MATERIALES EDÁFICOS EN LA ARQUITECTURA DE TIERRA: REGISTRO DE AMBIENTE Y ACTIVIDAD HUMANA ANTÍGUA

Sergey Sedov[1]; Alexandr Alexandrovskiy[2]

[1]Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, serg_sedov@yahoo.com

[2]Instituto de Geografíia, Academia de Ciencias Rusa, Moscú, Rusia, alexandrovskiy@mail.ru

Palabras clave: memoria edáfica, paleosuelos, micromorfología, tell, kurgan

Resumen

Los edificios de tierra se construyen con materiales de horizontes de suelos desarrollados anteriormente sobre la superficie terrestre. Cuando esos suelos se sepultan abajo y dentro de los rellenos, esos edificios contienen "la memoria edáfica" del paisaje y la ocupación humana antigua. Se presentan los registros paleopedológicos de las condiciones ambientales e impacto humano antíguo encontrados en las construcciones de tierra de diferentes intervalos cronológicos y regiones geográficas: *tells* construidos desde epipaleolítico en Mediterráneo oriental, montículos funerarios (*kurgans*) de la Edad de Bronce en el Cáucaso, una pirámide de la época Clásica en el centro de México. La micromorfología fue utilizada como el método principal para detectar los procesos edafogenéticos antiguos. Los suelos sepultados bajo *kurgans* indican cambios ambientales contrastantes en Eurasia durante el Holoceno medio-tardío. Las láminas delgadas del *tell* demuestran alta presencia de componentes antrópicos domésticos así como materiales de construcción diferentes de los suelos locales. Materiales edáficos en rellenos de la pirámide de Teotihuacan tienen razgos de uso agrícola, que implica destrucción masiva de la cubierta edáfica en el transcurso de la construcción. Para la interpretación correcta de las propiedades de paleosuelos sepultados y edafosedimentos de los rellenos es necesario discriminar entre los rasgos de edafogénesis antigua y los procesos diagenéticos posteriores a la construcción.

1. INTRODUCCIÓN

Arquitectura de tierra es una de las prácticas de construcción más antiguas. Su desarrollo fue promovido por la "revolución neolítica" y el desarrollo de las culturas agrícolas sedentarias, el cual inició en Asia Occidental hace más de 10000 años. En muchos casos la materia prima para las construcciones de tierra proviene de la cubierta edáfica de los alrededores inmediatos del área de construcción. En la percepción de un geo científico, esas construcciones representan unas geoformas artificiales formadas por edafosedimentos (materiales de suelos redepositados) generados por procesos de deposición antrópica. Esto justifica que los edificios de tierra representen múltiples objetos de estudio para la ciencia del suelo (edafología) porque: 1) abajo de los edificios se encuentran suelos sepultados que se formaron en la superficie terrestre antes del proceso constructivo; 2) los materiales de las construcciones provienen de suelos y fueron afectados por los procesos edafogenéticos antes de ser utilizados como la materia prima; y 3) los edificios como cualquier geoforma natural o artificial están afectados por la edafogénesis que se desarrolla en su superficie al terminar el proceso de construcción y sobre todo - después del abandono.

El paradigma central de la edafología (paradigma de Dokuchaev - Jenny) define al suelo como un cuerpo natural que se forma en la superficie terrestre bajo control de los siguientes factores-formadores: clima, vegetación, material parental geológico, relieve y tiempo (duración de edafogénesis) (Jenny, 1994). El factor antrópico se incorporó con los factores naturales teniendo un impacto creciente. Esos factores controlan la formación de los suelos, por medio de su influencia en los tipos e intensidades de los procesos edafogenéticos, tales como acumulación de materia orgánica, transformación de los componentes minerales, migración de sustancias dentro del perfil, entre otros. Esos procesos son responsables de las propiedades morfológicas, físicas y químicas de los suelos. Los diferentes procesos edafogenéticos y las propiedades edáficas correspondientes, tienen velocidades y tiempos

característicos distintos, que varian entre años (por ejemplo, formación de estructura) hasta cientos de miles de años (intemperismo profundo ferralítico) (Targulian; Krasilnikov, 2007). Cabe señalar que la edad de muchos edificios de tierra antiguos (miles de años) es comparable con los tiempos característicos de varios rasgos edáficos de formación rápida y mediana, que implica formación de suelos bastante avanzada sobre estos edificios.

La investigación edafológica de los edificios de tierra es importante en varios aspectos: para analisis de procedencia y calidad de la materia prima, para establecer el impacto de la construcción en la cubierta edáfica, para evaluar el bio-deterioro y diseñar la conservación de los edificios históricos. Entre otros, los estudios paleopedológicos y su utilización para reconstruir la historia ambiental presentan un mayor campo de oportunidades. La paleopedología - estudio de suelos antiguos - pretende resolver la tarea inversa: a través del estudio de las propiedades edáficas remanentes detectar los procesos edafogenéticos pasados, y por consiguiente reconstruir los factores ambientales que controlaron esos procesos. Esta capacidad de suelos formados bajo ambientes del pasado, de reflejar y guardar la información sobre estos ambientes (un registro paleoecológico), fue denominada la memoria edáfica (Targulian; Goryachkin, 2004).

La arquitectura de tierra proporciona materiales ricos para la investigación paleopedológica, dado que las propiedades de suelos sepultados abajo de edificios y de edafosedimentos dentro de los edificios traen información sobre el medio ambiente previo y sincrónico a la construcción, mientras que los suelos desarrollados en las superficies de edificios reflejan condiciones ecológicas posteriores.

El avance de la investigación paleopedológica es muy variable geográficamente. Un número grande de estudios está hecho sobre los paleosuelos de los montículos funerarios (*kurgans*) de estepa eurasiática que han hecho una contribución significativa a las reconstrucciones paleoclimáticas del holoceno (Khokhlova; Kuptsova, 2018). En los edificios de tierra más antiguos - *tells* de Asia occidental -los indicadores paleopedológicos se utilizaron para detectar el impacto antrópico (Stoops; Nijs, 1986). En Mesoamérica los estudios de este carácter todavía son muy escasos.

2. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Detectar e interpretar los elementos de la memoria edáfica en la arquitectura de tierra antigua en diferentes contextos geográficos, cronológicos y culturales.

1.2. Objetivos particulares

a. Extraer el registro paleopedológico de los procesos edafogenéticos y cambios ambientales holocénicos de los suelos de los montículos funerarios del neolítico en el Cáucaso noroccidental.

b. Examinar los indicadores de edafogénesis natural e impacto humano en los edafosedimentos del *tells* de la edad de bronce en Turquía y Bulgaria.

c. Establecer la procedencia y origen de los materiales edáficos en la Pirámide de la Luna, Teotihuacan, México.

3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

El planteamiento de los estudios paleopedológicos de los objetos de arquitectura de tierra se hace en coordinación estrecha con los proyectos arqueológicos.

En el campo se hace la descripción edafológica y muestreo de los cortes, generados en las construcciones antiguas en el transcurso de las excavaciones. En esta etapa los horizontes y rasgos edáficos identificados en los pozos se correlacionan con la estratigrafía y hallazgos arqueológicos. Para la interpretación adecuada y completa de los registros paleopedológicos

es sumamente importante, aparte de los rellenos de edificios, estudiar y tomar muestras de los siguientes objetos: a) los perfiles de suelos sepultados debajo de los edificios así como formados sobre los rellenos después de su construcción, y b) suelos de referencia, desarrollados en la superficie terrestre natural en los alrededores del sitio arquitectónico, para compararlos con los suelos del edificio.

En el laboratorio se hace el conjunto de análisis físicos, químicos y mineralógicos que contribuyen a la identificación de los procesos edafogenéticos antiguos. Se da prioridad a las características que no se transforman fácilmente por los procesos superficiales recientes y que, por lo tanto, guardan la "memoria edáfica", tales como: composición química total (elementos mayores y traza), composición granulométrica, mineralogía de arcilla y composición isotópica de la materia orgánica. Sin embargo, en esta investigación se presta mayor importancia a los resultados del método micromorfológico, el cual se ha considerado como el más relevante para la investigación paleopedológica en los contextos arqueológicos. El método consiste en el estudio de las láminas delgadas producidas de los bloques orientados con estructura inalterada, extraídos de los horizontes de suelos, edafosedimentos o rellenos y otros materiales de construcción. Para realizar las manipulaciones necesarias para la producción de los cortes delgados - cortado y pulimiento - las muestras se impregnan con resinas sintéticas. Las observaciones e identificación de componentes se realizan bajo microscopio petrográfico, siguiendo los esquemas y terminología desarrollados por Stoops (2003) y en español por Loaiza et al. (2015).

El método micromorfológico tiene las siguientes ventajas: 1) permite la identificación de los rasgos microscópicos de procesos edafogenéticos recientes o débiles; 2) hace posible detectar las evidencias de edafogenésis en los materiales deformados o redepositados, que frecuentemente es el caso de rellenos de edificios y 3) en caso de sobreposición de los resultados de varias fases de formación de suelo en un solo material (por ejemplo, procesos anteriores y posteriores a la construcción) facilita la discriminación entre los productos de diferentes fases. Los principios de aplicación de micromorfología de suelos a los estudios geoarqueológicos se describen con detalle en las monografías de Courty, Goldberg y Macphail (1989).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.3. Registros paleopedológicos del *kurgan* en el Cáucaso

En el pie de monte del Cáucaso noroccidental (500 - 700 metros sobre nivel del mar) se encuentran varios montículos funerarios (*kurgans*) de tierra que pertenecen a la cultura Maykop y cuya edad se establece entre 4800 y 5500 años antes del presente. Son unos de los más grandes conocidos en la región; miden hasta 180 m de diámetro y alcanzan 10 m de altura. Las excavaciones arqueológicas atravesaron todo el relleno de uno de *kurgans* cerca del poblado Novosvobodnaya y alcanzaron el paleosuelo sepultado abajo del edificio.

El perfil del suelo sepultado está conformado por el horizonte húmico Ahb obscuro (40cm), horizonte subyaciente transicional ABb y horizonte inferior cálcico Bkb con abundantes carbonatos neoformados. El relleno está conformado por el material oscuro rico en humus similar al horizonte Ahb sepultado (figura 1). En las láminas delgadas bajo microscopio petrográfico se observa una estructura granular bien desarrollada y alta porosidad generadas por actividad de la mesofauna edáfica (figura 2a). También en todos los horizontes de los suelos sepultados y en el relleno se observaron los nódulos y películas de óxidos de hierro neoformados (figura 2b).

Los suelos superficiales en los alrededores del sitio, así como el suelo desarrollado en la superficie actual del *kurgan* difieren mucho del paleosuelo sepultado. Su horizonte superior A es más delgado y de color más claro. Abajo se encuentran el horizonte eluvial pálido E, seguido por el horizonte pardo arcilloso iluvial Bt. Observaciones micromorfológicas demostraron que el horizonte A tiene estructura compacta y su pigmentación con humus no está uniforme: algunas áreas tienen color pálido y consisten principalmente de los granos

minerales (figura 2c). En los horizontes inferiores se detectan las películas (cutanes) de arcilla con colores de interferencia fuertes. Estos edaforasgos son abundantes y completos en el horizonte Bt, mientras que en E son escasos y fragmentados (figura 2d)

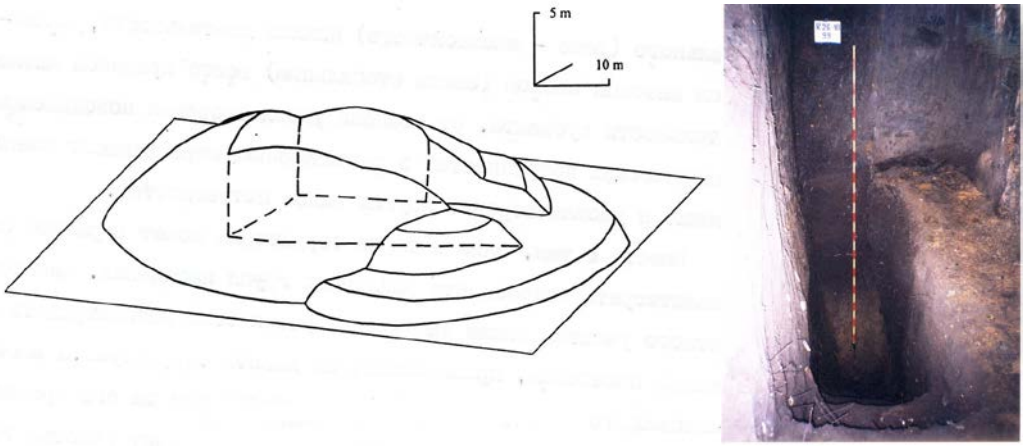

Figura 1. Esquema arqueológico de la excavación del *kurgan* en Novosvobodnaya; perfil de la parte inferior del relleno y de paleosuelo sepultado. (crédito: A. Alexandrovskiy, 1998)

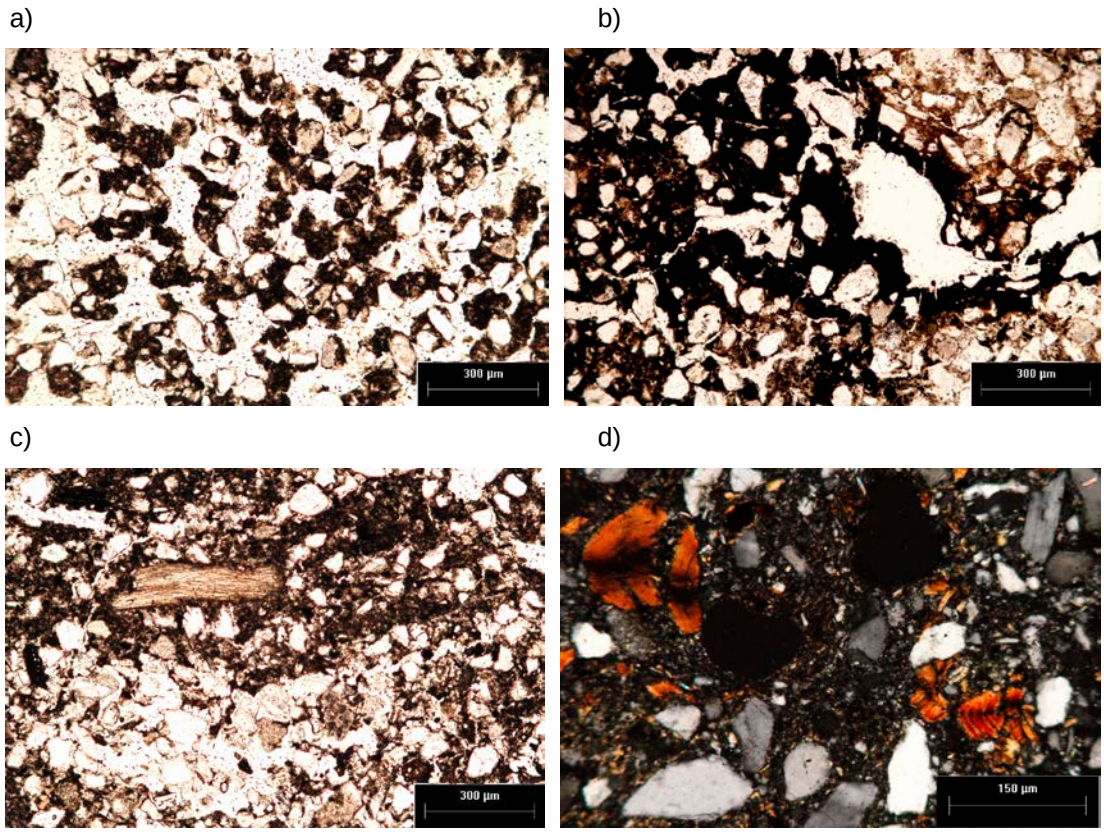

Figura 2. Micromorfología del paleosuelo sepultado (a,b) y suelo superficial (c,d) del *kurgan* en Novosvobodnaya: a) estructura granular biogénica, hor. Ahb, sin analizador; b) nódulos y películas de óxidos de Fe, hor. ABb, sin analizador; c) distribución heterogénea del humus, hor. A, sin analizador; d) fragmentos de cutanes arcillosos, horizonte E, nícoles X. (crédito: S. Sedov, 2018)

La gran diferencia del paleosuelo sepultado abajo del *kurgan* y el suelo actual tanto en la superficie terrestre natural como sobre el *kurgan*, refleja un cambio contrastante en las condiciones ecológicas durante del periodo posterior a la construcción. El suelo superficial se denomina como Luvisol, y está formado por los procesos de eluviación/iluviación típicos para el ambiente templado húmedo y la vegetación boscosa actual.

Por otro lado, el suelo sepultado que estaba en la superficie antes del momento de la construcción del *kurgan* pertenece al tipo Chernozem, como lo demuestran sus

característicos procesos de acumulación del humus obscuro, desarrollo de la estructura granular y carbonatación. Este tipo de suelo corresponde al clima semiárido y ambiente estepario, que existía en esta región hace 5000 años en la época de la cultura Maykop. La humidificación del clima y el avance de bosques ocurrió hace 4200 años (Alexandrovskiy; Sedov; Golyeva, 1999).

El relleno del *kurgan* fue construido utilizando el material del horizonte húmico Ah del Chernozem que estaba disponible en la superficie en el momento de la construcción. Sin embargo, este material no quedó intacto hasta actualidad. Fue afectado por los procesos diagenéticos después de la construcción. En particular, la neoformación de los óxidos de hierro marca procesos reductomórficos generados por el agua percolando desde la superficie. Otros procesos diagenéticos son la precipitación de yeso y la pérdida de la materia orgánica (Alexandrovskiy, Sedov; Shishkov, 2012).

1.4. Materiales y rasgos antrópicos en los rellenos de los *tells* del Mediterráneo

Los *tells* son los montículos artificiales formados en los asentamientos antiguos de ocupación larga, por acumulación de materiales de construcción y de restos domésticos. Son sitios arqueológicos típicos para la región Mediterránea oriental. Se estudiaron los materiales de uno de los *tells* más antíguos, del epipaleolítico (12.000 años antes de presente), cerca de Kurtik Tepe en sureste de Turquía (figura 3). En Bulgaria el *tell* cerca de Yunacite pertenece a la edad de bronce.

Figura 3. Tell en Kurtik Tepe/Turquía. (crédito: A. Alexandrovskiy, 2012)

En ambos casos las excavaciones atravesaron todo el relleno de los *tells* y alcanzaron el suelo sepultado natural. Es notorio que la mayor parte del material de los rellenos tiene características morfológicas - color y textura - diferentes al suelo sepultado (Sedov et al., 2017). Las observaciones micromorfológicas mostraron una estructura muy compacta y una composición arcillosa con abundantes carbonatos micríticos en el paleosuelo abajo del *tell* Kurtik Tepe (figura 4a). Al contrario, los rellenos contienen abundantes partículas silicatadas de arena interestratificadas con los carbonatos pirogénicos, carbón y materiales vegetales - fitolitos (figura 4b). En Yunacite también los rellenos consisten en los sedimentos diferentes del suelo sepultado, mezclados con los componentes antrópicos: carbón y huesos (figura 4c). En algunos horizontes de la parte media del relleno de este tell se observó una estructura granular edafogenética bien desarrollada (figura 4d).

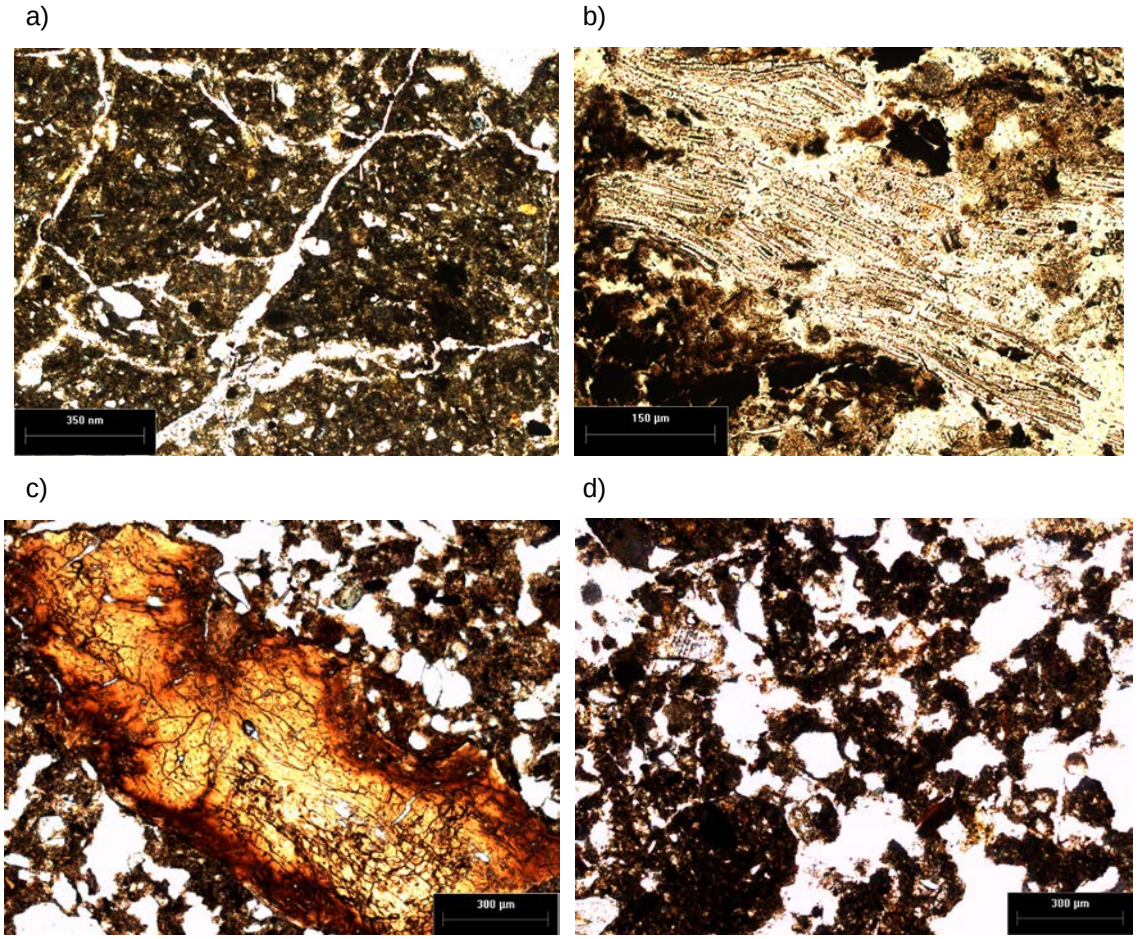

Figura 4. Micromorfología de los paleosuelos y rellenos de los *tells*: Kurtik Tepe (Turquía) (a,b) y Yunacite (Bulgaria) (c,d) a) estructura compacta del suelo sepultado, sin analizador; b) fitolitos alineados en el relleno, sin analizador; c) hueso quemado en el relleno, sin analizador; d) estructura biogénica en el suelo incipiente dentro del relleno, sin analizador. (crédito: S. Sedov, 2016)

La interpretación de los rasgos observados implica que los rellenos de los *tells* traen evidencias de los procesos antrópicos. Las partículas biogénicas refieren principalmente a las actividades domésticas. Los componentes minerales se derivan de los materiales de construcción. Cabe señalar que una gran parte de estos materiales no proviene de la cubierta edáfica de los alrededores, pero fue traída de unos yacimientos específicos más lejanos, según la comparación con el paleosuelo sepultado. El hallazgo del estrato edafizado dentro del relleno del *tell* indica abandono temporal y desarrollo del suelo en una superficie colonizada por las plantas. Posteriormente el *tell* fue reocupado por los habitantes y la acumulación de los edafosedimentos antrópicos continuó.

1.5. Construcción de las pirámides y destrucción de los suelos agrícolas en Teotihuacan

Teotihuacan se localiza en la parte noreste de la Cuenca de México. Es una de las ciudades más grandes de Mesoamérica antigua, ya que contaba con más de 125.000 habitantes (Millon; Drewitt; Cowgill, 1973). Su desarrollo ascendente durante varios siglos se terminó con una rápida decadencia y abandono del sitio alrededor del año 690 DC. El centro ceremonial de Teotihuacan que cuenta con fabulosos edificios como las pirámides del Sol, de la Luna y Templo de Quetzalcóatl, puede ser considerado como un sitio de arquitectura de tierra. A pesar de estar cubiertos con piedra y estuco, la mayor parte de los rellenos de dichos edificios consiste de los materiales edafosedimentarios provenientes de los suelos y sedimentos superficiales del fondo del valle de Teotihuacan.

En años recientes se realizaron excavaciones en el interior de la Pirámide de la Luna, por medio de túneles, los cuales dejaron al descubierto los materiales que fueron utilizados como relleno en cada uno de los siete edificios que constituyen el cuerpo de la pirámide (Sugiyama, 2004). Dentro de la pirámide de la Luna se tomaron muestras de rellenos correspondientes al túnel 3 del edificio 1 (figura 5). Los rellenos documentados presentan una textura arcillosa con contenidos variables de arena y tienen color obscuro entre gris y negro.

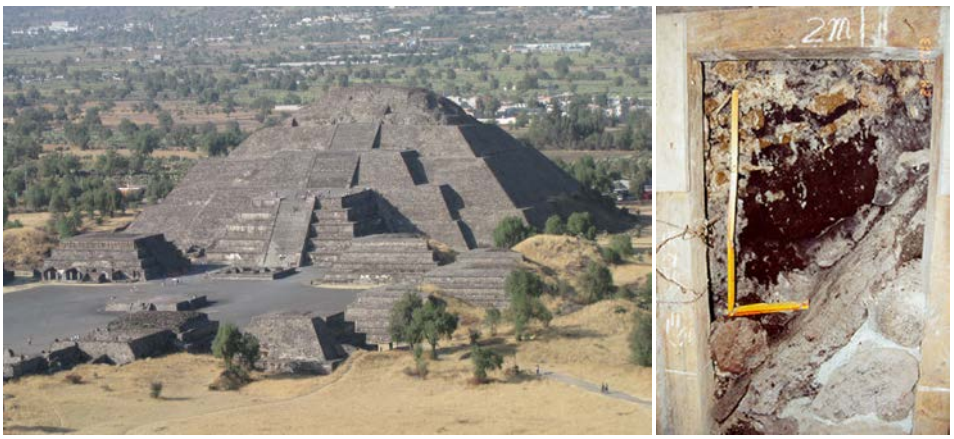

Figura 5. Pirámide de la Luna, Teotihuacan, México: vista completa y relleno expuesto en el túnel arqueológico (crédito: S. Sedov, 2003)

Las observaciones microscópicas muestran varios rasgos típicos para los horizontes superficiales órgano-minerales (Ah). La matriz está pigmentada con humus disperso de color oscuro; en algunas áreas se conserva la estructura biogénica, aunque en general el material está compactado. Asimismo, estos rellenos presentan ciertas características micromorfológicas típicas para suelos, afectados por la actividad humana. Son comunes los fragmentos de carbón (material vegetal quemado) que se identifica por su opacidad y color negro, conservando claramente su estructura celular (figura 6a). En algunos poros se encuentran películas de iluviación heterogéneas, ya que además de la arcilla, contienen limo y humus, que les brinda un color oscuro (figura 6b). Estos rasgos se conocen como agrocutanes y se forman en suelos cultivados (tanto en el pasado como actualmente).

Los estudios paleopedológicos indican que los materiales edáficos, que provienen de los horizontes superficiales e intermedios de los suelos de los alrededores, fueron usados como relleno en el interior de las construcciones; está conclusión fue confirmada por los resultados de análisis químicos (Rivera et al., 2007). Los datos micromorfológicos indican, que grandes cantidades de suelos cultivados y fertilizados se destruyeron para construir las pirámides. De hecho, Barba (2005) comenta que se usaron 1 400 000 m^3 de suelo para rellenar solo la Pirámide del Sol. Esto implica que la zona urbana se erigió a costa de una destrucción extensa de suelos y paisajes del valle.

a) b)

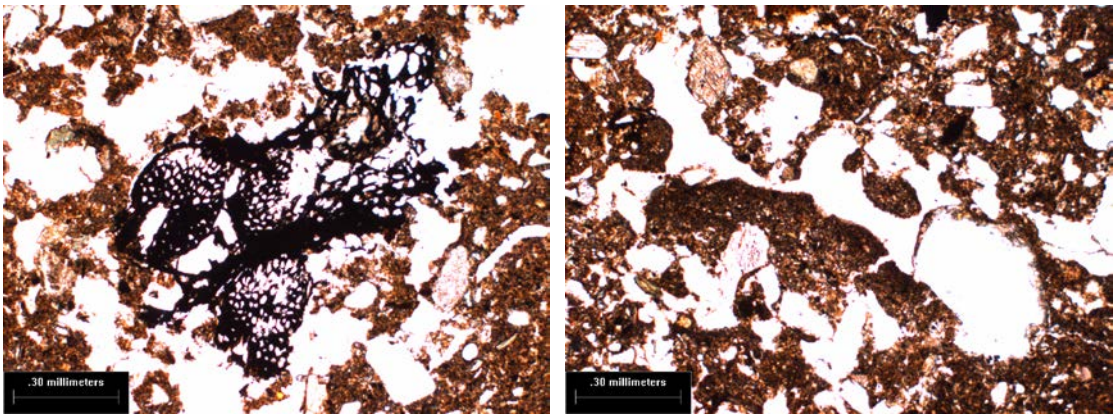

Figura 4. Micromorfología de los rellenos de la Pirámide de la Luna, Teotihuacan, México a) fragmento del carbón, sin analizador; b) películas heterogéneas - "agrocutanes", sin analizador. (crédito: S.Sedov, 2003)

5. CONSIDERACIONES FINALES

a. Los casos presentados demuestran que la arquitectura de tierra es un registro paleoecológico valioso, el cual se encuentra contenido en los materiales edáficos de los rellenos, así como en los perfiles de paleosuelos sepultados. Sin embargo para extraer esos registros es necesario resolver el problema metodológico de discriminación entre los rasgos de edafogénesis antigua y los procesos diagenéticos posteriores a la construcción.

b. Los estudios paleopedológicos de los edificios contribuyen a la comprensión de las prácticas de construcción, en particular - procedencia de los materiales y su relación con la cubierta edáfica regional.

c. Los análisis paleopedológicos permiten evaluar el impacto ambiental que tuvieron las construcciones de tierra, en particular su importancia como agente de destrucción de suelos y paisajes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexandrovsky, A. L.; Sedov, S. N.; Golyeva, A. A. (1999). Trends and rates of Holocene soil evolution in the North Caucasian Piedmont. En: Xiao-Min, F. and D. Nettleton Climatic change: Paleopedological and soil rock magnetic approaches. Chinese Science Bulletin, Special Supplement , 44, p.193-199

Alexandrovskiy, A. L.; Sedov, S. N.; Shishkov, V. A. (2014). The development of deep soil processes in ancient kurgans of the North Caucasus, Catena, 112, p. 65-71.

Barba, L. (2005). Materiales, técnicas y energía en la construcción. En: M.E. Ruiz-Gallut, J. Torres-Peralta (Eds.), Arquitectura y urbanismo: pasado y presente de los espacios en Teotihuacan, México: Memoria de la Tercera Mesa Redonda, Instituto Nacional de Antropología e Historia. p. 211-230.

Courty, M. A.; Goldberg, P.; Macphail, R. (1989). Soils and micromorphology in archaeology. Cambridge: Cambridge University Press.

Jenny, H. (1994). Factors of soil formation. A system of quantitative pedology. New York: Dover Press.

Khokhlova, O.; Kuptsova, L. (2018). Complex pedological analysis of paleosols buried under kurgans as a basis for periodization of the Timber-grave archaeological culture in the Southern Cis-Ural, Russia. Quaternary International. 10.1016/j.quaint.2018.02.027.

Loaiza, J.; Stoops, G.; Poch, R. M.; Casamitjana, M. (2015). Manual de micromorfología de suelos y tecnicas complementarias: Medellín, Fondo Editorial Pascual Bravo.

Millon R.; Drewitt B; Cowgill G. (1973). Urbanization at Teotihuacan. V. I. The Teotihuacan Map. Part 2, University of Texas Press, Austin.

Rivera-Uria, Y.; Sedov, S.; Solleiro-Rebolledo, E.; Pérez-Pérez, J.; McClung, E., González, A.; Gama-Castro, J. (2007) Degradación ambiental en el valle Teotihuacan: evidencias geológicas y paleopedológicas. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 59 (2), p. 203-217

Sedov, S. N.; Aleksandrovskii, A. L.; Benz, M., Balabina, V. I.;Mishina, T. N.; Shishkov, V. A.; Şahin, F.; Özkaya, V. (2017) Anthropogenic sediments and soils of tells of the Balkans and Anatolia: composition, genesis, and relationships with the history of landscape and human occupation. Eurasian Soil Science, 50(4), p. 373–386.

Stoops, G. (2003). Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Madison, Soil Science Society of America.

Stoops, G.; Nijs, R. (1986). Micromorphological characeristics of some tell materials from Mesopotamia. Pedologie. 36 (3). p. 329-336.

Sugiyama, S. (2004). Governance and policy at classic teotihuacan. In Hendon, J. A.; Joyce, R. A. (eds) Mesoamerican archaeology: theory and practice. Oxford: Blackwell Publishing, p. 97-123

Targulian, V.O.; Goryachkin, S.V. (2004) Soil memory: Types of record, carriers, hierarchy and diversity: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 21, p. 1-8.

Targulian, V.O.; Krasilnikov, P.V. (2007). Soil system and pedogenic processes: self-organization, time scales, and environmental significance. Catena 71, p. 373-381.

AUTORES

Sergey Sedov, doctor en biología egresado de la Universidad Estatal Lomonosov de Moscú/Rusia, investigador del Instituto de Geología, UNAM, vice-presidente de la Comisión Internacional de Paleopedología de la Unión Internacional de la Ciencia del Suelo. Desde 1999 está realizando estudios paleopedológicos en México, incluyendo investigación de paleosuelos y edafosedimentos en varios sitios mesoamericanos de arquitectura de tierra: Teotihuacan, Tres Mezquites y La Joya entre otros. Está desarrollando aplicación del análisis micromorfológico a los contextos arqueológicos y arquitectónicos en varias regiones del mundo.

Alexandr Alexandrovskiy, doctor en geografía, investigador del Departamento de la Geografía de Suelos, Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias Rusa. Durante más de 40 años está realizando estudios paleopedológicos y edafo-arqueológicos en los sitios arqueológicos de Europa oriental y Oriente cercano, con una énfasis especial a los suelos sepultados bajo edificios de tierra (*kurgans* y *tells*)