque de encino, *W. R. Anderson* 13261. *C. praegracilis* Nombre de Dios, Durango a 1790 m en lugar encharcado a la orilla del camino, *S. González* 1595. *C. spilocarpa* Huixquilucan, Estado de México a 2500 m, *R. Fernández* 1760. *C. tuberculata* Álvaro Obregón, Ciudad de México a 2700 m en cañada a la orilla de arroyo de matorral de arbustos, *A. Ventura* 2871. *C. turbinata* Ocuilan, Estado de México a 2286 m en bosque de pino-encino con *Pteridium*

sp. disperso, *C. J. Rothfels et al.* 3407. *C. xalapensis* Teotitlan de Valle, Oaxaca a 2180 m en bosque de encino, *W. R. Anderson et al.* 13014.

Cyperus: *C. aggregatus* Coeneo, Michoacán a 2100 m en pastizal con algunos encinos, sobre corriente de lava basáltica, *H. Díaz-Barriga* 2535. *C. arsenei* Erongarícuaro, Michoacán a 2120 m en matorral con *Quercus rugosa*, *Q. castanea*, *Arbutus* sp., *Begonia* sp. y *Clethra* sp., *M. E. Molina et al.* 118-b. *C. aschenbornianus* Pátzcuaro, Michoacán en pastizal, terreno plano y orilla del camino, *J. M. Escobedo* 1455. *C. esculentus* Amealco, Querétaro a 2300 m en bosque de encino, en el borde de la milpa, asociada con *Fraxinus* sp., *Celtis* sp., *Prunus* sp., *Litsea* sp. y *Opuntia* sp., *E. Argüelles* 2361. *C. fendlerianus* Súchil, Durango en bosque de encino con pastizal, *S. González* 2480. *C. hermaphroditus* Jalpan, Querétaro a 1150-1200 m en bosque de pino-encino, terreno plano, *B. Servín* 586. *C. laevigatus* Texcoco, Estado de México a 2250 m en orillas del lago, *S. González* 1009. *C. manimae* Tepeapulco, Hidalgo a 2600 m en ladera de cerro, *A. Ventura* 172. *C. mutisii* Zinapécuaro, Michoacán a 1850 m en pastizal, terreno plano y orilla de camino, *J. M. Escobedo* 2093. *C. ochraceus* 1.5 km al N de Quebrantadera, Morelos en vegetación secundaria, *E. Cabrera et al.* 12059. *C. odoratus* San Sebastián Tecomaxtlahuaca, Oaxaca a 1420 m en suelo negro pantanoso, *J. I. Calzada* 21089. *C. pallidicolor* El Mezquital, Durango a 2300 m en bosque de *Pinus cembroides* Zucc., *S. González et al.* 3046. *C. pennellii* pendiente N del volcán Ixtaccihuatl, Ixtapaluca, Estado de México a 3100-3200 m en bosque de pinos, cerca de arroyo, en suelo arenoso abierto de llano, con *Hypoxis* sp., *Sisyrinchium* sp., *Carex peucophila* y *C. boliviensis*, *W. R. Anderson* 12953. *C. reflexus* Cuauhtitlan, Estado de México a 2250 m en orillas de canales, *J. Rzedowski* 37846. *C. rotundus* La Huerta, Morelia, Michoacán a 1950 m en pastizal, terreno plano, orilla del camino, *J. M. Escobedo* 1605. *C. sanguineo-ater* Carretera 175 a Guelatao a 3.8 km N de El Cerezo, Oaxaca a 2100 m en bosque abierto de encino *W. R. Anderson* 13088. *C. semiochraceus* Xochimilco, Ciudad de México a 2238 m en pastizales, *E. Martínez* 39843. *C. seslerioides* Tlalpan, Ciudad de México a 2300 m en matorral xerófilo, *J. L. Castillo y N. Velázquez* 11. *C. spectabilis* La Mole, Durango a 1800 m en bosque de pino-encino, en suelo arcilloso, *P. Tenorio et al.* 9660. *C. sphaerolepis* Texcoco, Estado de México a 2270 m en zona reforestada con *Pinus* sp, *Eucalyptus* sp. y *Schinus* sp., *R. Galván* 685-b. *C. squarrosus* San Andrés Cholula, Puebla a 2260 m en cultivos, *Y. Guarneros et al.* 321. *C. uniolooides* Paso de Ovejas, Veracruz a orilla de zona inundable, *L. Orea* 215. *C. virens* Carretera a La Unión, Xicotepéc, Puebla a 1130 m en bosque mesófilo, *P. Tenorio y C. Romero* 8975.

Eleocharis: *E. acicularis* A 1 km al N de la presa de la Concepción, Tepetzotlan, Estado de México a 2400 m, *L. Pérez* 3. *E. acicularis* Zempoala, Huitzilac, Morelos, *E. Lyonnet* 2516. *E. bonariensis* El Llanito, Zinapécuaro, Michoacán a 2450 m en ciénega con vegetación acuática, rodeada por pastizal, *M. J. Jasso* 1020. *E. densa* Bordo del Carmen a las afueras del poblado de Acambay rumbo a Temascalcingo,

Estado de México a 2488 m a la orilla del bordo o pozo, *A. Novelo* y *L. Ramos* 3887. *E. dombeyana* Tequesquihuac, Texcoco, Estado de México a 2400 m en pastizal en terreno plano, dentro del agua, *A. Ventura* 4036. *E. cancellata* Guerrero, Chihuahua, con *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham, *Pinus arizonica* Engelm., *Juniperus deppeana* Steud. y matorral bajo de encino, *R. Spellenberg et al.* 8887. *E. macrostachya* 10 km al N de Amealco, Querétaro a 1900 m en vegetación acuática y subacuática, en el borde de una pequeña laguneta, *A. Novelo* 786. *E. montana* El Vidrio, carretera Tepozotlán-Villa del Carbón, Nicolás Romero, Estado de México a 2750 m arraigada a la orilla de un charco grande, *A. Bonfil* 1192. *E. montevidensis* Erongarícuaro, Michoacán a 2040 m en el lago de Pátzcuaro. *A. Lot* y *A. Novelo* 1026.

Fimbristylis: *F. argillicola* sobre la carretera a Villa del Carbón a 5 km al W de Progreso Industrial, Estado de México a 2600 m en lugares encharcados de encinar perturbado, *J. Rzedowski* 35279. *F. complanata* A 2 km al NE de Santa Ana, Jilotzingo, Estado de México a 2650 m en pradera en medio de bosque de encino, *J. Rzedowski* 35088. *F. dichotoma* var. *annua* Ejido María Andrea, Venustiano Carranza, Puebla a 280 m en selva mediana *L. Aragón* 244.

Schoenoplectus: *S. americanus* Antiguo canal de Cuemanco, Xochimilco, Ciudad de México a 2250 m en vegetación acuática del borde del canal *A. Novelo* 4343. *S. californicus* Laguna de Las Minas de La Preciosa, 3 km al SE de Alchichica, Guadalupe Victoria, Puebla, *M. Cházaro* 6020. *S. californicus* Chiautla cerca de Texmelucan, Estado de México a 2300 m, *L. Wolfgang* 2460. *S. tabernaemontani*, Ejido de San Gregorio, Xochimilco, Ciudad de México a 2250 m en áreas inundables en el borde N del lago, *A. Novelo* 4382. *S. tabernaemontani* lago de Lerma, Estado de México, *C. M. V. A.* 5 75. *S. tabernaemontani* San Juan Zitlaltepec, orillas del lago de Zumpango, Estado de México a 2250 m, *J. Rzedowski* 16597. *S. tabernaemontani* A 1 km al S de San Juan Citlaltepec, Zumpango, Estado de México, *L. Flores-Orta* 167.

POLYGONACEAE:

Polygonum: *P. aviculare* Mercado de Ozumba de Alzate, procede de San Esteban Tepetlixpa, Estado de México, *E. Linares* 272. *P. capitatum* A 1 km al SW de Portezuelas, Charo, Michoacán a 2000 m en orilla de la carretera, *J. Rzedowski* 54264. *P. convolvulus* Ixtapaluca cerca de Acozac, Estado de México en área con abundantes arvenses, *F. J. Espinosa* 495. *P. hydropiperoides* Zumpango, Estado de México a 2240 m a un lado de vereda, cerca de un canal de orilla N de lago, *M. E. Sánchez* 510. *P. lapathifolium* San Pedro Yancuitlalpan, Cholula, Puebla a 2450-2480 m en zanja de cultivos anuales y de temporal, *T. Ubierna* 423. *P. mexicanum* Ciénaga Grande, Xochimilco, Ciudad de México a 2238 m en pastizales, *E. Martínez*

et al. 39822. **P. punctatum** Molino de las flores, Texcoco, Estado de México a 2300 m en pastizal, en ladera de cerro, orilla de arroyo, *E. Ventura* 1883.

Rumex : **R. acetosella** Llano Grande, Ixtapaluca, Estado de México a 3300 m en pastizal de ladera de cerro, *E. Ventura* 1463. **R. crispus** Paraje San Sebastián, San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Ciudad de México a 2250 m en tular y vegetación secundaria, *A. Espinosa H. et al.* 251. **R. flexicaulis** desviación hacia El Tejocote, carretera Los Reyes-Lecchería, Texcoco, Estado de México, abundante en lugares encharcados, *F. J. Espinosa* 941. **R. mexicanus** El Tejocote, Texcoco, Estado de México a 2250 m en pastizal en terreno plano, parcela de cultivo, *E. Ventura* 1026. **R. obtusifolius** Lomas de San Alfonso, cima del cerro, Puebla, Puebla a 2212 m en bosque de encino, *J. L. Contreras* 7728. **R. pulcher** Río Ciénega, Yuriria, Guanajuato a 1750 m en vegetación acuática, asociada con *Polygonum* sp. y *Scirpus* sp., *L. Ramos* 399.

Ranunculus: **R. dichotomus** Presa Salazar, Ocoyoacac, Estado de México a 3095 m en vegetación acuática en los bordes de la presa y en zonas encharcadas, asociada con *Juncus* sp. y *Polygonum* sp., *Novelo* y *L. Ramos* 3652. **R. cymbalaria** var. **saximontanus** La Cuenca Lechera, Xochimilco, Ciudad de México a 2250 m en tular y vegetación secundaria, *F. César* y *J. Rivera* 350. **R. multicaulis** La Joya de Alcatícan, volcán Iztaccihuatl 7 km al N del Paso de Cortés, Amecameca Estado de México a 3800 m en zacatonal alpino, suelo de cenizas volcánicas, *J. García* 1339. **R. petiolaris** Arroyo Tenaxatena al W de Apulco Zacapoaxtla, Puebla a 1300 m en bosque mesófilo con liquidámbar, *P. Tenorio et al.* 8659. **R. praemorsus** Cerro Tlaloc, Ixtapaluca, Estado de México a 3950 m en ladera de cerro, *D. Flores* 279.

POTAMOGETONACEAE

Potamogeton: **P. illinoensis** Pátzcuaro, Michoacán a 2100 m en el muelle del lago de Pátzcuaro, asociada a *Nymphaea* sp. y *Potamogeton latifolius*, *A. Novelo* y *A. Lot* 479. **P. nodosus** Tepozotlán, Estado de México en reservorio del sistema de la Presa de La Concepción, vegetación acuática, asociada a *Nymphoides fallax* Ornduff, *Lot* y *A. Novelo* 1057. **P. pusillus** Presa de Tortugas, San Luis de La Paz, Guanajuato a 2100 m en matorral crasicale y vegetación acuática en la orilla de la presa, *S. Zamudio* y *E. Pérez* 8375.

Stuckenia: **S. pectinata** Mezcala, lago de Chapala, Jalisco, planta acuática, *A. Penella* y *M. Gómez* 13.

RUPPIACEAE

Ruppia maritima lago cráter Alchichica a 20 km al SW de Perote, Puebla a 2365 m sumergida en aguas muy salobres y alcalinas, *P. Ramírez* y *A. Novelo* 22.

Colectas efectuadas para este estudio (MEXU)

CYPERACEAE

Cyperus: *C. esculentus* Morelia, Michoacán a 2000 m ruderal, asociada con pastos, *E. Matías* 52.

C. hermaphroditus y *C. spectabilis* Jardín botánico de la UNAM, Coyoacán, Ciudad de México a 2324 m en los senderos, en matorral xerófilo, *E. Matías* 61 y 62. *C. laevigatus*, *C. niger* y *C. semiochraceus*, Parque Ecológico de Xochimilco, Ciudad de México a 2241 m en vegetación acuática, a orilla de canal, *E. Matías* 54, 55 y 56.

Schoenoplectus: *S. americanus* Parque Ecológico de Xochimilco, Ciudad de México a 2241 m en vegetación subacuática, a orilla de canal, *E. Matías* 48. *S. californicus* Jardín botánico de la UNAM, Coyoacán, Ciudad de México a 2324 m Matorral xerófilo, en un pozo con agua *E. Matías* 60.

TYPHACEAE, *Typha latifolia* Parque Ecológico de Xochimilco, Ciudad de México a 2241 m en vegetación acuática, a orilla de canal *E. Matías* y *A. Saynes* 49.

ANEXO 3. Descripciones taxonómicas y etnobotánica de las especies a partir de la literatura

CYPERACEAE

- *Cyperus manimae* Kunth

Nombres comunes. No registrados.

Hierbas terrestres, perennes, solitarias con rizoma duro y ramificado. **Tallos** o culmos erectos de (8) 40 cm a 98 cm de largo por 3.5 a 4.5 mm de ancho, trígonos, multiestriados, glabros o escábridos. **Hojas** de 3 a 8 por tallo más cortas que este, de 15 a 70 cm de largo por a 4.5 mm de ancho. **Brácteas** de 4 a 9 desiguales horizontalmente extendidas o reflexas, de 2 a 10 cm de largo por 1 a 4 mm de ancho. **Inflorescencias** que forman una densa cabeza globosa o piramidal en espigas simples de 1 a 5 ovoides a oblongas, de 2 a 5 cm de largo y ancho, rayos de 1 a 3 o ausentes. **Espiguillas** políticas o subdísticas de 3 a 12 flores; raquilla recta o ligeramente en zig-zag articulada en la base de cada gluma, con alas. **Glumas** ovadas pardo-rojizas emucronadas o mucronadas, de 2 a 2.5 mm de largo por 1.3 a 1.5 mm de ancho, color pajizo y verde en la parte central, glabras, estambres 3; estigmas 3; aquenio con filamentos hialinos aplanados. **Aquénios** de 1.3 a 1.8 mm de largo por 0.5 a 0.8 (1) mm de ancho, oblongo-elipsoides, trígonos, ápice obtusos, algo apiculados, con los lados planos o cóncavos, café a café rojizo y superficie diminutamente punctulada. En la Cuenca de México se conocen dos variedades: *C. m animae* var. *divergens* (Kunth) Kük. y *C. manimae* H.B.K. var. *manimae*.

Origen. Nativa.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. De Texas y Arizona a México, Centroamérica (Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá) y Sudamérica (Colombia y Argentina). Al parecer en México tiene su mayor grado de diversificación. En la Cuenca de México es una de las ciperáceas más abundantes y ampliamente distribuidas.

Distribución altitudinal. 700 a 2900 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Bosques de pino-encino, aunque también en pastizal y matorral. En laderas abiertas, cañadas, pendientes de infiltración, orilla de caminos. Asociada a sitios de cultivo y perturbados.

Estado actual de la especie. Población estable, sin problemas de conservación.

Referencias. González-Elizondo y Rzedowski 1983; Adams 1994; Tucker 1994; González-Elizondo 2001; Diego-Pérez 2007.

Etnobotánica e importancia económica. No registrados.

- ***Eleocharis densa* Benth.**

Nombres comunes. No registrados.

Hierbas acuáticas a subacuáticas, enraizadas emergentes, perennes con rizoma horizontal grueso y duro. **Tallos** de 10 cm a 1.5 m de alto por 2.3 a 10 mm de ancho, cilíndricos (planos al secarse) algo esponjosos y estrechos en el ápice en la unión de la espiga; vainas rojizas a purpúreas en la base, ápice truncado o débilmente oblicuo, en ocasiones mucronado. **Espiguillas** de 1.7 a 2.6 cm de largo, cilíndricas, obtusas o subagudas en el ápice con muchas flores densamente agrupadas y glumas en la base vacías de 1 a 3 (rara vez más), redondeadas y firmes. **Glumas** fértiles de 2 a 4.4 mm de largo por 1.2 a 1.6 mm de ancho, aplicadas, obtusas o subagudas café pálido con nervadura central verde o paja y ápice hialino, estambres 3, estigmas 2 o 3; perianto en 5 a 7 cerdas desiguales, algunas más largas que el aquenio, unidas en la base. **Aquenos** de 1.1 a 1.5 mm de largo por 0.8 a 1 mm de ancho, obovados, biconvexos o de sección débilmente triangular, túrgidos, amarillo a oliváceo o café, superficie diminutamente reticulada; tubérculos lanceolados, de sección triangular o algo aplanados, no constreñidos en la base.

Origen. Nativa y endémica de México a Centroamérica.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. De México a Centroamérica. En México, en Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Veracruz y Zacatecas. En la Cuenca de México, en Chalco, Cuauhtitlan, Tepetzotlán, Villa y N. Romero.

Distribución altitudinal. 1700 a 3050 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Vegetación acuática y subacuática. En áreas pantanosas, orilla de arroyos, canales, zanjas inundadas de caminos o en valles intermontanos bajos. En ocasiones crece asociada con *E. macrostachya*, a diferencia de esta *E. densa* crece inmersa en el agua.

Estado actual de la especie. Población estable, sin problemas de conservación.

Referencias. González-Elizondo 1994, 2001, comunicación personal 2015; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Importancia ecológica. En humedales artificiales contaminados, se ha documentado su alta capacidad de depuración, como especie nativa, abundante y fácil de propagar en suelo afectado resulta útil para restablecer humedales contaminados y proporcionar servicios ambientales, como refugio de vida silvestre y zona de recreación, también puede tener algún valor como alimento para el ganado (Pérez-López et al. 2009).

- ***Eleocharis macrostachya* Britton**

Nombres comunes. En la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo tulillo y camalote. En la Cuenca de México, en Xochimilco y Mixquic jaboncillo y junco. En las ciénegas del Alto Lerma jomal, xomal, ixtle y reatilla.

Hierbas subacuáticas, enraizadas emergentes, perennes con rizoma horizontal. **Tallos** de 10 cm a 50 cm de alto, cilíndricos, esponjosos y sulcados; vainas rojizas en la base, ápice truncado o débilmente oblicuo. **Espiguillas** de de 6 a 30 (37) mm de largo, lanceoladas a ovadas, agudas en el ápice, con 20 a numerosas flores y glumas en la base vacías de 1 a 3 obtusas y más firmes que el resto, la primera en ocasiones envolviendo la base de la espiguilla. **Glumas** fértiles de 3 a 4.5 mm de largo, lanceoladas, agudas, aplicadas, café pálido a purpúreo oscuro, con nervadura central amarilla o verde, no llegando hasta el ápice hialino; estambres 3; estigmas 2 raramente 3; perianto en 4 a 8 cerdas desiguales. **Aquenios** de 1.2 a 1.8 mm de largo por 0.9 a 1.2 mm de ancho, obovados o piriformes, biconvexos, plano-convexos o muy obtusamente triangulares, amarillo a café lustroso al madurar, superficie lisa o finamente reticulada; tubérculos cónicos o deltoides, constreñidos en la base.

Origen. Nativa.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. De Alaska y Canadá a Sudamérica. En México, en Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. En la Cuenca de México, en Chalco, Coyotepec, Cuauhtitlan, Tepotzotlan, Tolcayuca, Zempoala y Zumpango.

Distribución altitudinal. 100 a 2500 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Vegetación subacuática. En lugares húmedos de pastizales y bosques de *Quercus* sp., charcos, arroyos, zanjas, estanques, orilla de cuerpos y corrientes de agua dulce y ligeramente salina o alcalina. En ocasiones crece asociada con *E. densa*, a diferencia de esta *E. macrostachya* crece en los márgenes de los cuerpos el agua.

Estado actual de la especie. No registrado.

Referencias. Miranda 1980; Sugiura 1998; González-Elizondo 1994, 2001, comunicación personal 2015; Smith et al. 2002; Diego-Pérez 2007; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Forraje. En la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo y en las ciénegas del Alto Lerma, Estado de México para alimentar ganado vacuno, porcino, bovino y aves de corral (Miranda 1980; Sugiura 1998).

Materia prima de chinampas. En el sureste de la Cuenca de México, en los lagos de Xochimilco y Mixquic para la construcción y acondicionamiento de las chinampas, en la protección de almácigos (sitios de siembra) (Novelo y Gallegos 1988; Lot y Novelo 2004).

Importancia ecológica. En la Ciénega de Chignahuapan en la Cuenca del río Lerma, *E. macrostachya* es una de las especies con mayor densidad en el banco de semillas, dato útil en los programas de restauración de comunidades vegetales anegadas (Zepeda-Gómez et al. 2015).

- ***Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller**

Nombres comunes. En la Cuenca de México tule (del náhuatl tullin, tolli, tolloh, tolin), tule esquinado, xacatule (del náhuatl xalli que significa arena y tolli, tule), en Xochimico tule triángulo y en Mixquic zacate cuadrado. En las ciénegas del Alto Lerma tule esquinado, tule tres costilla y tule triangular.

Hierbas subacuáticas, enraizadas emergentes, perennes con rizoma horizontal. **Tallos** erectos de 0.5 a 3 m de alto de sección agudamente triangular con lados planos a cóncavos. **Hojas** en vainas basales de 2 ó 3, la superior con una lámina hasta de 12 cm de longitud, las demás con láminas muy reducidas o ausentes, color pardo purpúreo. **Bráctea** involucral erecta más corta que la inflorescencia, como una continuación del tallo. **Inflorescencias** formadas por (1) 5 a 15 espiguillas sésiles densamente agrupadas. **Espiguillas** de 5 a 8 (15) mm de largo por 3 a 5 mm de ancho, ovoides a cilíndricas. **Glumas** ovadas emarginadas pardo rojizas a café púrpura con manchas pardas; estambres 2 ó 3; estigmas 2 ó 3; perianto en 4 a 6 cerdas retrorsamente barbadas. **Aquenos** de 1.8 a 2.6 (3) mm de largo por 1.5 a 1.8 mm de ancho, ampliamente obovados, plano-convexos o desigualmente biconvexos, ángulos obtusos, apiculados, café a grisáceo y superficie lisa.

Origen. Nativa.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. De regiones templadas, ampliamente distribuida de Canadá a Venezuela y Chile. En México de Baja California y Sonora a Chiapas. En la Cuenca de México, en Zumpango, Tláhuac y Chalco.

Distribución altitudinal. 0 a 2400 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Tular y carrizal. Asociada a vegetación acuática, sitios cenagosos, orilla de canales de drenaje, en áreas inundables de matorral xerófilo, pastizal, matorral subtropical y bosque de clima templado, así como en suelo salobre próximas a manantiales azufrosos, marismas, pantanos y costas salobres o ricas en minerales.

Estado actual de la especie. Población estable, sin problemas de conservación.

Referencias. Adams 1994; González-Elizondo 2001; Smith 2003; Diego-Pérez 2007; Nagel 2010; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013.

Etnobotánica e importancia económica.

Usos alimenticios. En marismas y salinas de Europa, América y Australia se ha reportado en la categoría de alimento, no se especifica la parte usada (Simpson e Inglis 2001; Simpson 2008).

Cestería. En el noroeste de Canadá por los pueblos nuuchahnulth y en el lago de Cuitzeo, Michoacán (Rojas y Novelo 1995; usda.gov 2016).

Forraje. En el lago de Cuitzeo, Michoacán, en Xochimilco y Mixquic de la Cuenca de México, y en las ciénegas del Alto Lerma, Estado de México (Miranda 1980; Rojas y Novelo 1995; Sugiura 1998; Lot y Novelo 2004; Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer 2013).

Materia prima para la construcción. En Europa, América y Australia se ha indicado el empleo del tallo en la categoría de material para construcción (Simpson e Inglis 2001; Simpson 2008).

Materia prima de chinampas. En el pasado y en el presente en los lagos de Xochimilco y Mixquic utilizada en el proceso de construcción y preparación de las chinampas, para formar el césped, cinta o atlapalacatl (del náhuatl atlalli, tierra de riego; paltia, mojar y acatl, carrizo o caña) una capa gruesa de plantas construida en el agua que se adicionaba a las chinampas para elevar su nivel. Hoy en día ésta capa consiste principalmente en *S. americanus* en sustitución de los otros tules integrados. Asimismo, cumple la función de la protección de los almácigos (sitios de siembra), por ejemplo de las heladas (Miranda 1980; Novelo y Gallegos 1988; Lot y Novelo 2004).

Importancia ecológica. En el lago de Cuitzeo, Michoacán es una de las especies dominantes del tular, crece asociada con *T. domingensis*, *S. californicus* y *S. tabernaemontani* y en zonas perturbadas. También es ornamental. En este mismo sitio, se ha registrado en comunidades de plantas arvenses en cultivos de maíz de temporal en suelo salino, como planta con potencial de retención de suelo que podría contribuir a la restauración ecológica, por su amplia tolerancia a la salinidad (Rojas y Novelo 1995; Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer 2013).

En la Ciénega de Chignahuapan en la Cuenca del río Lerma, se ha referido a *S. americanus* en el banco de semillas, aunque con menor densidad y frecuencia que otras, información útil en los programas de restauración de comunidades vegetales anegadas (Zepeda-Gómez et al. 2015).

En México se ha citado como ornamental para jardines acuáticos (Bonilla-Barbosa y Santamaría 2014).

En humedales de Mintzita, Michoacán, se ha documentado que el efecto del fuego por incendios no afecta la cobertura de *S. americanus* como especie dominante y que favorece el desarrollo de las comunidades de hidrófitas emergentes de este hábitat (Escutia-Lara et al. 2009).

En humedales construidos con alto contenido de contaminantes se ha documentado la capacidad de depuración de aguas residuales de *S. americanus*. De utilidad para restablecer humedales afectados, ya que es una especie nativa, abundante, fácil de propagar y prospera en suelo afectado por perturbaciones antropogénicas (Pérez-López et al. 2009; Valles-Aragón y Alarcón-Herrera 2014).

• ***Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Soják**

Nombres comunes. En Los Andes t'utura, tutura, tatora o totora (en quechua). En Michoacán charanda, patonal, tule y tule cuadrado, en el lago de Pátzcuaro bayoneta, patsimu y tule. En Puebla y Tamaulipas pocoque. En Chiapas spuj j'ik'al (en tzotzil). En la Cuenca de México y en las ciénegas del Alto Lerma, Estado de México tule y tule redondo.

Hierbas subacuáticas, enraizadas emergentes, perennes subrizomatosas. **Tallos** erectos de 1 a 4 m de alto de sección obtusamente triangular o subteretes cuando menos una parte, verde-amarillentos cuando secos. **Hojas** reducidas a vainas casi siempre abiertas, lustrosas, con márgenes retrorsamente fimbriado-filíferos, color café oscuro. **Bráctea** involucral erecta más corta que la inflorescencia simulando ser una continuación del tallo. **Inflorescencia** con numerosas espiguillas sobre pedúnculos ramificados curvados a colgantes. **Espiguillas** de 5 a 12 mm de largo por 2 a 3.5 mm de ancho, ovoides a cilíndricas agudas. **Glumas** ovadas mucronadas con los márgenes enteros o raramente fimbriados, color café a raramente rojizo; estambres 3; estigmas 2; perianto en 15 a 30 cerdas, densamente agrupadas e irregularmente plumosas. Cerdas alrededor del aquenio de 2 a 4 anchas, con 15 a 30 proyecciones blandas densamente agrupadas de cada lado divaricadas o algo retrorsas. **Aquénios** de (1.6) 1.9 a 2.3 mm de largo por 1.2 a 1.4 (1.7) mm de ancho, obovados, plano-convexos o biconvexos, gradualmente apiculados, gris o café oscuro y superficie lisa o muy diminutamente punctulada o reticulada.

Origen. Nativa.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. De regiones templadas y cálidas del suroeste de Estados Unidos a Sudamérica, así como en islas del Pacífico (Isla Cook, de Isla de Pascua, Hawai). En México, en Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz. En la Cuenca de México, en Atenco, Chalco, Cuauhtitlan, Tepotzotlán, Texcoco y Zumpango.

Distribución altitudinal. 0 a 2600 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Tular y carrizal. Asociada a vegetación acuática arraigada, orilla de presas, canales, arroyos, lagos y lagunas, aguas poco profundas, en margen de playa, áreas inundables de matorral xerófilo, pastizal y bosque encino o pino, de agua salobre y dulce.

Estado actual de la especie. No registrado.

Referencias. Lot y Novelo 1988; Adams 1994; Sugiura 1998; González-Elizondo 2001; Ludlow-Wiechers y Diego-Pérez 2002; Smith 2003; Diego-Pérez 2007; Nagel 2010; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Usos alimenticios. En las ciénegas del Alto Lerma, Estado de México se consume el rizoma (Sugiura 1998).

Usos medicinales. En Michoacán la flor hervida con piloncillo contra la tos. En Chiapas la planta hervida en baños contra calambres dos veces al día (Diego-Pérez y González-Elizondo 2013).

Cestería. En el lago de Zumpango, Cuenca de México, para hacer petates, sombreros, juguetes y chalecos salvavidas, señuelos para cacería de aves. En las ciénegas del Alto Lerma, Estado de México se reporta como una actividad de recolección, manufactura y comercialización principalmente de petates de uso múltiple, canastas, sopladores y muebles, así como bolsas sombreros, vestimenta juguetes y escudos. En la laguna de Yuriria, Guanajuato la planta se corta y se concesiona a otros pueblos para uso artesanal. En los lagos de Cuitzeo y Pátzcuaro, Michoacán para artesanía del empajado (Miranda 1980; Ramos y Novelo 1993; Albores-Zárate 1995; Rojas y Novelo 1995; Lot y Novelo 1988, 2004; Sugiura 1998).

Forraje. En Hidalgo para alimento de ganado (Diego-Pérez y González-Elizondo 2013).

Materia prima para la construcción. En Zumpango, Cuenca de México y en los lagos de Cuitzeo y Pátzcuaro, Michoacán para cercas y techos (Miranda 1980; Lot y Novelo 2004).

Uso múltiple en los pueblos originarios de California y Nevada. Se consume el polen, los brotes, las semillas y los rizomas crudos, cocidos o molidos para harina, así como paja aislante de la lluvia en estructuras de casas, techos y paredes, para cestería, señuelos de aves, para vestimenta como faldas, cubiertas de cama y el tallo triturado para relleno de pañales (usda.gov 2016).

Uso múltiple en los pueblos lacustres de Los Andes. En comunidades indígenas lacustres de Ecuador y Perú tiene un valor económico y cultural. Se cosecha silvestre y cultivada, a partir de los tallos maduros y secos se elaboran diversos tejidos que se comercializan en el país o exportan a Colombia, Perú, Estados Unidos e Italia. Los tejidos tienen diversas funciones como la cestería, tapetes de uso múltiple (dormir o extender los granos de cultivo, manteles, etc.), cortinas, asientos, artesanías, juguetes y balsas (caballitos), así como en la construcción de cercas, de las casas (pisos, paredes, techos, puertas y ventanas) y es el principal soporte constructivo de las islas o superficies artificiales donde habitan. También como forraje y combustible. Conforman el hábitat de peces y aves acuáticas que son fuente de alimento de las comunidades indígenas del lago (Heiser 1978; Macía y Balslev 2000).

En los pueblos pescadores de Huanchaco en la costa de Perú han usado embarcaciones o caballitos de *S. californicus* para la pesca marítima desde la época pre-inca. Aunque la técnica de elaboración ha cambiado a través del tiempo, algunos pescadores mantienen el uso del totora (Rondón et al. 2003).

En la costa y sierra de Perú (Huanchaco, Trujillo y lago Titicaca) esta especie ha tenido un papel en la cultura local para construir balsas, casas, puentes, diversos tejidos, cajas, cuerdas y abanicos, así como alimento humano a partir de las raíces tiernas de la planta, de ganado y como fertilizante. En el lago Titicaca, el uso tradicional se vincula a la ocupación humana a través de la historia en el interior del lago por los uros o urus y otras comunidades de alrededor. Se han documentado las practicas de cultivo y el manejo intensificado de este recurso (Banack et al. 2004).

Importancia ecológica. En Estados Unidos esta planta nativa se emplea para restaurar o estabilizar márgenes de humedales perturbados (talados o quemados) como hábitat y alimento de fauna, también para el control de la erosión y de pendientes (usda.gov 2016).

En la Laguna de Yuriria, Guanajuato y lago de Zirahuén, Michoacán es una de las especies nativas dominantes del tular (Ramos y Novelo 1993; Madrigal et al. 2004).

En México y el lago de Cuitzeo, Michoacán se ha citado como ornamental y para jardines acuáticos (Rojas y Novelo 1995; Bonilla-Barbosa y Santamaría 2014).

- ***Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C. Gmel.) Palla**

Nombres comunes. En México tule, tule grande y tule bofo. En Veracruz flor de tule y pocoque. En el lago de Pátzcuaro, Michoacán bayoneta, patsimu y tule. En Chiapas bix ak' (tzeltal). En Chihuahua wawísari (tarahumara). En Yucatán Jalal, halal, pop, uche'-el-poop y say (maya). En la Cuenca de México, en Zumpango tule boludo y en Mixquic estapil.

Hierbas subacuáticas, enraizadas emergentes, perennes, rizomatosa. **Tallos** erectos de 1 a 5 m de largo de sección circular a obtusamente triangular, verde a grisáceos cuando secos. **Hojas** reducidas a vainas casi siempre abiertas, rojizas o café pálido, septado-nodulosas, con un amplio margen hialino casi entero o lacerado, láminas reducidas. **Bráctea** involucral erecta más corta que la inflorescencia simulando ser una continuación del tallo. **Inflorescencias** con numerosas espiguillas sobre pedúnculos ramificados rectos o curvos, de margen escabroso. **Espiguillas** en glomérulos de 5 a 10 mm de largo por 4 a 5 mm de ancho, ovoides. **Glumas** anchamente ovadas, mucronadas, color pardo oscuro con manchas resinosas púrpura, márgenes fimbriados; estambres 3; estigmas 2; perianto en 10 a 16 cerdas retrorsas espaciadas. Cerdas alrededor del aquenio de 2 a 6 delgadas, con 10 a 16 proyecciones firmes retrorsas y espaciadas de cada lado. **Aquénios** de 1.5 a 2.3 (2.8) mm de largo por (1.1) 1.3 a 1.4 (1.7) mm de ancho, obovados a oblongos, plano-convexos o desigualmente biconvexos, redondeados o estrechados hacia el ápice, apiculados, café oscuro y superficie lisa o muy finamente reticulada.

Origen. Nativa.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. De regiones templadas, casi cosmopolita. En México de Sonora a Chiapas y de Tamaulipas a Yucatán. En la Cuenca de México, en Zumpango y Tlalnepantla.

Distribución altitudinal. 0 a 2400 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Tular y carrizal. En vegetación halófila, sitios cenagosos, pantanos, lagos, lagunas, riberas de los ríos, a orilla de cuerpos de agua de bosque templado, de presas y de caminos. Crece frecuentemente asociada con *S. californicus*.

Estado actual de la especie. Población estable, sin problemas de conservación.

Referencias. Lot y Novelo 1988; Adams 1994; González-Elizondo 2001; Ludlow-Wiechers y Diego-Pérez 2002; Smith 2003; Diego-Pérez 2007; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Usos medicinales. En Yucatán para afecciones respiratorias, digestivas y de la piel, mediante la cocción de tallo y raíz vía oral. En Chiapas se usa un manojo de hojas machacado para problemas de sarna (Diego-Pérez 1995; Diego-Pérez y González-Elizondo 2013)

Cestería. En Zumpango y Mixquic, Cuenca de México para hacer petates, sombreros, juguetes y chalecos salvavidas, señuelos para cacería de aves. En los lagos de Cuitzeo y Pátzcuaro (Tzintzuntzan y Quiroga), Michoacán, para uso artesanal y de empajado (Miranda 1980; Rojas y Novelo 1995; Lot y Novelo 1988, 2004; Huerto y Amador 2011).

Materia prima para la construcción. En Zumpango y Mixquic para cercas y techos (Miranda 1980; Lot y Novelo 2004).

Materia prima de chinampas. En el sureste de la Cuenca en los lagos de Xochimilco y Mixquic se ha reportado como especie de escasa a extinta, debido a la reducción de su hábitat, sin embargo, se relaciona con el conjunto de tules utilizados en el pasado en las chinampas (Novelo y Gallegos 1988; Lot y Novelo 2004).

Importancia ecológica. En Europa y Asia se ha reportado en la categoría de servicios ambientales para control de la erosión del suelo, por sus extensas redes de rizomas y adecuada tolerancia por largos periodos de sequía. Y en la horticultura como pasto ornamental (Simpson e Inglis 2001; Simpson 2008).

En el lago de Cuitzeo, Michoacán es una especie dominante del tular de hidrófitas enraizadas emergentes, asociada con *T. domingensis*, *S. americanus* y *S. californicus*. Se usa como ornamental. En la presa Apizaquito, Tlaxcala tiene dominancia ecológica en suelo arcilloso limoso de pH de 7.0 a 7.4, que le provee sujeción y nutrientes mineralizados. Desempeña diversas funciones para las comunidades acuáticas, como al azolvamiento de la presa, como sustrato para el desove, alimentación y hábitat de fauna que permite mantener una cadena alimentaria constante, donde crece asociada con *P. pectinatus* y *P. lapathifolium* (Rojas y Novelo 1995; Pérez 2011).

En la Ciénega de Chignahuapan del río Lerma, se ha citado entre las especies con mayor densidad y frecuencia en el banco de semillas, y útil en los programas de restauración de comunidades vegetales anegadas. En humedales de Mintzita, Michoacán, se ha documentado que el efecto del fuego por incendios, no afecta la cobertura de *S. tabernaemontani*. Se plantea el papel del fuego en la dinámica que mantiene a las comunidades de hidrófitas emergentes, así como una herramienta de manejo para este tipo de humedales (Zepeda-Gómez et al. 2015; Escutia-Lara et al. 2009).

En humedales artificiales contaminados, tiene potencial de depuración, recurso útil para restaurar humedales contaminados, ya que es una especie nativa, abundante, fácil de propagar y prospera en suelo con perturbación antropogénica (Pérez-López et al. 2009).

POTAMOGETONACEAE

- *Potamogeton pusillus* L.

Nombres comunes. No registrados.

Hierbas acuáticas, enraizadas sumergidas, perennes y en condiciones desfavorables anuales. **Tallos** cilíndricos a ligeramente comprimidos de hasta de 1 m de largo por 0.2 a 1 mm de ancho. **Hojas** alternas y las superiores subopuestas, sésiles delgadas lineares transparentes de 0.3 a 1.8 cm de largo, ápice agudo, margen entero, con 1 a 3 venas, estípulas ausentes o formando una vaina. **Espigas** capitadas a cilíndricas, densa, con pedúnculos delgados, con 1 a 4 verticilos de flores, cada verticilo con 4 flores, pistilos 4. **Aquenos** de 1.7 a 2 mm de largo por 1.4 a 1.5 mm de ancho, obovados a ovados, sin cresta dorsal, lados planos, pico del fruto corto, erecto o ligeramente curvado, superficie lisa o áspera.

Origen. Nativa.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. De Norteamérica a Belice, Cuba, Sudamérica, Europa y Asia. En México, en Aguascalientes, Baja California, Chiapas, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. En la Cuenca de México, Acolman, Cuautitlán, Huehuetoca, Real del Monte, Tepotzotlán, Tláhuac, Tultepec y Zumpango.

Distribución altitudinal. 1000 a 3000 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Vegetación acuática. En aguas tranquilas de ríos, lagos de montaña, lagunas, manantiales, presas, charcas, canales y zanjas de agua dulce y de flujo lento.

Estado actual de la especie. No registrado. En la Cuenca de México es una planta escasa vulnerable y en peligro de extinción, por la pérdida de hábitat.

Referencias. Lot et al.1999; Novelo y Lot 2001a; Lot y Novelo 2004; Novelo 2005; Martínez 2013; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Materia prima de chinampas. En el sureste de la Cuenca, encontrada sólo en un canal cercano a San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, considerada en peligro de extinción, se relaciona con la flora acuática presente en el agroecosistema de chinampas (Novelo y Gallegos 1988; Lot y Novelo 2004).

Importancia ecológica. En el río Ctlamochita, Argentina, sistema acuático contaminado por la descarga de afluentes de la Ciudad, se evaluó su capacidad como especie indicadora de acumulación de metales pesados (Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn). Y se registró una alta capacidad de acumulación de estos metales

en sus tejidos. Esta planta acuática nativa tiene un potencial alto en la biorremediación de ecosistemas acuáticos contaminados por metales pesados (Harguinteguy et al. 2016).

En Canadá y Estados Unidos se ha reportado como una principal fuente de alimento de aves acuáticas y otros animales (Haynes y Holm-Nielsen 2003).

- ***Stuckenia pectinata* (L.) Börner**

Nombres comunes. En Michoacán, putzuri delgado y alfilerillo. En Jalisco tripilla. En la Cuenca de México, achoricillo cambrai, lama corriente, zacatito acuático, corbata, grama, granza, alpatle y ayoatle.

Hierbas acuáticas, enraizadas sumergidas, perennes y en condiciones desfavorables anuales. **Tallos** cilíndricos, ramificados de más de 1 m de largo por 0.4 a 1.2 mm de ancho, blanquecino sin glándulas en los nudos. **Hojas** alternas lineares a filiformes membranosas sésiles de 0.4 a 1.2 mm de largo, ápice puntiagudo, margen entero, con 1 a 3 venas con estípulas tubulares adnadas en la parte basal formando una vaina. **Espigas** cilíndricas, con 3 a 7 verticilos de flores, cada verticilo con 4 flores; pedúnculos delgados; estambres 2; pistilos 4, estigma subsésil. **Aquenios** de 3.5 a 4.5 mm de largo por 3 a 4 mm de ancho, obovados a orbiculares, con una ligera y redondeada cresta dorsal, lados planos, pico del fruto corto, erecto o ligeramente curvado.

Origen. Nativa.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. Cosmopolita. En México, en Baja California, Baja California Sur, Colima, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Veracruz. En la Cuenca de México, en Chalco, Huehuetoca, Iztacalco, Nextlalpan, Tenango, Texcoco, Xochimilco y Zumpango.

Distribución altitudinal. 0 a 2700 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Vegetación acuática. En aguas tranquilas de lagos, lagunas, ríos, pantanos y charcas de aguas salobres, alcalinas, raramente dulces, limpias o contaminadas.

Estado actual de la especie. No registrado. En el Bajío y en la Cuenca de México es una planta escasa vulnerable y en peligro de extinción, por la pérdida de hábitat.

Referencias. Miranda 1980; Lot et al.1999; Novelo y Lot 2001a; Lot y Novelo 2004; Novelo 2005; Martínez 2013; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Uso doméstico. En Veracruz para cubrir y conservar fresco el pescado (Lot et al.1999).

Materia prima de chinampas. En la Cuenca de México, en Xochimilco y Mixquic como abono para mejorar los suelos cultivados y nutrir las plantas (Miranda 1980; Lot et al.1999).

Importancia ecológica. En Estados Unidos se emplea en biorremediación de ríos y en el control de la erosión de costas y presas (usda.gov 2016).

POLYGONACEAE

- *Polygonum capitatum* Buch.-Ham. ex D. Don

Nombres comunes. En el Bajío nudosilla.

Hierbas terrestres, perennes. **Tallos** rastreros a ascendentes de 20 a 50 cm de largo, ramificados, rojizos purpúreos o cafés; ócreas membranáceas pubescentes. **Hojas** en láminas foliares ovadas con ápice agudo a obtuso, ciliadas, con frecuencia con una banda parda o purpúrea en forma de V invertida, papilosas y glanduloso pubescentes en ambas caras. **Brácteas** laminares lanceoladas, margen entero, ápice agudo, rosadas o cafés, **Inflorescencias** con las flores aglomeradas en cabezuelas globosas terminales, pedunculadas; perianto rosa; estambres 8, estigmas 2 o 3. **Aquenios** de 1.5 a 2 mm de largo por 1.5 mm de ancho, triquetro, ovada, pardo-rojizo, lustroso y liso.

Origen. Introducida, naturalizada y cultivada. Originaria del Himalaya.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. Estados Unidos, Europa, Asia, Australia, Nueva Zelanda y Oceanía. En México, en Jalisco, norte de Michoacán y Veracruz. En la Cuenca de México en Villa A. Obregón.

Distribución altitudinal. 2200 a 2250 m.

Tipo de vegetación y hábitat. En orilla de caminos y carreteras.

Estado actual de la especie. No registrado. En el Bajío sin problemas de conservación.

Referencias. Calderón de Rzedowski 2001a; Castillejos y Solano 2008; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Usos medicinales. En China, a partir de la medicina tradicional se ha documentado la función antibacterial y anti-inflamatoria para el tratamiento de infecciones urinarias, mediante extractos de esta especie (Liao et al. 2011).

Importancia ecológica. Cultivada como ornamental y ocasionalmente escapada de cultivos (Calderón de Rzedowski 2001a; Castillejos y Solano 2008).

- ***Polygonum lapathifolium* L.**

Nombres comunes. En el Bajío chilillo, moco de cucum. En la Cuenca de México ananax, en Xochimilco y Mixquic chilillo y achilillo hembra.

Hierbas subacuáticas, enraizadas emergentes, anuales. **Tallos** erguidos ascendentes de de 0.5 a 1.5 m de largo, ramificado; ócreas cilíndricas glabras. **Hojas** en láminas foliares lanceoladas con ápice acuminado, ciliadas y el nervio medio hispido. **Brácteas** espatiformes, oblicuas, hialinas. **Inflorescencias** en racimos densos, pedunculadas, con las flores agrupadas en fascículos bracteados; estambres 6, estigmas 2 o 3. **Aquenos** de 2 a 2.5 mm de largo por 1.5 a 3mm de ancho, lenticular con una ambas caras cóncavas, a veces triquetro, pardo oscuro.

Origen. Introducida. Originaria de Europa y Asia.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. Cosmopolita de zonas templadas. En México, en Aguascalientes, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. En la Cuenca de México, Zumpango, Tepetzotlán a Xochimilco y Chalco.

Distribución altitudinal. 20 a 2500 m.

Tipo de vegetación y hábitat. En suelos inundados o húmedos, cuerpos de agua permanentes y temporales de distintos tipos de vegetación, como bosque tropical caducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de galería, bosque de coníferas. En orilla de ríos y arroyos suelos rojos, pedregosos, perturbados, ricos en materia orgánica y en cultivos.

Estado actual de la especie. No registrado. En Guerrero escasa debido a la pérdida de hábitat.

Referencias. Miranda 1980; Calderón de Rzedowski 2001a; Castillejos y Solano 2008; Solano y Ayala 2008; Arroyo 2012; CABI 2016; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Usos medicinales. En Xochimilco para afecciones en forma general (Miranda 1980). En estudios fitoquímicos in vitro, se han registrado los efectos inhibitorios de la carcinogénesis, a partir de ésteres de *P. lapathifolium*, que podrían ser quimiopreventivos del cáncer como agentes derivados de un recurso natural (Takasaki et al. 2001).

Forraje. En Mixquic para alimentar ganado vacuno, porcino, bovino y aves de corral (Miranda 1980; Lot y Novelo 2004).

En las ciénegas del Lerma, Estado de México, es una de las principales especies en la dieta del pato mexicano (*Anas diazi*) el cual consume las semillas de los humedales (Colón-Quezada 2009).

Materia prima de chinampas. En el sureste de la Cuenca se ha encontrado presente en bordes de los canales entre chinampas o apanceles, en asociación con otras plantas acuáticas (Novelo y Gallegos 1988; Lot y Novelo 2004).

Importancia ecológica. Aunque en Bangladesh es ampliamente utilizada como plaguicida natural, en otros sitios es nociva para algunos cultivos, ya que alberga plagas (cabi.org 2016).

- ***Polygonum punctatum* Elliott**

Nombres comunes. En el Bajío chilillo, tripa de pollo. En otros sitios chilquelite, moco de coruco, moco de cucun. En la Cuenca de México ananash, en Zumpango, Mixquic y Xochimilco chilillo y achilillo macho.

Hierbas subacuáticas, enraizadas emergentes, anuales o perenne. **Tallos** erguidos ascendentes de de 30 cm a 1.5 m de largo simple o ramificado; ócreas cilíndricas generalmente ciliadas. **Hojas** en láminas foliares de oblongas a lanceoladas con ápice agudo a acuminado, glabras, estrigosas (con pelos rígidos) en el nervio medio y en el margen, con glándulas punteadas no translúcidas. **Brácteas** hialinas infundibuliformes. **Inflorescencias** en racimos o panículas, pedunculadas, generalmente con 6flores agrupadas en fascículos bracteados; estambres 8, estigmas 2 o 3. **Aquenios** de 2 a 3.5 mm de largo y 1.5 a 2 mm de ancho, trígonos o lenticulares, a veces triquetros, negros, brillantes.

Origen. Nativa.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. De Canadá a Sudamérica, introducida en Asia y Nueva Zelanda. En México, en Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. En la Cuenca de México Zumpango, Tepetzotlán y Acolman a Xochimilco, Tláhuac y Tenango.

Distribución altitudinal. 2 a 2900 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Vegetación acuática y subacuática. En lugares de suelo húmedo, inundados, orilla de ríos, lagos, estanques, de bosque tropical caducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de galerías, bosque de coníferas y manglar.

Estado actual de la especie. Población estable, sin problemas de conservación.

Referencias. Calderón de Rzedowski 2001a; Castillejos y Solano 2008; Arroyo 2012; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Usos medicinales. Los pueblos originarios chippewa y houma de Canadá y Estados Unidos se emplean las hojas y flores para el dolor de estómago y las raíces para el dolor de las articulaciones (iucnredlist.org).

Forraje. En Zumpango, Mixquic y Xochimilco (Miranda 1980; Lot y Novelo 2004).

Materia prima de chinampas. En el sureste de la Cuenca de México se ha encontrado presente en chinampas en asociación con otras plantas acuáticas (Novelo y Gallegos 1988; Lot y Novelo 2004).

RUPPIACEAE

- *Ruppia maritima* L.

Nombres comunes. En Puebla lama.

Hierbas acuáticas, enraizadas sumergidas, perennes y en condiciones adversas anuales. **Tallos** cilíndricos, simples o muy ramificados hacia la parte superior, de 50 cm de largo por 0.1 a 0.8 mm de ancho, blanquecinos. **Hojas** alternas, sésiles, subopuestas en la parte superior, estipulas membranosas, pelucidas envolviendo al tallo; setáceas de 3 a 11 cm de longitud; **Inflorescencia** con 2 flores, rara vez 1; pedúnculos hasta 12 cm de largo; estambres 2; pistilos 4, estigma subsésil. **Aquenios** de 1.5 a 2 mm de largo y 0.7 a 1.5 mm de ancho, asimétricos, dorsalmente redondeados o crestado, pico terminal, ligeramente curvado de 0.6 a 1 mm y superficie lisa.

Origen. Nativa.

Distribución mundial, en México y en la Cuenca de México. Cosmopolita. En México, en Baja California, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Coahuila, Colima, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. En la Cuenca de México en Ecatepec, Texcoco y Tezoyucan.

Distribución altitudinal. 0 a 2400 m.

Tipo de vegetación y hábitat. Vegetación acuática. En regiones templadas y tropicales de aguas someras de lagos salinos continentales y lagunas costeras, lagos cráter, bahías, esteros, pantanos y canales de agua salobre o alcalina. En ocasiones crece asociada con *S. pectinata*.

Estado actual de la especie. Población estable, aunque amenazada a nivel local por la pérdida de hábitat, industrialización y agricultura. En la Cuenca de México, en peligro de extinción.

Referencias. Lot et al.1999; Haynes 2000; Novelo y Lot 2001a; Ramírez García-Armora 2013; IUCN 2016.

Etnobotánica e importancia económica.

Forraje. Se ha documentado que puede utilizarse como recurso alimenticio alternativo para ganado ovino en períodos de sequía por su valor nutricional (Rjiba et al. 2010).

Importancia ecológica. En el sistema lagunar de la bahía de Barnegat, New Jersey, se ha empleado para la restauración de pastos marinos y del ecosistema (Bologna y Sinnema 2012).

ANEXO 4. Conteos absolutos del total de 1697 macrorrestos analizados de las 12 especies por excavación.

Ubicación	Isla de Xaltocan																			
Periodo	Posclásico																			
Estructura	Unidades domésticas																			
Excavación	G	G2	G3	G4	G5	G6	G7	Y5	Z	Z1	Z2	D	E	H	I	J	W	ZOCA	ZOCB	ZOCC
Número de muestras arqueológicas	14	11	2	8	5	11	2	32	1	15	6	5	1	3	17	4	1	12	16	9

Familia / especie

Número de frutos

Cyperaceae

<i>Cyperus manimae</i>	144	47		1	9	4		1						1							1
<i>Eleocharis densa</i>	3	14		4	2		1	10		7	1	1		1	5	1				1	5
<i>Eleocharis macrostachya</i>	7	26	1	5		1		17			3	1			29			4	2		6
<i>Schoenoplectus americanus</i>	7	2	1	8	1			96	13	29	33	1		1	13	2		7	22		34
<i>Schoenoplectus californicus</i>	5	2	1	1		1		27	1	15	9	1			25	1	1	3	1		7
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	19	4		9		15	1	131	6	19	205	5	1	2	68	3		18	18		89

Potamogetonaceae

<i>Potamogeton pusillus</i>								1							4						1
<i>Stuckenia pectinata</i>						5		2				1						4	2		

Polygonaceae

<i>Polygonum capitatum (intrusiva)</i>								1													
<i>Polygonum lapathifolium (intrusiva)</i>											1										
<i>Polygonum punctatum</i>								1													

Ruppiaceae

<i>Ruppia maritima</i>				2				5	7							1					
Número total de frutos	185	95	3	30	12	26	2	292	20	77	252	10	1	5	144	8	1	36	46		143

ANEXO 4. Continuación.

Ubicación	Isla de Xaltocan												Orilla de isla	Lago	Michpilco	
Periodo	Posclásico						Colonial Temprano						Posclásico	CT	Clásico-Epiclásico	
Estructura	Unidades domésticas															
Excavación	C	F	S	Y1	Y2	Y3	PC4A	PC4B	PC4C	PC5	K	X2	B	PC3	ET OPA	ET OPB
Número de muestras arqueológicas	4	1	1	2	3	1	3	2	17	3	1	6	3	1	7	2

Familia / especie

Número de frutos

Cyperaceae

<i>Cyperus manimae</i>									2							
<i>Eleocharis densa</i>							3	10	5	2			7			
<i>Eleocharis macrostachya</i>							6	25	16	19		2	5	1		
<i>Schoenoplectus americanus</i>	3				1	1			11	27			2		2	
<i>Schoenoplectus californicus</i>		1			1										5	1
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	1	1	1	3	2		7	8	15	40	1	3		3	8	1

Potamogetonaceae

<i>Potamogeton pusillus</i>									1	1						
<i>Stuckenia pectinata</i>	2			1						3		1			2	

Polygonaceae

<i>Polygonum capitatum (intrusiva)</i>																
<i>Polygonum lapathifolium (intrusiva)</i>																
<i>Polygonum punctatum</i>																

Ruppiaceae

<i>Ruppia maritima</i>	36								4	4			1			1
Número total de frutos	42	2	1	4	4	1	16	43	54	96	1	6	15	4	17	3

**ANEXO 5. Resultados y diferencia del tamaño registrado de la carbonización de 30 aquenios
actuales de *Schoenoplectus americanus* y *Schoenoplectus californicus***

Aquenios actuales de <i>S. americanus</i>						
Antes de la carbonización			Después de la carbonización			
Aquenio	Tamaño largo (mm)	Tamaño ancho (mm)	Tamaño largo (mm)	Tamaño ancho (mm)	Diferencia del largo (mm) antes/después	Diferencia del ancho (mm) antes/después
1	2.1	1.6	1.9	1.4	0.2	0.2
2	2.4	1.4	2.1	1.2	0.3	0.2
3	2.2	1.5	1.9	1.3	0.3	0.2
4	2.4	1.6	2.1	1.4	0.3	0.2
5	2.4	1.7	2.1	1.5	0.3	0.2
6	2.4	1.8	2.3	1.6	0.1	0.2
7	2.5	1.7	2.3	1.4	0.2	0.3
8	2.4	1.6	2.1	1.4	0.3	0.2
9	2.3	1.4	2.0	1.2	0.3	0.2
10	2.3	1.5	2.0	1.3	0.3	0.2
11	2.4	1.8	2.1	1.6	0.3	0.2
12	2.4	1.5	2.0	1.4	0.4	0.1
13	2.7	1.8	2.4	1.7	0.3	0.1
14	2.4	1.6	2.1	1.5	0.3	0.1
15	2.3	1.7	2.0	1.5	0.3	0.2
16	2.4	1.7	2.1	1.5	0.3	0.2
17	2.5	1.9	2.3	1.7	0.2	0.2
18	2.2	1.5	1.9	1.3	0.3	0.2
19	2.4	1.7	2.1	1.5	0.3	0.2
20	2.3	1.6	2.1	1.4	0.2	0.2
21	2.2	1.7	2.0	1.6	0.2	0.1
22	2.4	1.8	2.2	1.7	0.2	0.1
23	2.3	1.6	2.1	1.5	0.2	0.1
24	2.7	1.6	2.4	1.4	0.3	0.2
25	2.4	1.5	2.2	1.4	0.2	0.1
26	2.3	1.5	2.0	1.3	0.3	0.2
27	2.3	1.7	2.2	1.5	0.1	0.2
28	2.1	1.5	1.9	1.4	0.2	0.1
29	2.3	1.8	2.1	1.6	0.2	0.2
30	2.3	1.5	2.1	1.3	0.2	0.2

Aqueños actuales de *S. californicus*

Antes de la carbonización Después de la carbonización

Aqueño	Tamaño largo (mm)	Tamaño ancho (mm)	Tamaño largo (mm)	Tamaño ancho (mm)	Diferencia del largo (mm) antes/después	Diferencia del ancho (mm) antes/después
1	2.1	1.5	1.9	1.3	0.2	0.2
2	2.1	1.3	1.9	1.1	0.2	0.2
3	2.1	1.2	1.9	1.1	0.2	0.1
4	1.9	1.3	1.7	1.2	0.2	0.1
5	2.0	1.5	1.8	1.3	0.2	0.2
6	2.0	1.3	1.8	1.2	0.2	0.1
7	1.9	1.3	1.7	1.1	0.2	0.2
8	2.0	1.3	1.8	1.2	0.2	0.1
9	1.9	1.3	1.7	1.1	0.2	0.2
10	1.8	1.2	1.6	1.1	0.2	0.1
11	1.9	1.4	1.7	1.3	0.2	0.1
12	2.0	1.2	1.8	1.1	0.2	0.1
13	1.9	1.3	1.7	1.1	0.2	0.2
14	2.0	1.4	1.8	1.2	0.2	0.2
15	1.7	1.4	1.5	1.3	0.2	0.1
16	2.0	1.3	1.9	1.2	0.1	0.1
17	1.8	1.2	1.6	1.1	0.2	0.1
18	2.0	1.2	1.8	1.1	0.2	0.1
19	2.0	1.4	1.8	1.3	0.2	0.1
20	1.9	1.2	1.7	1.1	0.2	0.1
21	1.9	1.3	1.7	1.2	0.2	0.1
22	1.9	1.2	1.7	1.1	0.2	0.1
23	1.8	1.1	1.7	0.9	0.1	0.2
24	2.0	1.4	1.8	1.2	0.2	0.2
25	2.1	1.4	1.9	1.3	0.2	0.1
26	2.0	1.4	1.9	1.3	0.1	0.1
27	1.8	1.4	1.6	1.2	0.2	0.2
28	2.0	1.4	1.8	1.3	0.2	0.1
29	1.9	1.3	1.8	1.2	0.1	0.1
30	1.8	1.1	1.7	0.9	0.1	0.2