



19º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra
Oaxaca de Juárez - México, 15 al 18 de octubre de 2019

SIACOT 2019

Conservación sostenible del paisaje: Tierra y Agua

editores:
Célia Neves
Zazanda Salcedo Gutierrez
Obede Borges Faria

ISBN 978-99923-880-6-8



Célia Neves
Zazanda Salcedo Gutierrez
Obede Borges Faria
(Editores)

SIACOT 2019
Conservación sostenible del paisaje:
Tierra y Agua

Trabajos presentados en el
19º Seminario Iberoamericano
de Arquitectura y Construcción con Tierra

San Salvador - El Salvador
FUNDASAL / PROTERRA
2019

369.22
D564 Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (2019, octubre 15 - 18 : Oaxaca de Juárez, Mexico)
slv 19° **Seminario iberoamericano de arquitectura y construcción con tierra : conservación sostenible del paisaje, tierra y agua /** editores Célia Neves, Zazanda Salcedo Gutierrez, Obede Borges Faria. -- 1ª ed. -- San Salvador, El Salv. : FUNDASAL, 2019. 974 p. : il. ; 28 cm.

ISBN 978-99923-880-6-8

1. Construcción-Detalles-Viviendas--Construcción. 2. Construcción

ISBN 978-99923-880-6-8

Los criterios y opiniones expresados en los artículos de esta publicación son de exclusiva responsabilidad de cada uno de sus autores.

Sugestión para hacer referencia a estas memorias

a) Memorias como un todo:

Neves, C.; Salcedo, Z; Faria, O. B. (Eds.) (2019). Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. *Memorias...* San Salvador, El Salvador: FUNDASAL/ PROTERRA. 974 p.

b) Artículo específico (un ejemplo):

Oliva, R. A.; Wainer, J. B.; Zúñiga, O. C. (2019). Validación ante normas chilenas de sistemas constructivos: quincha liviana húmeda y quincha liviana seca. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. *Memorias...* San Salvador, El Salvador: FUNDASAL / PROTERRA. p. 42-53.

Diagramación del libro: Obede Borges Faria (PPGARQ-UNESP-Bauru / PROTERRA / TerraBrasil)

Foto de portada: Fuente integrada al acueducto histórico, Calle M. García Vigil, en el barrio Xochimilco (Oaxaca de Juárez), tomada por la Arq. Patricia Chiñas López, 2017 (foto editada por Obede B. Faria, 2019)

Dibujo de las guías y contraportada: Obra original del pintor oaxaqueño *Horacio Girón*, producida en 2018 y ganadora del concurso para la imagen del cartel de los eventos (SIACOT 2019 y Volver a la Tierra VII).



Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra

Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra



TERRA

PRO



- Coordinación 2017 – 2020:** Ing. Rosa Delmy Núñez
(FUNDASAL – El Salvador)
- Coordinación 2014 – 2017:** Arq. Hugo Pereira Gigogne
(UTM – Chile)
- Coordinación 2011 – 2014:** Dra. Arq. Mariana Correia
(ESG – Portugal)
- Coordinación 2008 – 2011:** Dr. Arq. Luis Fernando Guerrero Baca
(UAM-Xochimilco – México)
- Coordinación 2001 – 2008:** M. Sc. Ing. Célia Neves
(CEPED – Brasil)

- Consejo** M. Sc. Ing. Célia Neves (Rede TerraBrasil – Brasil)
- Consultivo:** Dr. Arq. Luis Fernando G. Baca (UAM – México)
(2019 – 2021) Arq. Alejandro Ferreiro (UDELAR, UY)
Dra. Arqueol. Annick Daneels (UNAM, MX)
Dr. Arq. Guillermo Rolón (UNT, Argentina)
- Consejo** Dr. Arq. Jorge Tomasi (CONICET, Argentina)
- Científico:** Dra. Hist. Juana Font Arellano (Fund. Antonio Font de Bedoya – España)
(2019 – 2021) Dra. Arq. Mariana Correia (ESG, Portugal)
M. Sc. Arq. Francisco Uviña (UNM, USA)
Arq. Bakonirina Rakotomamonjy, (CRATERRE, Francia)

Breve historia de PROTERRA



La Red Iberoamericana PROTERRA es un organismo internacional dedicado a la cooperación técnica y científica en el ámbito iberoamericano, que reúne especialistas de diferentes países, los cuales, voluntariamente, promueven, de modo integrado con las comunidades, diversas acciones tendientes al desarrollo de la arquitectura y construcción con tierra en América Latina. La generación y difusión del conocimiento, así como la práctica constructiva y la preservación de la diversidad cultural y del patrimonio material e inmaterial son objetivos asumidos por PROTERRA.

La Red Iberoamericana PROTERRA surgió en 2006, y fue creada por la conclusión del proyecto de investigación temporal de cuatro años auspiciado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). El proyecto de investigación tenía el objetivo de incentivar el uso de la tierra como material de construcción en la producción masiva de habitaciones de interés social, a través de la transferencia de la tecnología de arquitectura y construcción con tierra a los sectores productivos, así como su posible inserción en las políticas sociales de los países iberoamericanos. Para cumplir sus objetivos, fueron también incorporados profesionales del área de conservación, a fin de rescatar y mantener viva la tradición y memoria del conocimiento. Al finalizar el proyecto de investigación, se contaba con un acervo de ocho libros impresos y diez publicaciones digitales.

Con el fin de uniformizar un lenguaje internacional, se preparó la terminología sobre técnicas de construcción con tierra, bajo la coordinación del Centro de Investigación de la *Escola Superior Gallaecia* (Ci-ESG). Además de las Memorias publicadas en los seminarios anuales que realiza, PROTERRA elabora manuales e instructivos para talleres de sensibilización y, recién, en pacería con el editorial ARGUMENTUM, publicó el libro *Arquitectura de Tierra en América Latina*, que muestra la variedad y singularidad de la arquitectura y construcción con tierra en esta Región, compuesto con casi 100 artículos, la mayoría de autoría de miembros de PROTERRA.

Actualmente, PROTERRA tiene 128 especialistas y 14 instituciones asociadas, teniendo al español y portugués como idiomas oficiales. El establecimiento de Estatutos formaliza su estructura, misión, objetivos, organización y procedimientos. PROTERRA es un organismo sin personalidad jurídica, que opera sin recursos financieros formales, contando con el esfuerzo de cada miembro para la búsqueda de recursos para organizar y participar de los eventos, desarrollar investigaciones y cooperación, intercambios de especialistas y demás actividades.

A diferencia de la mayoría de las redes, PROTERRA cuenta con el liderazgo de un Coordinador, asesorado por un Consejo Consultivo (que se compone por cinco miembros de la Red) y un Consejo Científico (compuesto por tres miembros de la Red y dos especialistas no miembros). Estos Consejos apoyan la definición de la estrategia y de actividades, especialmente aquellas de carácter científico. El crecimiento constante de la Red, en los últimos diez años, tornó necesaria la creación del Consejo de Coordinación, constituido por todos los antiguos coordinadores. Este Consejo contribuye activamente, para la gestión y visión de la Red Iberoamericana.

Objetivos de PROTERRA

Desde su creación, PROTERRA buscó, a través de diversos eventos, relacionar y potenciar a profesionales dedicados a la arquitectura y construcción con tierra, promoviendo su integración y estimulando el intercambio de conocimiento y asociación en diversos trabajos.

En su principio, el foco era la vivienda de interés social con tierra y la propuesta era disponer de un grupo de especialistas iberoamericanos que pudieran dar soporte técnico a los programas de construcción desarrollados en los diversos países. Luego se percibió que el uso de la tierra en programas de habitación de interés social no se materializaría solamente con la formación de un equipo internacional de profesionales, pues en cada país ya existían profesionales competentes para

dar el apoyo técnico necesario. Sin embargo, era necesario estimular y difundir el uso de la tierra a través de otras acciones, de modo que se diera el soporte científico a la “Arquitectura y Construcción con Tierra” a través de la elaboración de un acervo bibliográfico actualizado, adecuado a las circunstancias actuales de cada país y región.

No obstante su carácter original orientado a la construcción contemporánea, PROTERRA incorporó actividades y profesionales dedicados a la preservación del patrimonio, por comprender el fuerte nexo existente entre el conocimiento producido, la construcción actual de vivienda y la restauración y rehabilitación de edificaciones. Es imperativo para todo ello disponer de la base tecnológica desarrollada que permita construir, rescatar y mantener viva la tradición y la memoria del uso de la tierra en construcción.

PROTERRA, como equipo de profesionales con distintas especialidades, funciona en forma horizontal, sin jerarquías por títulos: todos los miembros tienen siempre mucho que aportar y mucho que aprender. Las ideas creativas de los jóvenes profesionales y los desafíos de las condiciones de producción cuestionan directa y saludablemente a los especialistas, obligándoles a reflexionar, argumentar y desarrollar soluciones. Para cada miembro de PROTERRA, el intercambio posibilita el estímulo en la forma de pensar, en la evolución de sus investigaciones, en sus actividades y conocimiento.

La integración de profesionales a una red como PROTERRA busca promover la integración de los mismos en el campo de las ciencias y de la tecnología. Además de esto, PROTERRA incentiva la formación de redes regionales y de temas específicos de modo que se incremente el número de personas interesadas en aprender y construir con tierra.

Sobre los SIACOT

Los Seminarios Iberoamericanos de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) tienen como finalidad reunir a los científicos, tecnólogos y profesionales que trabajan en torno al tema de la arquitectura y de la construcción con tierra, desde su desarrollo histórico hasta el uso actual de este material. Se trata de un espacio de discusión académica, pero abierto a la ciudadanía en general, donde se evalúa el desarrollo de los programas científicos y proyectos en marcha, así como los avances a escala global de la difusión de esta temática.

La recuperación en la práctica del uso de estas antiguas tecnologías, por medio del conocimiento de la conservación y restauración de las construcciones de tierra, es útil tanto para la conservación del patrimonio edificado como para el desarrollo futuro. El mejoramiento técnico en la construcción con tierra estabilizada así como la búsqueda de una respuesta eficaz frente a los sismos, tienen un impacto tanto sobre el campo de la restauración como de las construcciones nuevas.

Este espacio también permite apoyar la formación de recursos humanos técnicos, tanto a nivel profesional como artesanal, mediante una aplicación práctica de dichas técnicas que permita la reinserción de estas técnicas en el diseño y edificación actual del espacio humano.



19º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra

Conservación sostenible del paisaje: Tierra y Agua

Oaxaca de Juárez - México

15 al 18 de octubre de 2019

COMITÉ ORGANIZADOR

Ing. Rosa Delmy Nuñez de Hércules – FUNDASAL – El Salvador - **Coordinadora de PROTERRA**

Arq. Ramón Aguirre Morales - IBOMEX / PROTERRA - **Coordinador General del 19º SIACOT**

D. G. Alma Angelica Chávez Rodríguez - IBOMEX - **Coordinadora de la sede**

Arq. Prometeo Alejandro Sánchez Islas

José Ramón Aguirre

Mtra. Dolores Rojas Sánchez

Jailene Getsemani García Martínez

Arq. Valentina Méndez

Arq. Sylvia Carrasco Barcelos

Arq. Esteban San Juan

Arq. Flor Adriana Vasquez Valencia

Arq. Patricia Chiñas López

Arq. Jazmin Cruz Marta

Arq. Laura Baca

Ing. Elisalem Pérez Nicolas

Arq. Flor Vázquez

Arq. Ruth Araceli Aguilar

Arq. Fabricio Lázaro

Jocsan Antonio Núñez Noriega

COMITÉ CIENTÍFICO

MSc. Inga. Célia Neves – PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil (**coordinadora**)

Arq. Alejandro Ferreiro – FADU/UDELAR – Uruguay

Dr. Arq. Alexandre Mascarenhas – IFMG – Ouro Preto – Brasil

Prof. Dr. Quim. Andrea Cavicchioli – EACH/USP – Brasil

Dra. Arqueol. Annick Daneels – UNAM – México

MSc. Arq. Cecília López Pérez – Pontificia Universidad Javeriana – Colombia

MSc. Arq. Dulce María Guillen – Investigadora independiente – Nicaragua

MSc. Arq. Fernando Cardoso – UFV – Brasil

Dra. Arq. Graciela María Viñuales – Centro Barro/CEDODAL – Argentina

Dr. Arq. Guillermo Rolón – CONICET/CRIATIC/UNT – Argentina

MSc. Arq. Jenny Vargas – Universidad Nacional de Colombia – Colombia (**responsable por Tema 2**)

Dr. Arq. Jorge Tomasi – CONICET – Argentina

Dra. Hist. del Arte Juana Font – Fundación Antonio Font de Bedoya – España

PhD. Arq. Maria Fernandes – CEAACP/DGPC – CdT – Portugal

Dra. Arq. Maria Isabel Kanan – ICOMOS-ISCEAH – Brasil

Arq. Mariano Pautasso – Cooperativa de Trabajo TEKO – Argentina

MSc. Arq. Mirta E. Sosa – CRIATiC/UNT – Argentina
Inga. Mónica Bahamóndez – Servicio Nacional del Patrimonio Cultural – Chile
Dra. Arq. Natalia Jorquera Silva – UCHILE – Chile
MSc. Arq. Natália Lelis – UFMG – Brasil
MA. Arq. Natalia Rey - Arquitecta independiente - Colombia
Prof. Dr. Ing. Obede Borges Faria – UNESP/PPGARQ/FEB – Brasil **(responsable por Tema 1)**
MSc. Arq. Pacha Yapucha Yampara Blanco – FAADU/UMSA – Bolivia **(responsable por Tema 4)**
MSc. Arq. Patricia Chiñas López – Universidad La Salle/Centro Universitario Casandoo – México
Dra. Inga. Paulina Faria – Universidade NOVA de Lisboa – Portugal
MSc. Arq. Prometeo A. Sánchez Islas – ITC Oaxaca/ Universidad La Salle – México
Dr. Arq. Rodolfo Rotondaro – UBA/CONICET – Argentina
Arq. Stella Maria Latina – CRIATiC/UNT – Argentina **(responsable por Tema 3)**
Dra. Quim. Vera De La Cruz Baltazar – Investigadora Independiente – México

COMITÉ DE EXPOSICIÓN (responsable por la evaluación de pósteres y memorias de diseño y obra)

MSc. Arq. Zazanda Salcedo Gutierrez - UMSA/ ICOMOS – Bolivia **(coordinadora)**
Arq. Bernadette Esquivel – ICOMOS ISCHEA/Universidad de Costa Rica (UCR) – Costa Rica
Arq. Camilo Giribas – Escuela de Construcción en Tierra ECoT/Estierra Ltda. – Chile
Inga. Ligia María Vélez Moreno – Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) – Colombia
MSc. Arq. María de los Ángeles Vizcarra de los Reyes – Univ. Nac. Autónoma de México – México
MSc. Arq. Sandra Selma Saraiva – Universidad Federal do Piauí (UFPI) – Brasil
MSc. Arq. Tonatiuh Magaña Guzmán – Universidad Autónoma de Baja California – México
MSc. Arq. Tulio Mateo – Catholic Relief Services – República Dominicana
Arq. Wilfredo Carazas Aedo – Hábitat y Patrimonio / CRAterre-ENSAG – Francia/Perú

COORDINACIÓN DE TALLERES

MSc. Arq. Fernando Cardoso – UFV – Brasil (por PROTERRA)
Arq. Alvaro Riquelme - Chile (por PROTERRA)
Arq. Camilo Giribas - Chile (por PROTERRA)
Arq. Silvia Carrasco - México (por los organizadores locales)
Arq. Jocsan Nuñez - México (por los organizadores locales)



INSTITUCIONES ORGANIZADORAS

PROTERRA - Rede Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra
www.redproterra.org

IBOMEX - Instituto de Bóvedas Mexicanas y Tecnologías Regionales
<http://www.ibomex.org>

APOYO INSTITUCIONAL



Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco (UAM)
División de Ciencias y Artes para el Diseño (CyAD)
<https://www.cyad.online/uam/en/home/>



Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco (Ciudad de México)
Grupo de Trabajo Brigada Académica Interdisciplinaria
<https://www.youtube.com/watch?v=5w12jHD9i6c>



Procedimientos y Sistemas Constructivos Tradicionales
Alternativas para una arquitectura sustentable

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Arquitectura
Laboratorio Procedimientos y Sistemas Constructivos Tradicionales
<https://arquitectura.unam.mx/procedimientos-y-sistemas-constructivos.html>



Facultad de Arquitectura U.A.B.J.O.
<http://www.arqucu.uabjo.mx/>



Facultad de Arquitectura 5 de Mayo
<http://facultaddearquitectura.cincodemayo.com/>



COOPERACIÓN COMUNITARIA
<http://cooperacioncomunitaria.org/>



Colegio de Arquitectos del Estado de Oaxaca
<http://caeo.com.mx/>



Agrupación Colegiada de Profesionales del Desarrollo Urbano de Oaxaca



Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima
<https://fundasal.org.sv/>



Amigos de la Hemeroteca Néstor Sánchez Hernández



El **19° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra** (19° SIACOT), se realiza este año 2019 en la Ciudad de Oaxaca de Juárez, México, y se une al encuentro **Volver a la Tierra VII** para reunir a especialistas de la arquitectura y construcción con tierra, profesionales, estudiantes, técnicos y líderes de comunidades, para permitir el intercambio de conocimientos a través del desarrollo de talleres, memorias de diseño y obras, exposiciones de trabajos técnicos y científicos, entorno al desarrollo de la construcción con tierra, fusionando los saberes ancestrales con las transferencias tecnológicas contemporáneas.

El SIACOT es auspiciado por la Red Iberoamericana PROTERRA y en su 19° edición ha sido organizado en conjunto con el Instituto de Bóvedas Mexicanas y Tecnologías Regionales (IBOMEX). Este año nos une el tema de la **Conservación Sostenible del Paisaje: tierra y agua**, bajo el cual los que hacen el SIACOT desde su activa participación, presentan el resultado de diferentes esfuerzos desarrollados desde proyectos de investigación de materiales y técnicas constructivas, patrimonio cultural, arquitectura contemporánea y formación, capacitación y transferencia de tecnología, tanto en el ámbito académico como desde el ejercicio de la profesión libre en las áreas afines a los temas descritos.

Este documento plasma las Memorias del 19° SIACOT en una compilación de artículos científicos e informes técnicos, como registro histórico y medio para compartir experiencias y transferir conocimientos en las diferentes especialidades relacionadas a la arquitectura y construcción con tierra.

Desde la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra (PROTERRA), agradecemos a los autores que hacen posible este aporte, tanto a los miembros de la Red como a los participantes en general, que hacen posible el intercambio de experiencias y rescate de saberes, para innovar y construir conocimiento.

Oaxaca de Juárez, México, Octubre 2019.

Ingeniera Rosa Delmy Nuñez de Hércules
FUNDASAL - El Salvador
Coordinadora de PROTERRA

Hoy más que nunca la situación global en torno a las condiciones climáticas, sociales y económicas que privan en el planeta hace necesario recurrir a los saberes de nuestros antepasados.

Como bien apunta Paul Graham McHenry Jr., en su libro *Adobe*, "la tecnología de la construcción con tierra se desarrolló con base en prueba y error desde los orígenes primitivos de la humanidad. La necesidad, el tiempo, y la rápida disponibilidad de materiales fueron los ingredientes principales en su desarrollo" (1996, p.5).

Después tuvimos un auge tecnológico que nos desconectó de dichos saberes y hoy ante el evidente fracaso del consumismo desenfrenado de los recursos no renovables, debemos tener la humildad de regresar a nuestras raíces y vislumbrar qué estamos haciendo mal, afortunadamente aún tenemos conocimientos que rescatar y profesionales dispuestos a compartirlos, y de eso principalmente se trata el **SIACOT 2019 y Volver a la Tierra VII**, de colaborar entre pares para ir enriqueciendo esta fuente de aprendizaje en que se han convertido estos seminarios y al mismo tiempo irradiar este conocimiento a las nuevas generaciones.

Por otro lado, muchas de las sedes de los eventos anteriores han sido sitios ancestrales que aún conservan conocimientos valiosos y muchas veces poco valorados. Oaxaca no es la excepción, es un estado y una ciudad cuyo centro histórico tiene una declaración de patrimonio cultural de la humanidad por la UNESCO, poseedora de un gran legado cultural tanto tangible como intangible que tendremos el orgullo de compartir con todos los asistentes, además de aspirar a ser un espejo donde los locales puedan ver reflejada la riqueza que nos ha sido heredada.

Oaxaca de Juárez, México, Octubre 2019.

Arq. Ramón Aguirre Morales

Por la Comisión Organizadora del 19º SIACOT
y Volver a la Tierra VII

19° SIACOT VOLVER VII

2019 a la TIERRA VII

Oaxaca, México del 15 al 18 de octubre

19° Seminario Internacional de Arquitectura y Construcción con Tierra Volver a la Tierra VII

Conservación sostenible del paisaje: Tierra y Agua

+ DE 40 CONFERENCIAS

16 TALLERES

Auspiciado por la RED IBEROAMERICANA PROTERRA y organizado por el IBOMEX (INSTITUTO DE BÓVEDAS MEXICANAS Y TECNOLOGÍAS REGIONALES)

[ibomex_oficial](https://www.instagram.com/ibomex_oficial)
www.ibomex.org
[fb ibomex](https://www.facebook.com/ibomex)
siacotoaxaca@gmail.com

Cartel de difusión de los eventos, **19° SIACOT** y **Volver a la Tierra VII**, hecho sobre obra original del pintor oaxaqueño **Horacio Girón**, producida en 2018 y ganadora del concurso para este fin.

Contenido

Presentación	18
Rosa Delmy Nuñez de Hércules	
Palabras de la organización	19
Ramón Aguirre Morales	
Programa general	21
Conferencistas magistrales	22
Exposición de pósteres y memorias de diseño y obra	25
Programa de los talleres	26
Talleres - informaciones	27
Detalles de visitas temáticas	40

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS e INFORMES TÉCNICOS

	Tema 1	
MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS		41
	ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	
Validación ante normas chilenas de sistemas constructivos: quincha liviana húmeda y quincha liviana seca		42
Romina Acevedo Oliva, Jorge Broughton Wainer, Oscar Carrillo Zúñiga		
Los recursos vegetales en los trabajos científicos del SIACOT sobre viviendas rurales construidas con tierra en el nordeste argentino		54
Florencia Otegui, María Eugenia Suárez, Guillermo Rolón		
Mejoramiento de adobes con fibras naturales y artificiales en la Comuna de Zuleta, México		64
Salomé Montenegro, Irina Godoy		
Estudio del junco para uso en malla como refuerzo externo en muros de tierra		71
Bryan Terrones Chumpitaz, Maria Teresa Mendez Landa, Juan Calos Gonzales Levano		
Muros de bajareque compuesto con caña de maíz y fibra de tule		83
Ana Luísa Hernández Cardona, Mario Rodolfo Corzo Ávila		
Adecuación de la arquitectura pre inca al clima, usando forma, material y ubicación especial		95
María Angélica Guevara Lactayo		
Caracterización de la transmitancia térmica de un muro de tierra comprimida		109
Àngels Castellarnau Visús		
La huella de carbono en elementos de la arquitectura de tierra		119
Yolanda Aranda-Jiménez, Edgardo Suarez-Domínguez		

Efectos de los aditivos naturales en revestimientos de tierra: Caso de estudio gel de plátano	127
Cecilia López Pérez	
Recubrimientos de tierra estabilizada con cal y mucílago de <i>Opuntia ficus</i> para la protección de superficies de tapia	138
Esmeralda Avila Boyas, Luis Fernando Guerrero Baca, Blas Antonio Tepale Gamboa	
Propiedades de suelos estabilizados con geopolímeros fabricados con residuos	150
Juan Cosa, Jose Monzó, Jordi Payá, Lourdes Soriano, María Victoria Borrachero	
Estabilización de suelos con cementos activados alcalinamente: resistencia a compresión y absorción de agua	162
Verónica de Dios, Juan Cosa, Miguel Ángel Carrión, Jordi Payá, María Victoria Borrachero, Lourdes Soriano, Jose Maria Monzó	
Cenizas alcalinas de biomasa: una alternativa para la estabilización de bloques de tierra compactada	171
Jordi Payá, José Monzó, Josefa Roselló, María Victoria Borrachero, Alba Font, Lourdes Soriano	
Aditivos en la construcción de tierra en el trópico húmedo y zonas semiáridas de Mesoamérica	184
Annick Daneels, Alfonso Romo de Vivar Romo, Laura Judith Chávez González	
El tepetate para las unidades habitaciones del sitio arqueológico de Xochitecatl-Cacaxtla del periodo Formativo, México	194
Lilit Pogosyan, Carlos Lazcano, Sergey Sedov	
Propuesta para definir técnicas constructivas a partir del análisis micromorfológico del test Carazas	205
Salvador Piña Guido, Hugo Alejandro Fernández, Marta Mateu Sagués, Gerardo Fernández	
Análisis micromorfométrico del espacio poroso en materiales de construcción de tierra	215
Lilit Pogosyan, Salvador Piña Guido, Annick Daneels, Konstantin A. Romanenko, Konstantin N. Abrosimov, Blanca Prado Pano	
El bajareque en techos de la Joya, México, y Sant Jaume, España	227
Marta Mateu Sagués	
Evaluación experimental de un sistema de refuerzo para muros de adobe de edificios históricos	238
Abraham Roberto Sánchez Ramírez, Julia G. Villa	
Evaluación de viviendas construidas con BTC luego de 15 años de uso en Monteros, Argentina	251
Paula Jerez Lazo, Ailén Fernández, Marcos Lamas	
INFORMES TÉCNICOS	
Prefabricación con bambú del bajareque tradicional	263
Francisco J. Soria López, Luis Fernando Guerrero Baca, Felipe Martínez Flores	
Correlação entre teste de campo e ensaios de laboratório para caracterização de solos	273
Carol Cardoso Moura Cordeiro, Caio Augusto Barbosa de Campos, Douglas Queiroz Brandão, Luciane Cleonice Durante, Ivan Julio Apolônio Callejas	
Estabilización de suelos arcillosos con cal para firmas y blocks	284
Elena Guadalupe Navarro Mendoza, Adrià Sánchez Calvillo, Elia Mercedes Alonso Guzmán	

Análisis de una unidad productiva para la fabricación industrializada de bloques de tierra comprimida 292
Cristian Benvenuto, Gonzalo Darras, Santiago Cabrera, Ariel González

Tema 2

PATRIMONIO CULTURAL 302

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Chullpawawa, una nueva unidad constructiva de tierra: Redescubriendo la historia prehispánica 303
Irene Delaveris, Guido Mamani, Pacha Yampara

Saber constructivo ancestral: el caso de la vivienda tradicional andina en Puno, Perú 321
Sheyla Machado

Sistemas constructivos mesoamericanos y su relación con el medio ambiente 330
Esteban Ávalos Beltrán

Los rellenos de tierra prehispánicos: Acercamiento a las condiciones climática durante El Clásico 339
Thania Alejandra García, Sergey Sedov, Véronique Darras

La tecnología de la tierra en la arquitectura prehispánica de Oaxaca, México 349
Bernd Fahmel Beyer

Estudio urbano, tipológico y constructivo de una casa tradicional en Baasneere, Burkina Faso 358
María Lidón de Miguel, Lidia García Soriano, Camilla Mileto, Fernando Vegas López-Manzanares

Estudio tipológico constructivo de los muros entramados en España: Metodología de estudio 369
Alicia Hueto Escobar, Maria Diodato, Camilla Mileto, Fernando Vegas López-Manzanares

Intervenciones de conservación en el Huarco – Cerro Azul: Un sitio prehispánico de la costa del Perú 380
Bryan Núñez Aparcana, Nina Castillo Sanchez

La rehabilitación de los molinos rurales como propuesta sostenible de desarrollo local, Ecuador 392
Juan Diego Badillo Reyes

Adecuación estructural del patrimonio de tierra: el reto de la Estación de Tren de Heredia, Costa Rica 409
María Bernadette Esquivel Morales

Condiciones estructurales de la casa hacienda Sojo, Piura, Perú 425
Henry Eduardo Torres

Revitalización de una cultura constructiva local: Reconstrucción en el Norte Chico de Chile 434
Amanda Rivera Vidal, Claudio Vega Vásquez

Recuperación de la arquitectura patrimonial de tierra, barrio El Vergel, Cuenca, Ecuador 445
Fausto Cardoso, Tatiana Rodas, Gabriela Barsallo, María Cecilia Achig Balazeo

Impacto en los muros de adobe por el uso de recubrimientos con cemento en el Occidente de México 459
Minerva Rodríguez Licea, Luis Fernando Guerrero Baca

Las presiones urbanas en la arquitectura tradicional del barrio Santo Domingo de Tuxtla Gutiérrez, México 469
Mariona Genis Vinyals, Amalia Parra Zebadúa

Proyecto de conservación y puesta en valor de las ruinas de la casa natal de Castro Barros, Chuquis, Argentina 480
Verónica Mariana Vargas, Luis Alfredo Orecchia, Eduardo Enrique Brizuela

INFORMES TÉCNICOS

Evolución de las técnicas constructivas en la vivienda del altiplano de la comunidad alpaquera de Orduña, Puno, Perú 492
Sofía Rodríguez Larraín

Pérdida del patrimonio en el centro histórico de la ciudad de La Paz, Bolivia 502
Esdenka Araoz Acosta

Apontamentos para uma história da substituição das técnicas construtivas com terra pelo tijolo cerâmico 509
Marco Antônio Penido de Rezende

Vivienda vernácula, la transformación a través de sistemas constructivos y tipología, Hueyapan, México 516
Geraldine Ríos Ramírez, Carlos Porcayo Victoriano

La estación del ferrocarril de Luque como ejemplo del patrimonio de tierra, Paraguay 522
Alicia Ramírez de Crichigno, Maricarmen Couchonnal

Cultura constructiva de tierra ariqueña, Chile: El caso de la casa Copaja 530
Amanda Rivera Vidal, Camilo Giribas Contreras

Paisagem arquitetônica e construção com terra na Vila de Campos de São João, Chapada Diamantina, Brasil 541
Daniel Pinheiro Santos, Caio Martins Caires, Marco Antônio Penido de Rezende

Tema 3

ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA 552

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

O direito a construir com terra: conformação, exercício e exigibilidade 553
Natália Lelis

Los desafíos de un proyecto demostrativo, "hotel ecológico" en Villa de Leyva, Colombia 563
Lucia Esperanza Garzon

O adobe como uma tecnologia social: uma revisão analítica 578
Daniel Pinheiro Santos, Marco Antônio Penido de Rezende, Maria Luiza Almeida Cunha de Castro

Problemática asociada al desarrollo de la tecnología de construcción con BTC en Argentina 590
Pablo Dorado, Santiago Cabrera, Gabriel Barrozo, Guillermo Rolón

Introducción en el contexto peruano de un nuevo sistema constructivo con madera y tierra alivianada 604
Giuseppina Meli, Silvia Onnis, Martín Wieser

- Arquitectura contemporánea en paisajes de valor:
Procesos participativos en diseño y construcción, Susudel, Ecuador** 614
Catalina Rodas Vásquez, Fausto Cardoso Martínez

INFORMES TÉCNICOS

- Caruna, el rescate de un aislante natural de tierra** 630
Beatriz Yuste, Magdalena Pereira, Ever Mamani, Andrés Aninat
- Muros de adobe con encadenado de sauce y barro** 639
Marco Aresta
- Construcción de viviendas con adobe
en San Antonio Ilotenango y Santa María Chiquimula, Guatemala** 645
Francisco Javier Quiñónez
- Refugio del Sol: análisis de procedimientos y alcances finales de la propuesta** 656
Felipe Mateo López Flores
- Construcción con tierra para eficiencia termo-energética
de Centros de Atención Primaria de Salud** 668
Amalita Fernández, Beatriz Garzón
- Modelo sobre el saneamiento para mejorar la habitabilidad de la vivienda** 676
Juan Carlos Tuctuc Simon, Edgar Virgilio Ayala Zapata, Saulo Moisés Méndez Garza
- Propuesta de construcción alternativa después del sismo del 2016 en Canoa, Ecuador** 686
María de Lourdes Abad Rodas, Sarah Hanen Bahuer
- Adecuación tecnológica y cultural del programa de mejoramiento de viviendas en el
Valle Calchaqui, Argentina** 693
Matías Ortega, Beatriz Garzón

Tema 4

ENSEÑANZA, CAPACITACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA 702

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- Construcciones con tierra y cambio climático:
revisión mediante el análisis del ciclo de vida de los edificios** 703
Andrea Favaro
- La construcción con tierra como tecnología social: Casos en Argentina** 718
María Laura Giovino, Luciana Guido

INFORMES TÉCNICOS

- El post máster DAS-Tierra: Más de 30 años de enseñanza de la arquitectura de tierra** 733
Bakonirina Rakotomamonjy, Nuria Sánchez Munoz
- Construir con tierra hoy en Mesoamérica** 742
Elena Carrillo Palacios, Jon de la Rica Extremiana
- Ciudad-Laboratorio: la enseñanza en la Universidad de Cuenca, Ecuador,
con las Campañas de Mantenimiento del Patrimonio** 754
Fausto Cardoso Martínez, Catalina Rodas Vásquez, María Cecilia Achig

Enseñanza de construcción con tierra en el ámbito universitario de la frontera noroeste de México	772
Tonatiuh Magaña Guzmán, Cristina Sotelo Salas, Daniel Antonio Olivera García	
Tierra en las escuelas	779
Alejandro Ferreiro	
La crianza de la casa con tierra y agua en comunidades indígena y urbana	787
Irma Quiroz Quinteros	
Curso de verano en el parque público Punta Yeguas, Uruguay	796
Ariel Ruchansky, Valeria Esteves, Cristian Palma, Alejandro Ferreiro	
El intercambio desde la experiencia y la práctica: El caso de encuentros regionales de constructores con tierra	805
Gonzalo García Villar	
<i>Made in Tierra Spain</i>, actividades transfronterizas	816
Àngels Castellarnau Visús, Pilar Diez Rodríguez	
Taipa de cá, taipa de lá: Ações de capacitação, ensino e regaste da técnica mista	824
Akemi Hijioaka, Alain Briatte Mantchev, Bianca Joaquim dos Santos	
Muralismo participativo con tierra en Escuela de Formación Técnica de Mujeres, Condega, Nicaragua	836
Fátima Sánchez Medina, Kathya Reyes Rivera, Julieth Gutiérrez Carcamo	
Las albañilas de la tierra: una experiencia en construcción	846
Bettina Lucia Tommei, Camila Perez, María Melina Martínez, Sabina Pirozzi	
<hr/>	
MEMORIAS DE DISEÑO Y OBRA	859
Centro cultural San Jose Hidalgo: Intervención para la recuperación del Gavillero	860
María Elizabeth González Apodaca, Ruth Araceli Aguilar González de Cosío	
Casa Salchi, Costa de Oaxaca, México	870
Mariana Mas Gómez	
De tierra, madera y fuego: Reconstrucción desde los saberes tradicionales y materiales locales en el Istmo de Tehuantepec - México	880
Isadora Hastings García, Gerson Huerta García, Lizet Zaldivar López	
Casa Madre: Construcción sostenible con tapia y bambú en entornos vulnerados por el cambio climático	887
Pedro Ellery Gatica Vargas	
Casa Wolff: La construcción de una vivienda y la vida de quienes la construyen	897
Natalia Rey Cuellar	
Casa Vista Uchata: En las montañas de Barichara, Colombia	906
Andrés Rubio Téllez	
Escuela n°39: Bioclimática y sustentable, Catamarca, Argentina	914
Erika Walter, Cecilia Brizuela, Matías Agüero, María Gabriela Watkins	
Casa Mirador: Arquitectura contemporánea en tierra a las orillas altas del río Biobío, VIII Región, Chile	923
Andrés Flores Osorio, David Martínez González, Jhonatan Blancas Mejía	

Casa Viva: Uma casa na ecovila 931
Karen Miyabe Ueda, Nilce Meire Pereira Pinho , Antonio Carlos Vissotto Jr

Biblioteca Amani, Kibaoni, Tanzania 941
Patricia Báscones Gutiérrez, Lara Briz Bejerano

PÓSTERES 950

Tema 1

MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS 951

Reforzamiento de sistemas constructivos tradicionales en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca 952
Isadora Hastings García, Gerson Huerta García, Lizet Zaldivar López

Desarrollo sostenible de dos elementos prefabricados en tierra cruda 953
Selene López Camaras, Esther López Reynoso

Viviendas con adobe en San Antonio Ilotenango y Santa María Chiquimula, Guatemala 954
Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, Edgar Virgilio Ayala Zapata, Saulo Moisés Méndez Garza

**Reconocimiento de las técnicas constructivas con tierra
en las comunidades indígenas Wayúu, La Guajira, Colombia** 955
Antonio Maggiolo, Carlos Otalvaro, Sugey Torres

Lo pintoresco y las técnicas vernaculares: Una relación entre los materiales y las sensaciones 956
Owen David Gonzalez Obando

**Rebocos de terra: ecoeficiência e contributo para a qualidade do ar interior
face a rebocos correntes** 957
Tânia Santos, Paulina Faria, Maria Idália Gomes

Tema 2

PATRIMONIO CULTURAL 958

***Chajinjay, ch'ajch'ojchuqa' nuk'um*: Modelo de saneamiento para vivienda segura, limpia
y ordenada en San Juan Comalapa Chimaltenango y San Agustín Acasaguastlan,
El Progreso, Guatemala** 959
Juan Carlos Tuctuc Simón, Edgar Virgilio Ayala Zapata

Construcción con tierra en Puerto Rico: historia y técnica constructiva en-terradas en el olvido 960
Roselyn Méndez-Resto

Arquitectura vernácula en bahareque y palma amarga en el caribe colombiano 961
José Luis Suárez Montiel, Lina Marcela Trujillo Grajales

Eficiencia energética en la arquitectura en tierra marroquí: El caso en el oasis de Tinghir 962
María Laura Giovino, José Halloy

Tema 3

ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA 963

Revitalización del campo: Tradiciones constructivas en proyecto productivo Tibirita, Colombia 964
Jorge Luis Alarcón Rodríguez

Refugio del sol, Valparaíso, Chile 965
Felipe Mateo López

Escuela Primaria N°299 Tatón, Fiambalá, Provincia de Catamarca, Argentina 966
Erika Walter, Gabriela Mansilla, Matías Agüero, María Gabriela Watkins

Escuela Secundaria N° 39 Villa de Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca, Argentina 967
Erika Walter, Cecilia Brizuela, Matías Agüero, María Gabriela Watkins

Jardín de Infantes N° 31 El Peñón, Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca, Argentina 968
Erika Walter, Cecilia Brizuela, Matías Agüero, María Gabriela Watkins

Biblioteca Amani en Tanzania 969
Patricia Bäscones Gutiérrez, Lara Briz Bejerano

Tema 4

ENSEÑANZA, CAPACITACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA 970

Construir con tierra hoy en Mesoamérica 971
Elena Carrillo Palacios, Jon Ignacio de la Rica Extremiana

Experiencia en taller de revoque artístico con fibras naturales 972
Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez, Natacha Hugon, Etni Sarahi Ramírez Hernández

Taller de reconstrucción patrimonial y muralismo con tierra 973
Claudio Vega Vásquez, Consuelo Ceballos Silva

Toca tierra un evento pedagógico de transmisión 974
Clementine Laborderie, Lucas Kanyó, Juan Trabanino



EL TEPETATE PARA LAS UNIDADES HABITACIONALES DEL SITIO ARQUEOLÓGICO DE XOCHITECATL-CACAXTLA DEL PERIODO FORMATIVO, MÉXICO

Lilit Pogosyan¹, Carlos Lazcano Arce², Sergey Sedov³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México
lilit-tos@yandex.ru

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México lazcanoarce8@excite.com

³Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México serg_sedov@yahoo.com

Palabras clave: micromorfología, material de construcción, tezontle suelo

Resumen

Los tepetates tipo fragipan, unos de los materiales típicos de construcción de tierra en el centro de México, son capas endurecidas cuando están secos, pero fácilmente se pierde su estructura cuando lo meten en el agua. Contrario a otros materiales de arquitectura de tierra (adobe, bajareque, etc.), el tepetate no necesita procesamiento complejo y puede ser utilizado tal cual. Las características geológicas de los tepetates importantes para la construcción, así como su modo de uso antiguo están poco estudiados. El presente artículo propone un estudio de los tepetates tipo fragipan naturales del estado de Tlaxcala, México, para evaluar tanto sus características morfológicas como de materiales de construcción. Se describe el perfil edafosedimentario Tlalpan y el muestreo de varias capas de los tepetates. Se hicieron observaciones de las láminas delgadas de los tepetates y paleosuelos en el microscopio petrográfico, que permitieron detallar las relaciones entre los componentes del suelo. En el sitio arqueológico de Xochitecatl-Cacaxtla se hicieron observaciones sobre cantidades de fragmentos de tepetate y tipos de construcciones donde esos se utilizaron. En las muestras de los contextos habitacionales no están presentes los cutanes de iluviación, típicos para los tepetates. Se concluye que los materiales de construcción, aunque a simple vista se parecen a los tepetates, en realidad no pertenecen a los materiales endurecidos naturales, sino son materiales edáficos procesados, donde se anexaron componentes vegetales y fragmentos de piedra volcánica.

1. INTRODUCCIÓN

Tepetate es un término que no pertenece a las clasificaciones edafológicas oficiales y se usa para denominar específicamente unas capas endurecidas formadas de la ceniza volcánica (Etchevers et al., 2006). La palabra toma su origen del náhuatl y literalmente se le ha traducido como “petate de piedra”, “cama de piedra”. Hay diferentes tipos de los tepetates, entre ellos los tepetates tipo fragipan que no están cementadas por SiO_2 , Fe_2O_3 o algún otro agente de este tipo, sino que se compactan por la reorganización de las partículas del tamaño arcilla dentro de la matriz. Esos tepetates tienen una tendencia de formar una estructura columnar o prismática. Los bloques estructurales están separados por las grietas, por las que pasa el agua (Werner, 1992), mientras que los bloques tienen una alta densidad (Flores-Román et al., 1992; Nimlos; Hillery, 1990). Los tepetates tipo fragipan, son unos de los materiales típicos de construcción de tierra en el centro de México, porque no necesitan procesamiento complejo y pueden ser utilizados tal cual. Las características geológicas de los tepetates importantes para construcción, así como su modo de uso antiguo, están poco estudiados. Un grupo de tepetates muy estudiado por la comunidad científica son los que se localizan en el Valle de México y Tlaxcala, y justo en esos lugares predomina el tepetate tipo fragipan (Etchevers et al., 2006). La secuencia más amplia de los tepetates tipo fragipan fue descrita en la parte norte del Estado de Tlaxcala, en barranca de Tlalpan (Hessmann, 1992; Sedov et al., 2009).

En el mismo Estado de Tlaxcala, con la finalidad de conocer la vida cotidiana de las personas que habitaron la zona arqueológica de Xochitecatl-Cacaxtla, las investigaciones

arqueológicas tuvieron como objetivo la exploración de las unidades habitacionales, mismas que fueron reportadas por García Cook y su equipo en los años setentas con la clave T 244 de la sub-área del Bloque Xochitecatl-Cacaxtla-Nopalucan o también denominado “Las Mesas” (Abascal, 1976)

La necesidad de investigar los espacios habitacionales está sustentada en el sentido de que es en ellos donde acontece el día a día de sus habitantes, se definen, transmiten y perpetúan los valores culturales y conocimientos a través de una variedad de actividades domésticas y rituales. Asimismo los espacios habitacionales son las unidades primarias de producción, almacenamiento y consumo a través de las cuales es posible determinar los niveles de especialización de actividades, el grado de desarrollo de las fuerzas productivas, relaciones de filiación, etcétera (Flores, 2007). Es el espacio habitacional la unidad primaria y fundamental en donde se reproduce a sí misma la sociedad y en el que es posible determinar los contrastes entre los estratos sociales.

Los materiales que usaba la gente para construir sus espacios habitacionales fueron tepetates, obtenidos en la mismo área cerca de donde vivían, materiales de construcción que conformaron los alineamientos y cimientos de las casas y viviendas de los grupos agroartesanales de Xochitecatl-Cacaxtla.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue corroborar si los materiales de construcción de los espacios habitacionales prehispánicos realmente eran tepetates, comparando los con los tepetates originales de la barranca de Tlalpan. La micromorfología conforma uno de los métodos principales para el estudio pedogenético de los paleosuelos y secuencias sedimentarias. Las observaciones microscópicas permiten detectar los rasgos de los procesos pedogenéticos y garantizan el diagnóstico adecuado de los paleosuelos.

3. CONTEXTO DE LAS MUESTRAS

Para analizar las propiedades de los tepetates naturales, el trabajo del campo se hizo en el Estado de Tlaxcala, en la barranca de Tlalpan, cerca de la población Santiago de Tlalpan. El lugar está en 2615 m sobre nivel del mar, en un bloque elevado del Eje Neovolcánico Central (figura 1).

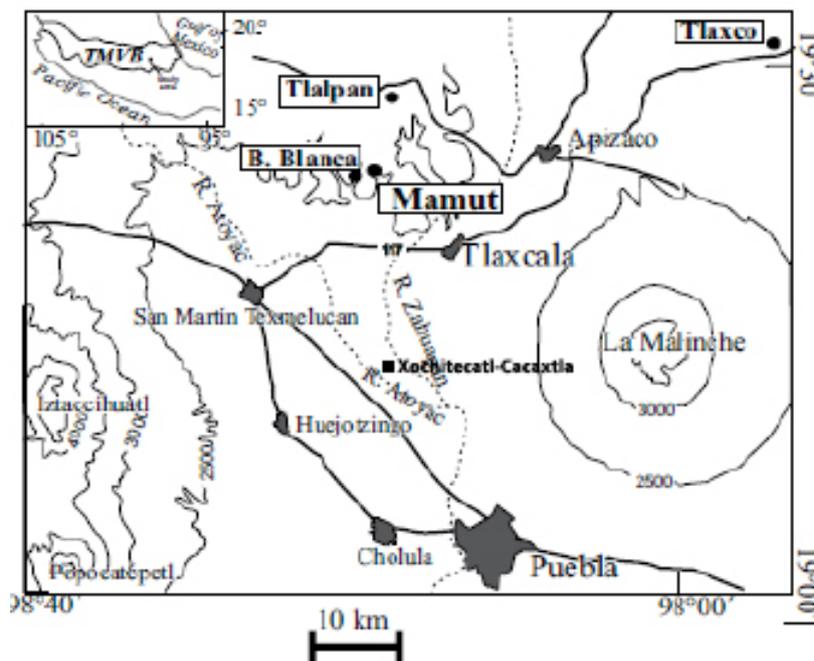


Figura 1. El mapa del área de estudio, Estado de Tlaxcala (Sedov et al., 2009)

En actualidad el clima en esta área es sub-húmedo, la temperatura media es 13°C, la precipitación actual es 600–700 mm (García, 1988). La vegetación original de la zona son los bosques de encino, pero la zona del estudio ha sufrido la ocupación agrícola, lo que provocó la formación de una barranca de unos 15 metros de profundidad.

Se estudiaron los tepetates de la parte superior de la secuencia Tlalpan que se encuentran en la superficie en varios lugares de la zona y se utilizan actualmente para la construcción rural. En particular se analizaron las capas endurecidas de la Unidad Gris, la que en total tiene 2,6 m de profundidad y se conserva en unos cerros aislados por alta erosión, y el tepetate superior de la Unidad Parda. El perfil tiene varios suelos, entre los cuales hay dos capas de los tepetates grises y subyacente se encuentra el tepetate pardo. En el campo se hizo una descripción detallada del perfil y se tomaron muestras para el análisis micromorfológico.

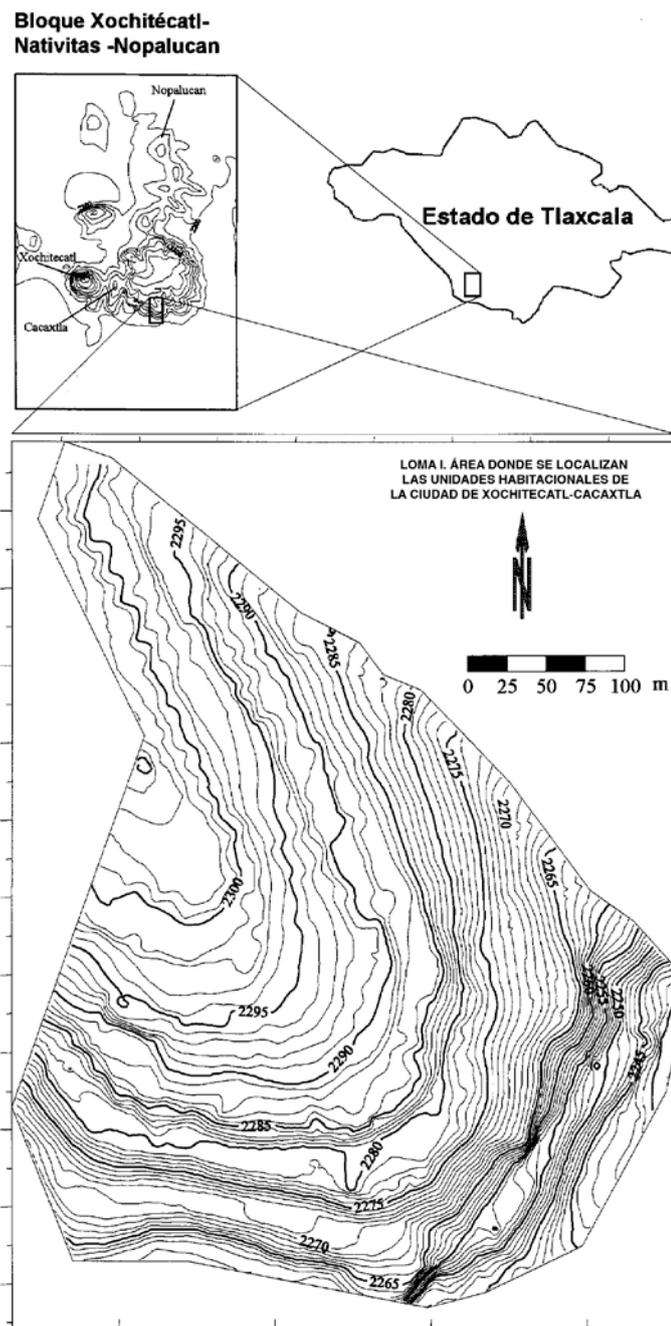


Figura 2. El mapa de área de estudio, Xochitécatl, Estado de Tlaxcala (Serra; Lazcano, 2011)

Para el caso de los conjuntos habitacionales de Xochitécatl-Cacaxtla (figura 2) y en específico para aquellas pertenecientes al periodo formativo (400 a.C - 200 d.C) de la fase denominada Zahuapan (Serra; Lazcano, 2011) no mostraron diferencias notorias en tamaño, materiales empleados y ubicación. La distribución consistía en casas alineadas a lo largo de los terracedos. Es necesario señalar que el asentamiento prehispánico con sus estructuras principales y unidades habitacionales se encuentra ubicado en la cima de un promontorio en forma de "L" invertida, en cuya periferia hay terracedos que en la actualidad todavía se usan como parcelas agrícolas. A diferencia de lo hallado en las unidades habitacionales del periodo Epiclásico (650-950 d.C.), las casas formativas no presentaron diferencias estructurales significativas, ni mejores acabados o mayores dimensiones entre aquellas localizadas en las partes más elevadas de los terracedos con relación a las que se encontraban en lugares más bajos (Serra; Lazcano, 2011).

Sin embargo, una edificación relevante debido a su forma, constitución y dimensiones, denominada "la casa de la alfarda", se localizó en la terraza VIII. Se trata de una gran construcción anexa a un patio, así como a un espacio con techo sostenido por postes. El patio tenía piso compuesto por tres capas: la primera de tepetate pulverizado y apisonado, la segunda de tierra de grano pequeño y la tercera de arcilla blanca. La estructura principal no presentó buena conservación, se piensa formó parte de una edificación mayor de unos 8 metros de alto que en los años 1970 todavía existía exactamente en el mismo lugar. Una alfarda elaborada con piedras en forma de lajas que eran sostenidas por una alineación conformada por tepetates careados, daba su forma principal con un ancho máximo de 50 cm. Hacia su lado sur todavía fue posible detectar dos alineaciones de peldaños, cuyo relleno también era de tepetates. Al norte se halló un talud y una pequeña cornisa adosada, ambos cubiertos aplanados de barro.

En la parte de superior, a un lado de la alfarda, se localizó la extensión del piso ya descrito, que en su extremo norte terminaba por hallarse una pequeña banqueta, también recubierta con barro, lo cual conformó un segundo patio. Debido a la extensión y rasgos del espacio construido, así como a los elementos asociados, como entierros, calidad de vasijas y composición de las ofrendas, se considera una construcción de un grupo jerárquico que se encargaba de la administración de los bienes básico (agrícolas) que se obtenían en las inmediaciones de las casas localizadas en las terrazas y de los bienes y recursos logrados en las zonas bajas, ya en la planicie que constituye el valle Puebla-Tlaxcala (Serra; Lazcano, 2011) (figura 3).

Como se ha señalado, las unidades habitacionales comunes del periodo formativo no tuvieron grandes diferencias, los casos que se excavaron mostraron dimensiones y acabados similares. En la terraza IV, se halló una en mal estado de conservación, pero sin lugar a dudas mostró los elementos básicos constructivos: alineaciones de bloques de tepetate unidos o cementados con barro, estos como cimientos, recubrimiento de tierra apisonada (tepetate molido). Las paredes se elaboraron bajareque constituido por grandes ramas de árbol unidas y cubiertas de barro. En cada esquina de la casa se ubica una oquedad, huella de poste que soportaba la techumbre.

La casa de la terraza IV tuvo un tamaño de 6 metros de largo por 4 metros de ancho con una sola línea de tepetates amorfos como cimiento, tepetates de aproximadamente 30 a 40 cm de grosor unidos firmemente con barro. No se apreció una zanja que sirviera como base a los tepetates de cimentación, estos están dispuestos directamente sobre el tepetate natural. En el interior de la habitación se extendía un piso de tierra muy bien compactado y se tuvo la presencia de un fogón delimitado también por tepetates en cuyas paredes se mostraba la huella y la coloración de exposición al fuego. Caso interesante en esta unidad habitacional, fueron los tres elementos asociados en su exterior: dos hornos y una fosa troncocónica, todos ellos excavados en el tepetate natural a una profundidad aproximada de 1,20 m. En la troncocónica o zona de desecho se hallaron grandes cantidades de cerámica perteneciente al periodo formativo medio y terminal. Por los elementos asociados y estudios posteriores se le denominó la casa de los mezcaleros (Serra; Lazcano, 2011).

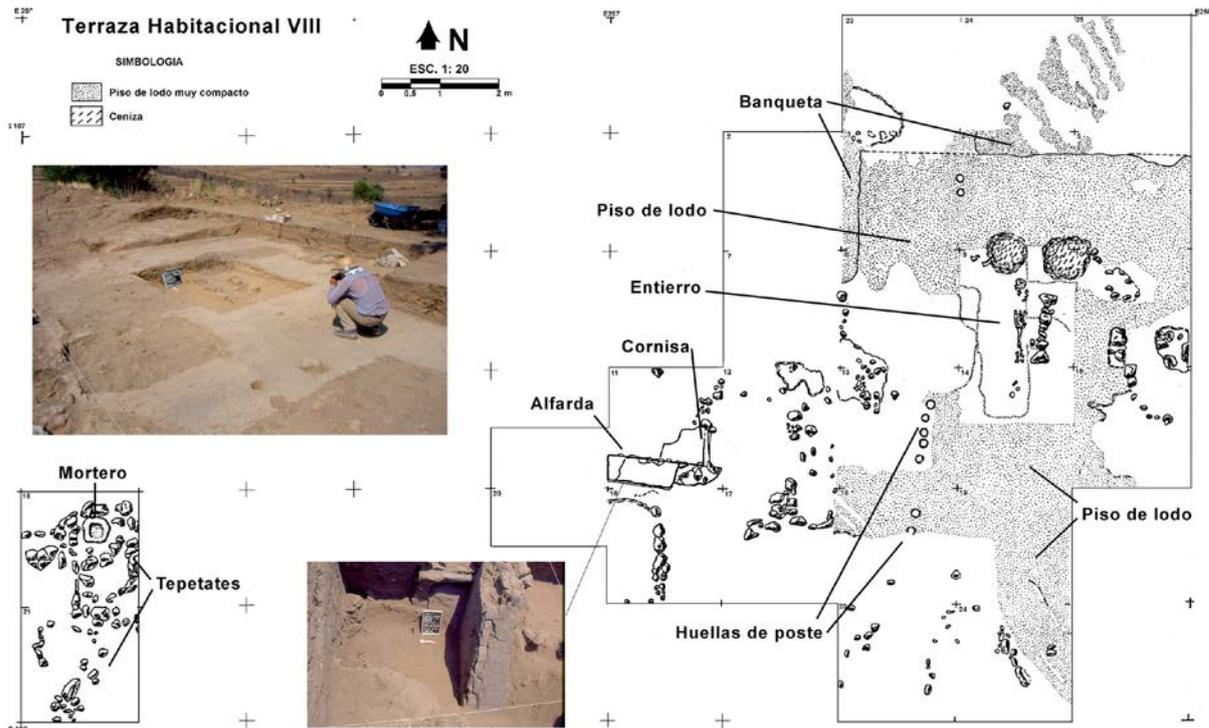


Figura 3. El esquema de la terraza Habitacional VIII (Serra; Lazcano, 2011)

En la terraza V se hallaron dos casas, de las cuales una se excavó de manera extensiva. A diferencia de lo hallado en la terraza IV, los cimientos de la casa V estuvieron conformados por dos y hasta tres líneas de tepetates amorfos muy bien cimentados con barro. Un aspecto sumamente interesante es que en cada esquina de la habitación entre los propios cimientos de tepetates, fue depositado un plato del tipo blanco espiral y que fue “matado” con un orificio en el centro, a manera de ofrenda al inicio de la construcción. Al interior, un piso muy bien conservado de tierra cubrió toda la habitación. En la zona sureste estaba un fogón conformado por cuatro tepetates alargados a manera de lajas y los residuos de madera carbonizada (figura 4.)

Un patio abierto y a su alrededor los cimientos de tepetate de tres habitaciones fue el hallazgo principal en la terraza VII. El patio se encontraba delimitado por dos muros de tepetate que en su parte exterior todavía presentaban un recubrimiento de barro y en la parte inferior un “chaflán” que unía el piso de tierra con el muro que tuvo una altura que oscilaba entre 40 y 50 cm de alto. Al interior del patio se hallaron dos entierros en mal estado de conservación. A diferencia de otras unidades habitacionales, esta área tuvo dos momentos constructivos; en la primera todavía se lograban ver los alineamientos de tepetates que conformaron una unidad habitacional, pero la gran mayoría de ellos se encontraron removidos por el trabajo agrícola actual. La segunda etapa es la definida con el patio. Cabe destacar que en el lado sur, a solo dos metros de distancia del pátio, se halló un muro de tepetates muy bien consolidado y cuya profundidad era de por lo menos 2 metros, sin que se encontrara el desplante original. Este hallazgo permitió establecer la presencia de una gran plataforma, toda ella delimitada con muros de tepetate (Serra; Lazcano, 2011).

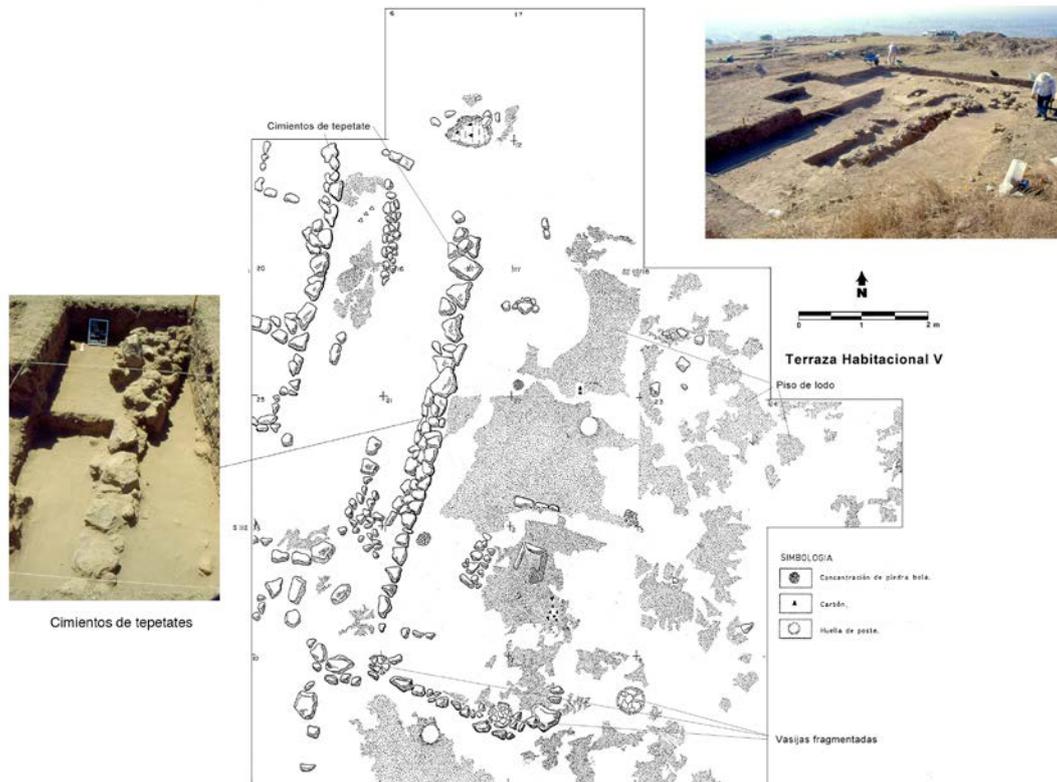


Figura 4. El esquema de la terraza Habitacional V (Serra; Lazcano, 2011)

Sobre la plataforma se tenía el patio abierto y en su alrededor las habitaciones con muros de tepetate. Las dimensiones no fueron muy grandes, dado que se tuvo un largo de aproximadamente 6 metros por 5 metros de ancho. Cada tepetate estuvo unido por barro y todos ellos fueron amorfos de aproximadamente 40 a 50 cm de circunferencia.

En las terrazas I y II se realizó el hallazgo de un alineamiento de tepetates cementados y asociado a un piso de tierra. El alineamiento tuvo una orientación este-oeste y un largo de aproximadamente 3 metros. Fuera del piso de tierra, muy cerca del alineamiento, se halló un horno hecho en el tepetate natural. Tuvo una profundidad de aproximadamente 1.50 m y en su interior tuvo una gran cantidad de piedras bola quemadas. Asimismo fue posible observar que las paredes estuvieron expuestas a un calor intenso y en varias secciones todavía se encontraron residuos de orgánicos en su interior. Se considera que es un contexto muy similar al hallado en la terraza IV, es decir, una habitación asociada a un horno para cocer las piñas de maguey (figura 5).

Aparte de las muestras de tepetates de la barranca de Tlalpan, se realizaron estudios edafológicos de láminas delgadas de los tepetates constructivos de las unidades habitacionales localizadas en las terrazas IV, V y VIII, específicamente de aquellas provenientes de los alineamientos que conformaron los cimientos, esto con la finalidad de conocer su composición y establecer un ámbito comparativo. La descripción micromorfológica en todas las muestras se realizó utilizando el microscopio petrográfico y siguiendo el esquema y terminología propuestos por Bullock et al. (1985)

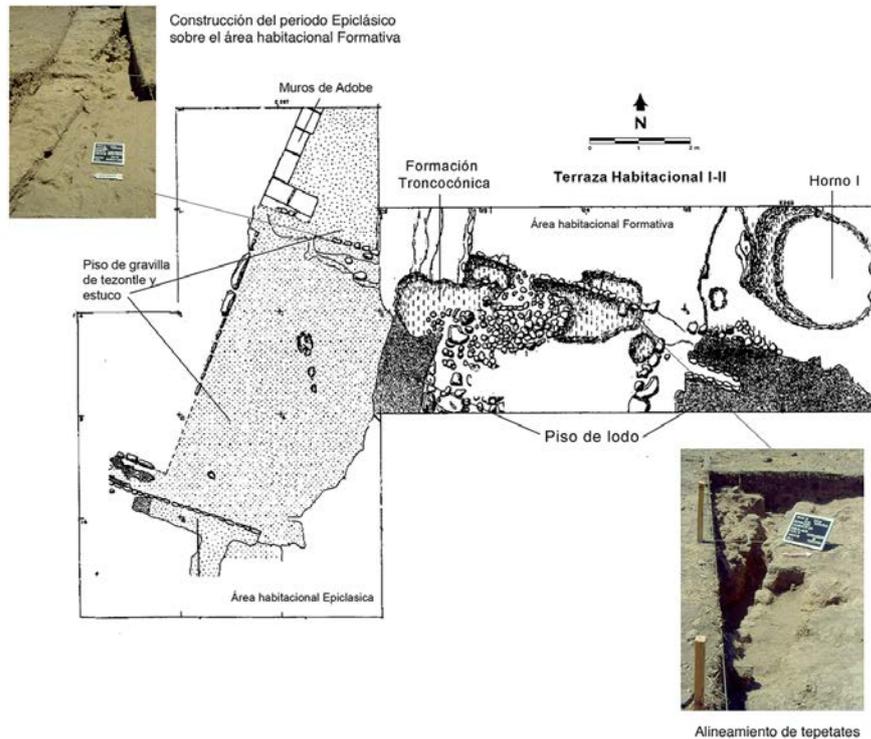


Figura 5. El esquema de las terrazas habitacionales I y II (Serra; Lazcano, 2011)

4. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

4. 1 Tepetates naturales

En la superficie está un regosol technic moderno. Luego se encuentra un paleosuelo, que en el artículo de Sedov et al. (2009) está marcado como TX1 y tiene nódulos de carbonatos en la parte baja del perfil. Luego hay la primera capa de tepetate gris (TG1), luego un paleosuelo con propiedades vérticos (TX2 en Sedov et al., 2009), que cubre otra capa del otro tepetate gris (TG2). Bajo este se encuentra la primera capa del tepetate pardo (TP1). Se supone que el tepetate pardo es un análogo más cercano de los tepetates que se usaban en construcciones de tierra.

Descripción macro- y mesomorfologica del perfil Tlalpan:

0-1 cm Restos de vegetación

1-20 cm – Au: gris, friable, seco, los raíces verticales y horizontales, poros de restos orgánicos descompuestos, estructura de bloques de 10-15 cm con tendencia a prismática, grietas entre bloques, poros (2 mm), túneles de los insectos (figura 6a), muchas raíces, duro, limo arenoso, el límite de horizonte ondulado, se nota por cambio de colores, muchos artefactos cerámicos y obsidianas.

20-36 cm – AB: gris oscuro, seco, pocas raíces grandes de arbustos (1 cm), muchos raíces delgadas, más grietas horizontales, poros delgados (pocos), raíces poco descompuestas, limo arenoso, duro, friable, estructura de los bloques angular, el límite ondulado, se nota por el cambio de colores.

36-50 cm – 2A: estructura granular (1 cm), concreciones, los restos de raíces poco descompuestas, películas arcillosas sobre las caras de agregados, raíces delgadas, las grietas delgadas horizontales y verticales, poros delgados (pocos), friable, duro, limo arenoso, el límite tiene topografía suave se nota por el cambio de la estructura.

50-55 cm - 2AB: estructura bloco a subangular, los bloques son de tamaño más de 2 cm), seco, concreciones de Fe-Mn, restos de raíces poco descompuestas, películas arcillosas sobre las caras de agregados, raíces delgadas, grietas delgadas horizontales y verticales, los poros delgados (pocos), friable, duro, el gris más oscuro que el superior, limo arenoso, el límite difuso, no se nota bien.

55-80 cm – 2B: gris, concreciones de Mn, estructura de bloques masivos, fresco, muchos poros horizontales (0,5 cm), poros delgados, raíces poco descompuestas, el límite ondulado, se nota por el cambio de color.

80-130 cm – 2Bk: gris, por las caras de bloques, dentro de bloques pardo-gris, lenguas de arcilla en las grietas delgadas, concreciones de Ca (2 cm), de Fe-Mn (2 mm), raíces sobre las caras de los bloques, estructura prismática, grietas verticales, limo, poros delgados, el límite plano, se nota por el color y la estructura.

130-175 cm – TG1: se parece a [Bk], pero tiene pocas concreciones de Fe-Mn (figura 6b), no tiene concreciones de Ca, fresco, más pardo sobre las caras, estructura prismática/columnar, pero los bloques dentro del cerro menos separados, las grietas más delgadas, los raíces sobre las caras, el límite plano, se nota por el cambio de color.

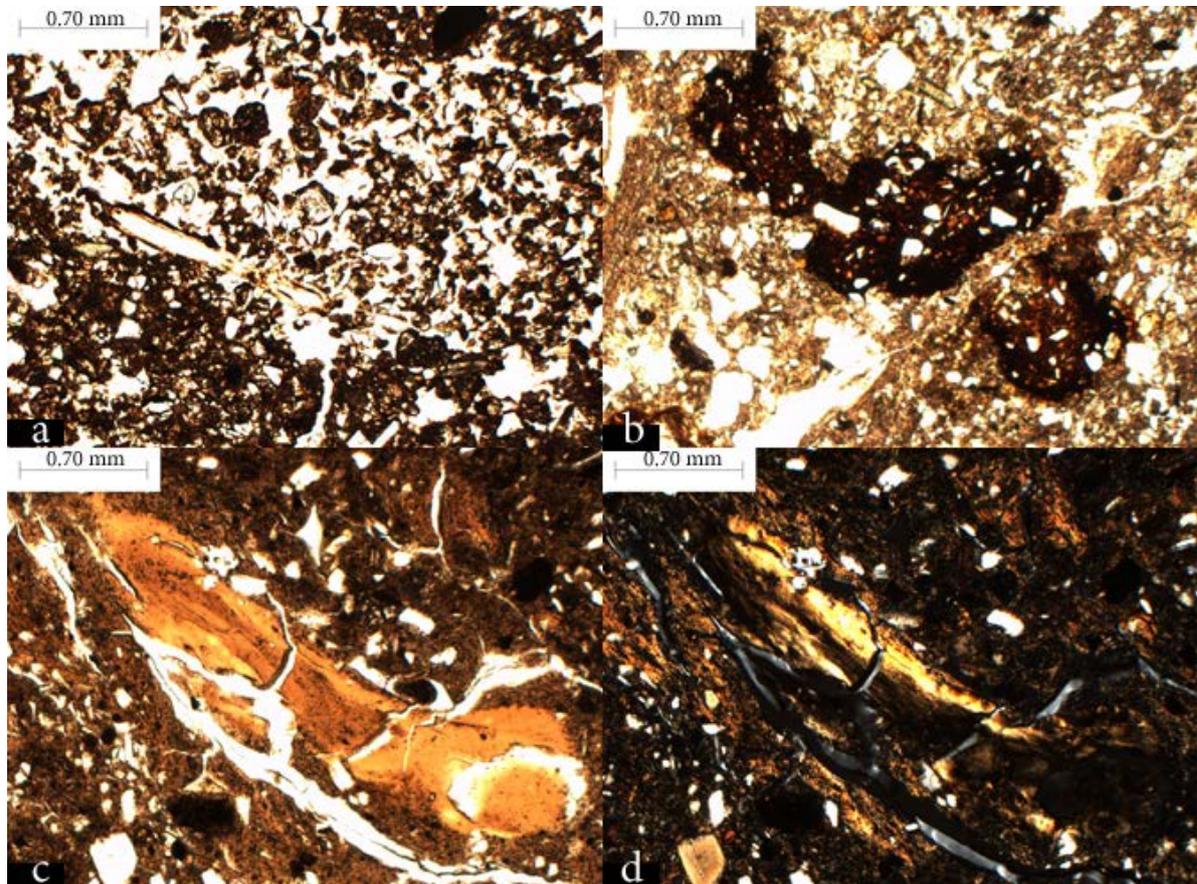


Figura 6. Microfotografías con nicols cruzados de los rasgos edáficos de las muestras del perfil de paleosecuencia con los tepetates naturales: a) coprolitos, estructura biogénica en el horizonte superficial; b) concreciones de hierro en tepetate TG1; c) cután de iluviación en el tepetate TP1; d) cután de iluviación en el tepetate TP1 (crédito: L. Pogosyan)

175-191 cm – 3Bss1: gris-pardo-negro, húmedo, limo arcilloso, muchos *slickensides* en la parte baja, estructura de los bloques angular, raíces delgadas sobre las caras, muchas manchas de Fe-Mn sobre las caras.

191-240 cm – 3Bss2: gris-pardo-negro, húmedo, limo arcilloso, muchos *slickensides*, la estructura angular de los bloques es más clara, raíces delgadas sobre las caras, muchas manchas de Fe-Mn sobre las caras.

240-250 cm – TG 2: gris-pardo sobre las caras, fresco, limo, las manchas de Fe-Mn, compacto, estructura masiva, con los bloques columnares en la orilla.

250-260 cm – TP1: pardo, frasco, grietas verticales (1-2mm) (en el tepetate TG1 había mucho más!), cutanes sobre las caras y por los túneles de los raíces, cutanes de iluviación, limoso (figura 6 d,c), no tiene raíces.

4.2 Tepetates arqueológicos

Después de analizar el perfil de los tepetates y paleosuelos naturales, se realizó el análisis de tres muestras del material de construcción de las unidades habitacionales de Xochitécatl-Cacaxtla.

Una gran parte de la muestra 9258 perteneciente a la terraza VIII está conformada por un fragmento de basalto poroso (figura 7a) que tiene típica estructura petrográfica de una roca efusiva: en la matriz oscura vitrificada están inmersos múltiples cristales alargados de plagioclasa y pocos granos de olivina. En algunas zonas se observa la orientación subparalela de las plagioclasas que marcan dirección del flujo de lava. Material suelto anexo a este fragmento de roca tiene composición arena-limo-arcillosa y demuestra en algunas zonas estructura granular y de bloques. Muestra 9637, obtenida de la terraza V, consiste de una matriz de mineral arena-limo-arcillosa con varias partículas de carbón – fragmentos vegetales quemados (figuras 7b y 7c). Esas partículas tienen color negro y una estructura celular del tejido vegetal bien conservada. También se observaron poros alargados aislados que supuestamente marcan espacios ocupados por los fragmentos vegetales, posteriormente descompuestos. En la muestra 9446 de las terrazas I y II, presenta material afectado por fuego se observaron poros grandes con rellenos de agregados coprogénicos – productos de actividad de mesofauna (figura 7d).

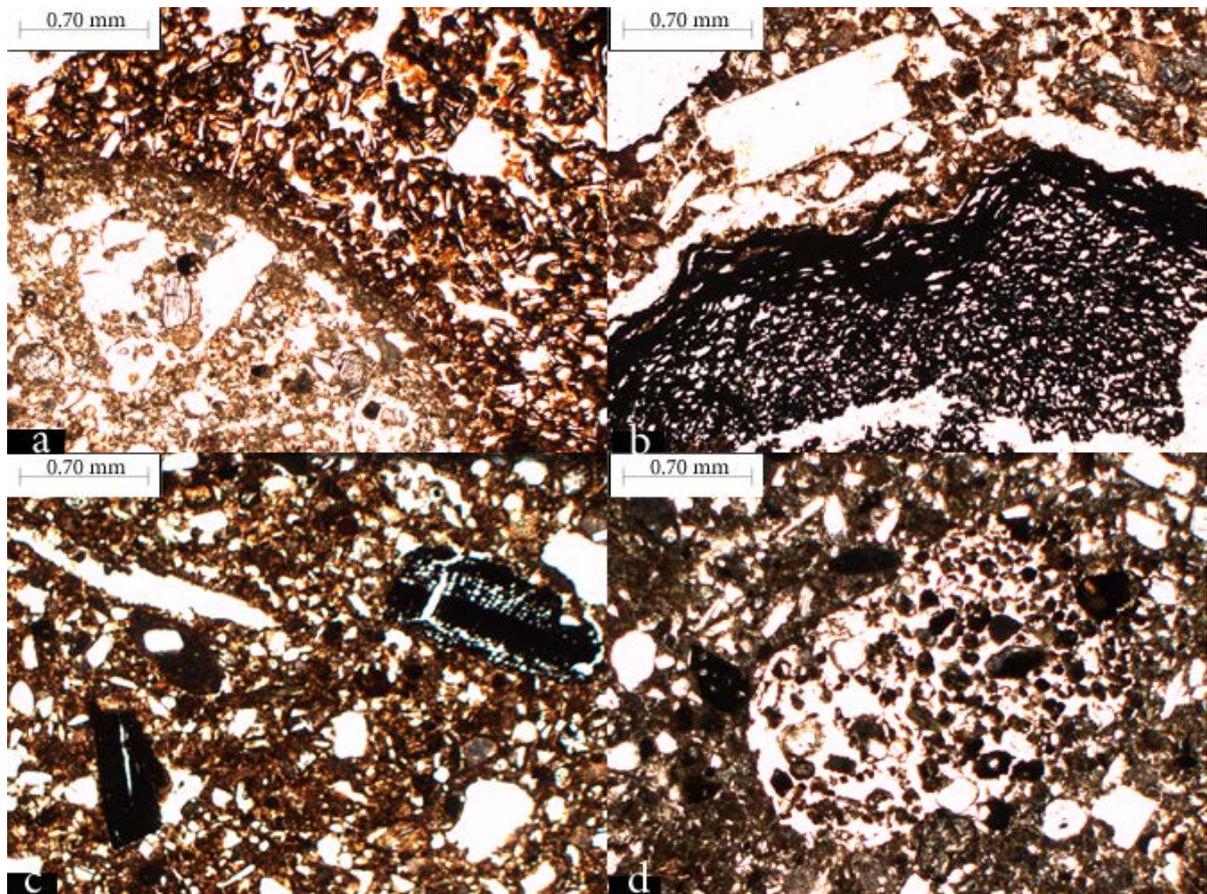


Figura 7. Microfotografías de las laminas delgadas de las muestras de los tepetates de las unidades habitacionales: a) basalto y el borde de su contacto con material edáfico; b) carbono; c) carbonos y los poros alargados (probablemente de origen de los restos vegetales descompuestos); d) coprolitos, estructura biogénica en la muestra quemada (crédito: L. Pogosyan)

Esos rasgos se encontraron tanto en la parte no afectada por fuego, como en la parte quemada. En las muestras de los contextos habitacionales no están presentes los cutanes de iluviación, típicos para los tepetates, de lo que concluimos, que ninguna de las muestras arqueológicas era tepetate. Se concluye que los materiales de construcción, aunque a simple vista se parecen a los tepetates, en realidad no pertenecen a materiales endurecidos naturales, sino son materiales edáficos procesados, donde se anexaron componentes vegetales y fragmentos de piedra volcánica.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Sin lugar a dudas, desde el inicio de la actividad constructiva en Xochitécatl-Cacaxtla, el tepetate fue el material más empleado en la construcción tanto del centro ceremonial como de las unidades habitacionales que se ubican en las terrazas señaladas. La gente que habitó las viviendas, no solo uso el tepetate para los cimientos de las casa, sino también para los rellenos de los edificios principales y para la conformación de plataformas. Aun queda para este periodo inicial del Formativo establecer las áreas de abastecimiento de esta materia prima.

Sin embargo, y virtud de que no se corrobora la presencia de tepetate en los materiales constructivos de las unidades habitacionales, es necesario realizar muchas más pruebas de diagnóstico, dado que los estudios micromorfológicos y petrográficos no solo permiten conocer las características edafológicas sino que también son muy importantes para detectar la procedencia de los materiales de construcción de tierra y reconstruir sus cadenas tecnológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal, R. (1976). La arqueología del suroeste de Tlaxcala. Comunicaciones, no. 2, Proyecto Puebla-Tlaxcala. Puebla, México: Fundación Alemana para la Investigación Científica
- Bullock, P.; Fedoroff, N.; Jongerius, A.; Stoops, G.; Tursina, T.; Babel, U. (1985) Handbook for soil thin section description. Wolverhampton, Gran Bretaña: Waine Research Publications.
- Etchevers, J. D.; Hidalgo, C.; Prat, C.; Quantin, P. (2006). Tepetates of Mexico. En *Encyclopedia of Soil Science*: New York, USA: Marcel Dekker, p.1745–1748.
- Flores, J. A. (2007). Patrón de asentamiento e inferencia social. Una propuesta metodológica para la construcción de inferencias sociales. México, México: Escuela Nacional de Antropología e Historia
- Flores-Román, D.; Alcalá-Martínez, J. R.; González-Velázquez, A.; Gama-Castro, J. E. (1992). Suelos con fragipán de origen volcánico en clima semicálido y subhúmedo, el caso del Noreste del estado de Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 10 (2), 151-163.
- García, E. (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.
- Hessmann, R. (1992). Micromorphological investigations on “tepetate” formation in the “toba” sediments of the state of Tlaxcala (Mexico). *Terra*. 10, 145–150.
- Nimlos, T. J.; Hillery, P. A. (1990). The strength/moisture relations and hydraulic conductivity of Mexican tepetate. *Soil Science*, 150: 425-430.
- Sedov, S.; Solleiro-Rebolledo, E.; Terhorst, B.; Solé, J.; Flores-Delgado, M. L.; Werner, G.; Poetsch, T. (2009). The Tlaxcala basin paleosol sequence: a multiscale proxy of middle to late Quaternary environmental change in central Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26(2), 448-465.
- Serra P.; M. C.; Lazcano A.; J. C. (2011). Vida cotidiana. Xochitecatl-Cacaxtla, días, años, milenios. México, México: Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM, vol. 1
- Werner, G. (1992). Suelos volcánicos endurecidos (tepetates) en el estado de Tlaxcala: distribución, rehabilitación, manejo y conservación. *Terra*. 10: 318-331.

AGRADECIMIENTOS

Lilit Pogosyan agradece a CONACyT por la beca de doctorado 51849333-2. El trabajo de campo en el Estado de Tlaxcala fue soportado a través del proyecto PAPIIT IN 106616 "Paleoecología, transformación biótica y desarrollo cultural durante el Pleistoceno tardío e inicio del Holoceno: un enfoque paleopedológico". ¿Agradecimiento a apoyo a proyecto arqueológico?

AUTORES

Lilit Pogosyan, estudiante de doctorado en Ciencias de la Tierra en el Instituto de Geología de la UNAM. Estudió la edafología en Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Estatal de Moscú, Rusia. Su trabajo de investigación es sobre la génesis de suelos en diferentes zonas climáticas.

Carlos Lazcano Arce, doctor en Ciencias de la Antropología, profesor investigador de tiempo completo en la Instituto de Investigaciones Antropológicas. Se especializa en economía y política de sociedades clasistas iniciales, identidad y teoría arqueológica, estudios etnoarqueológicos.

Sergey Sedov, doctor en biología egresado de la Universidad Estatal Lomonosov de Moscú/Rusia, investigador del Instituto de Geología, UNAM, desarrolla la línea de investigación paleopedológica en México.