



DYNA
ISSN: 0012-7353
ISSN: 2346-2183
Universidad Nacional de Colombia

The study of Necrosols and cemetery soils

Vélez, Santiago; Monsalve, Timisay; Quiroz, Mary L.; Castañeda, Darío; Cardona-Gallo, Santiago A.; Terrazas, Alejandro; Sedov, Sergey

The study of Necrosols and cemetery soils

DYNA, vol. 86, no. 211, 2019

Universidad Nacional de Colombia

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49663345038>

DOI: 10.15446/dyna.v86n211.80757

The study of Necrosols and cemetery soils

Estudio de Necrosoles y suelos de cementerio

Santiago Vélez ^a svelezb@unal.edu.co
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Timisay Monsalve ^b timisay.monsalve@udea.edu.co
Universidad de Antioquia, Colombia

Mary L. Quiroz ^c Mary.Quiroz@epm.com.co
Empresas Públicas de Medellín E.S.P, Colombia

Darío Castañeda ^d dacasta4@unal.edu.co
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Santiago A. Cardona-Gallo ^a scardona@unal.edu.co
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Alejandro Terrazas ^f alejandroterr@gmail.com
UNAM, México

Sergey Sedov ^g sergey@geologia.unam.mx
UNAM, México

DYNA, vol. 86, no. 211, 2019

Universidad Nacional de Colombia

Received: 30 June 2019

Revised document received: 23 October 2019

Accepted: 15 November 2019

DOI: 10.15446/dyna.v86n211.80757

CC BY-NC-ND

Abstract: This article shows the interdisciplinary approaches that integrate knowledge regarding the contemporary and ancient cemetery soils and clandestine burials that produce bio-geo-archaeological, recent forensic scientific interest, the above is what compiles the Necrosols study. The investigations in this regard raise pedogenetic questions, anthropogenic, morphological, physicochemical and microbiological characteristics. Thus, Necrosols are precisely defined and included in proposals for local and global taxonomic systems. Cemetery soils have variable chemical, microbiological, anthropogenic, temporal and organic physical and inorganic exogenous physical properties and predominance of environmental change processes. Currently, the necropolis in the cities and the proximity to water sources and these soils impacts on public health and environment, are evaluated in scientific research. It also increases interest in soil characteristics knowledge affected by illegal human bodies. We review Necrosols studies and scientific research origins and development in experimental approaches as than effects and implications of human body burials.

Keywords: Necrosol, simulated burial, clandestine burial, cemetery soils, forensic geology.

Resumen: Este artículo muestra las aproximaciones interdisciplinarias que integran conocimientos respecto a los suelos de cementerios contemporáneos y antiguos e inhumaciones clandestinas que producen interés científico bio-geo-arqueológico, forense reciente, lo anterior es lo que compila el estudio de los Necrosoles. Las investigaciones al respecto, plantean interrogantes pedogenéticos, antropogénicos, morfológicos, de características físico-químicas y microbiológicas. Así los Necrosoles se definen con precisión e incluyen en propuestas para sistemas taxonómicos locales y mundiales. Los suelos de los cementerios tienen propiedades físico-químicas y microbiológicas variables, antrópicas, temporalidades e insumos orgánicos e inorgánicos exógenos y predominancia de procesos de cambio ambiental. Actualmente, las necrópolis en las urbes y la proximidad a fuentes de agua e impactos de estos suelos en la salud pública y ambiente, se evalúan en investigaciones científicas. También aumenta el interés por las características de entierros ilegales de cuerpos humanos e integración de

herramientas pedológicas y forenses. Revisamos los estudios de Necrosoles y el desarrollo de la investigación científica experimental ligada a efectos e implicaciones de entierros humanos.

Palabras clave: Necrosol, entierro simulado, entierro clandestino, suelos de cementerio, geología forense.

1. Introducción

El estudio de los suelos con enterramientos de restos humanos en cementerios contemporáneos o antiguos, arqueológicos o forenses, presenta numerosas vías en investigación científica acerca de los registros que deja este tipo de intervención antrópica en el suelo, el desarrollo y la aplicación de técnicas en ciencias de la tierra a este nuevo subcampo de investigación. La caracterización morfológica de estos suelos, las propuestas de clasificación taxonómica, además de la implementación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas así como de las características micromorfológicas y micro estratigráficas, contribuyen a la interpretación de la relación entre los procesos pedogenéticos y la tafonomía de los restos de cuerpos humanos en el suelo. Además del conocimiento de dichas características, otro ámbito de desarrollo comprende las evaluaciones de los impactos ambientales generados por este tipo de uso del suelo en las ciudades, como la contaminación y detección de elementos traza y estudios de lixiviados derivados a las aguas subterráneas, que subyacen en las necrópolis. Aunado a los anteriores están los usos y desarrollo de ensayos experimentales y simulación de tumbas influenciadas por diversos factores edáficos, climáticos y regionales. Estas últimas vías de investigación evidencian un campo de conocimiento nuevo con gran potencial en la localización e interpretación de inhumaciones clandestinas.

Se describe primero el origen del estudio de suelos de cementerio y su planteamiento conceptual dentro de la pedología. Considera los diferentes enfoques expuestos para clasificar, definir e interpretar los Necrosoles. Revisa el conocimiento de este tipo de suelos y muestra las características morfológicas, físicas, químicas y microbiológicas estudiadas. Se exponen los posibles impactos ambientales y en la salud pública, que pueden producir los cementerios. También las investigaciones y ensayos experimentales enfocados a la simulación y comprensión de los fenómenos físico-químicos y biológicos relacionados con el enterramiento de cuerpos humanos. Finalmente se muestran las aplicaciones interdisciplinarias desde la geo-arqueología y el campo forense, con respecto a la interpretación pedológica, prospección y búsqueda de enterramientos clandestinos y fosas comunes

2. *Elaboración conceptual en el estudio de Necrosoles*

El estudio de Necrosoles (en griego, νεκρός significa muerto) inicia en las investigaciones realizadas en suelos de cementerios de Checoslovaquia [1,2]. Posteriormente el término “Nekrosol” lo implementan para suelos

mezclados y enriquecidos con materia orgánica, en el contexto de la necrópolis al interior de zonas urbanas, como el subgrupo Nekrosol de origen en los patios de las iglesias por la excavación y el rellenado de tumbas, mediante la adición de materiales a más de 40 cm de profundidad, es propuesto en el Grupo de Trabajo en Suelos Urbanos de Alemania, como un avance estructural de la clasificación y como parte del grupo principal de suelos Meiktosol que es el resultado de la mezcla de los materiales de origen antrópico o de vertidos en los suelos, subordinado a la clase Urbic Anthrosols que incluye actividades humanas en la formación del sustrato como corte, depósito de materiales naturales y tecnológicos, mezcla e intrusión de líquidos y gases en los suelos [3].

En otra aproximación, proponen los Necrozem como suelos originados por pedoturbación mecánica, con profundidad de dos metros, en cementerios dentro de las ciudades y villas, para el Sistema Taxonómico Ruso, dentro de la clasificación de suelos urbanos Urbanozem, caracterizados por la transformación física de origen antrópico [4]. También exponen los Necrozem como el complejo de suelos en los cementerios urbanos y descritos de manera convencional dentro de los límites de los cementerios operativos y conmemorativos, para mejorar el enfoque de la clasificación y diagnóstico de los suelos de Rusia [5]. De forma complementaria sugieren incluir el calificador Nekric, dentro de Otros Grupos de Suelos de Referencia (RSG), para mejorar la clasificación de los suelos tecnogénicos en la Base de Referencia Mundial para Recursos del Suelo (WRB), Nekric (ne) del griego νεκρός: muerto, define una capa de entre 100 y 200 cm desde la superficie, artificialmente enriquecida con materia orgánica y presencia de grandes cantidades de artefactos, es decir: huesos, textiles, madera, metales y una proporción elevada de fósforo en comparación con el valor de referencia del suelo natural, como consecuencia de la descomposición de los cuerpos humanos [6-8].

Los Necrosoles son suelos formados por la actividad humana especial en cementerios y áreas de enterramiento de cuerpos humanos, con características específicas en cuanto a secuencia de horizontes de suelo, propiedades físicas, químicas y biológicas y la presencia de artefactos tales como restos de ataúd, huesos y prendas de vestir. Además establecen dos enfoques para su precisión: uno para delinear los criterios de diagnóstico y las características a involucrar en el sistema de clasificación y el otro para trazar las principales características pedológicas y propiedades compartidas en procesos de descomposición de los restos humanos enterrados [9].

3. Propiedades morfológicas, físicas, químicas y microbiológicas

Las propiedades morfológicas, químicas y físicas de los Necrosoles son muy variables, dependen de la antigüedad del cementerio y del uso anterior de la tierra como áreas de asentamiento, jardines, basureros y plantas industriales [6-8].

3.1. *Propiedades morfológicas*

Las características principales de los Necrosoles establecidas de acuerdo con la morfología del suelo, son ausencia de horizontes naturales, presencia de capas urbanas con transiciones bruscas y presencia de antrosqueleto, por ejemplo: fragmentos de ladrillos, vidrios y clavos [10]. Es así, como la comparación de los suelos de tumbas con otros perfiles no perturbados por enterramientos, al borde de los cementerios, sirve para determinar criterios de diagnóstico en la distinción de estos. Además con respecto a los suelos naturales, los Necrosoles presentan: secuencia de horizontes alterados: mixtos y disturbados; cambio de las propiedades originales del suelo, como la textura del suelo, mezcla de la composición original, presencia de artefactos como restos de ataúd y partes no descompuestas del cuerpo enterrado, etc. [6,8,9].

Para la descripción morfológica, se proponen acrónimos apropiados, acordes al carácter antropogénico del perfil analizado y a la presencia de elementos específicos así: (Cantr) capa antropogénica que denota la mezcla de material de dos epipedones superiores y la presencia de elementos antropogénicos como ladrillo, hormigón, vidrio, metal y cerámica, (Cgrb) capa que contiene material de restos de ataúd y numerosos artefactos, y (Cn.plita) lápida sepulcral que se encuentra directamente sobre el suelo y que forma un componente del Necrosol [11].

3.2. *Propiedades físicas*

Las excavaciones profundas, mayores o iguales a 2 m, realizadas en áreas de Necrópolis y el subsecuente sellado con lápidas, del suelo mezclado, llevan a la formación de suelos con propiedades físicas específicas [6,8,9]. Donde en el interior de la tumba se favorece la acumulación de agua, debido a que la conductividad hidráulica es menor por la compactación y alteración de la estructura del suelo lo cual produce una saturación mayor en el relleno que en el suelo circundante. Lo anterior disminuye el suministro de aire en el sistema poroso por la alteración de la funcionalidad estructural del suelo, a causa de las perturbaciones de corte y relleno de la excavación. Promoviendo los procesos de hundimiento y reducción de la macroporosidad y su continuidad, en suelos arcillosos, por presencia de agua estagnada [12-14].

3.3. *Propiedades químicas*

Las propiedades químicas de los Necrosoles dependen de las condiciones fisicoquímicas, como la naturaleza del sustrato, las formas de relieve, la ubicación del cementerio y el uso de las áreas adyacentes [11].

El análisis del contenido total de fósforo (Ptotal) en los suelos, demuestra un mayor contenido de este elemento en Necrosoles en relación con un perfil no transformado, lo que confirma el origen

notablemente antropogénico de estos. Así como el contenido total de carbono orgánico del suelo y la abundancia de materia orgánica en el interior de los Necrosoles y muestra que el mayor contenido de estos elementos proporciona la base para reconocerlos como un elemento de diagnóstico valioso en la investigación de Necrosoles [6,8,9,15]. De forma similar estos suelos muestran enriquecimiento de fósforo total, materia orgánica y de elementos traza como arsénico (As), cromo (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), aluminio (Al), hierro (Fe) y mercurio (Hg), debido a las extremas presiones tecno y antropogénicas causadas por ejemplo, por la densidad extrema de prisioneros y cremación masiva de cuerpos humanos, en campos de concentración nazi, que muestra claramente la transformación del suelo, derivada de este tipo de usos de la tierra [16].

En el estudio de suelos de fosas comunes excavadas en Ruanda, encuentran que las concentraciones media y máxima en los sitios de arsénico (As), bario (Ba), cromo (Cr), cesio (Cs), galio (Ga), níquel (Ni), rubidio (Rb), escandio (Sc), torio (Th), vanadio (V), y zirconio (Zr), son generalmente más altas que sus valores fuera del sitio y que los contenidos de metales traza de los suelos del cementerio presentan una mayor proporción de acumulación para ciertos elementos, particularmente As, Cr, Ni y Cs en relación con los promedios mundiales para los suelos [17,18] Además, el estado de contaminación actual de los Necrosoles como resultado de la entrada antropogénica de Cr y Pb por los proyectiles de bala presentes en los cráneos sepultados en el sitio; es de particular interés para estos estudios, la cantidad de sales solubles, específicamente de sodio, que también pueden proliferar causando la sodicidad del suelo [19-20].

De forma complementaria implementan la ecuación de temperatura del suelo, usualmente empleada en ingeniería civil, para calcular la temperatura del suelo a varias profundidades en un cementerio, a fin de explicar la degradación de los restos humanos y los objetos funerarios observados en la exhumación y su posible influencia sobre las reacciones químicas involucradas en la descomposición, actividad microbiana y de insectos, además la influencia en la degradación de drogas y toxinas asociadas a los cuerpos [21]. La Tabla 1 presenta el resumen de características y propiedades observadas en Necrosoles.

Tabla 1
Resumen de características y propiedades observadas en Necrosoles.

Autores	Contexto	Morfológicas	Físico-químicas y microbiológicas	Taxonómicas
Blume (1989)	Inhumación	Mezcla Profunda	Enriquecidos con materia orgánica	NE
Burghardt (1994)	Excavación y rellenado de tumbas	Depósitos por adición de material de más de 40 cm	No Establece (NE)	Clase: Urbic Anthrosol Grupo: Meiktosol Subgrupo: Nekrosol Gran grupo: transformados por el hombre
Stroganova et al. (1998)	Inhumación de cuerpos y objetos fúnebres	Alteración mayor a 2 m	Fuertes Alteraciones Físicas	Grupo: Fuertemente Transformados Subgrupo: Transformados Físicamente Orden: Urbanozem suborden: nekrozem
Gerassimova et al. (2003)	Transformación urbana	Ausencia de horizontes naturales Capas urbanas: transiciones bruscas Presencia de antrosqueleto (trozos de ladrillos, vidrio, clavos).	NE	NE
Sobocká (2004)	Cementerios y áreas de enterramiento de cuerpos humanos	Secuencia específica de horizontes, y artefactos del entierro	NE	NE
Prokof'eva et al. (2011)	Cementerios urbanos operativos y conmemorativos	NE	NE	NE
Charzyński, Bednarek, y Sołnowska (2010)	Inhumación de cuerpos y objetos fúnebres	Abundancia de artefactos: huesos, textiles, madera, metales.	Capa de entre 100 y 200 cm, artificialmente enriquecida con materia orgánica, cantidad elevada de fósforo debido a la descomposición de los restos	Propuesta (WRB): calificador Nekric en Otros Grupos de Suelos de Referencia (RSG) Nekric (ne): del griego νεκρός: muerto.
Charzyński et al. (2013, 2011)	Inhumación de cuerpos y objetos fúnebres	NE	Mayor contenido total de fósforo en Necrosoles comparado con suelos naturales.	NE
Majgier y Rahmonov (2012)	Inhumación de cuerpos y objetos fúnebres	NE	NE	NE
Majgier, Rahmonov, y Bednarek (2014)	Inhumación de cuerpos y objetos fúnebres	Acronimos de Perfil: (Cant) capa antropogénica, mezcla de epipedones superiores y elementos tecnogénicos (Cgrb) capa con material de restos de ataúd y artefactos (Cn plta) lápida sobre el Necrosol	NE	NE
Amuno y Amuno (2014b, 2014a)	Enterramientos en Fosas comunes (Ruanda)	NE	Altas concentraciones de As, Cr, Ni y Cs con referencia a promedios mundiales suelos	NE
Charzyński et al. (2015)	Presión tecno y antropogénica por densidad extrema de prisioneros en campos de concentración nazi.	NE	Fósforo antropogénico, por la cremación de cuerpos y acumulación sobre el suelo, alrededor de la pira crematoria, materia orgánica y de metales como As, Cr, Cu, Pb, Zn, Al, Fe y Hg	NE
Calosiński et al. (2015)	Protocolos sanitarios en cementerios urbanos vigentes	NE	Presencia de patógenos bacterianos	NE
Massas et al. (2018)	recuperación de antiguos cementerios para construcción de parques	NE	NE	NE

Fuente: Los autores

3.4. Propiedades microbiológicas

Respecto a la microbiota de los Necrosoles, en los diferentes horizontes de suelo de necrópolis urbanas, encuentran patógenos bacterianos como: *Enterococcus spp.*, *Bacillus spp.*, *Clostridium perfringens*, *E. coli*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium*, *Rhodococcus*, *Prauserella*, *Staphylococcus* y fúngicos como: *Penicillium spp.* y *Aspergillus spp.* [22-25].

3.5. Agentes bioestratónomicos (plantas y animales)

Los agentes bióticos del entorno también juegan un papel vital en el desarrollo de los suelos en los que existen contextos de inhumación. Las raíces de las plantas y la destrucción que insectos, mamíferos e incluso reptiles, producen en los huesos y otros tejidos orgánicos, crean fragmentos de material de tamaño muy pequeño que puede desintegrarse entonces e integrarse al suelo, o bien permanecer en forma de pequeñas partículas que se pueden observar el microscopio o en láminas delgadas del suelo, contribuyendo a propiedades como la porosidad y retención de humedad del suelo. Esto es particularmente cierto en el caso de enterramiento con exposición térmica como la cremación [26].

4. Estudios de Calidad Ambiental en Suelos de Cementerio

En lo que se refiere a los suelos de los cementerios hay diferentes estudios para entender los fenómenos derivados de la inhumación de cuerpos humanos en conjunto con los objetos fúnebres asociados a estos, así como estudios de los impactos ambientales, de administración de este tipo de terrenos y de calidad respecto a los servicios ecosistémicos que prestan estos terrenos en el contexto de la urbe.

Es decir, en la influencia del manejo de los cementerios y la potencial afectación de aguas subterráneas con respecto a la presión demográfica de uso de este tipo de tierras, consideran diversas variables como son: la presión de uso y reutilización de tumbas, la fluctuación y profundidad del nivel freático con respecto a la profundidad de las tumbas, el número de tumbas por unidad de área, los materiales y objetos asociados a los cuerpos enterrados, el tipo de cementerio, tipo de suelo, el clima y la cercanía a fuentes hídricas. Lo que denota la complejidad de los estudios y el número de variables a analizar, con el fin de entender las relaciones entre dichas variables y las discusiones a la luz de su influencia en la salud pública, además los cementerios imponen algunas preocupaciones ambientales primarias relacionadas con la contaminación del suelo y el agua, que han sido un tema de debate controvertido durante muchos años en cuanto al riesgo que presentan para el medio ambiente [27].

En complemento, los cadáveres y el material que entra en el suelo como resultado del entierro siempre provocarán cambios en la génesis natural del suelo y la acumulación de ciertas sustancias y elementos en el suelo [27].

De esta forma, para los entierros en cementerios modernos, determinan los cambios en los elementos y el contenido de la materia, encontrando que en las tumbas, el material de descomposición dentro de los ataúdes tiene niveles mucho más altos de metales pesados y elementos alcalinos que el suelo circundante. Otro problema importante en los cementerios es la formación de adipocira, derivada de la ausencia de oxígeno en la primera etapa de descomposición de los cuerpos, lo cual retrasa la descomposición de los tejidos blandos y como consecuencia las tumbas no pueden reutilizarse con la frecuencia necesaria, para los requerimientos en la administración de los cementerios, estableciendo que estos pueden considerarse como un tipo particular de relleno sanitario, que requiere un manejo especial, dadas las limitaciones de área y presión de uso [27].

Además los cementerios tienen una polución potencial severa, específicamente si están incorrectamente localizados y administrados. Los lixiviados producidos en los cementerios son de alta naturaleza patogénica y pueden contaminar los suelos y agua subterránea. La mayoría de la contaminación se produce en áreas con acuíferos vulnerables y en condiciones climáticas y edáficas que fomentan la rápida filtración de los productos en descomposición y residuos de drogas farmacéuticas y antibióticos [28-32].

En estudios de laboratorio bajo condiciones controladas con diferentes tipos de suelo, hay simulaciones con diferentes condiciones ambientales,

para estudiar la lixiviación potencial del formaldehído, derivado del enterramiento de cuerpos embalsamados, y la capacidad de contaminar agua subterránea, atendiendo al tema de los fluidos, como un elemento clave de la investigación en cementerios y del impacto de la contaminación de las aguas subterráneas y suelos. [33].

Respecto a la calidad físico-química y aptitud como espacio verde público dentro de las ciudades, evalúan la viabilidad de recuperar cementerios abandonados para el establecimiento de parques urbanos, que soporten el crecimiento de la vegetación, el sustento y mantenimiento de los espacios verdes y el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos derivados de estos [25,34].

Es así como en el estudio de las características que determinan la calidad y aptitud de los suelos de cementerio, para el establecimiento de parques urbanos, precisan la evaluación de la fertilidad y características microbiológicas, de las cuales los atributos más representativos del sistema son los contenidos de N, Fe, Ca, Mg, K, carbono orgánico, conductividad eléctrica y presencia de comunidades microbianas patogénicas, en la elaboración de indicadores de calidad del suelo, que permiten determinar la distribución espacial de estas cualidades y su heterogeneidad en el terreno, para el desarrollo de un marco de gestión y cualificación de los servicios ecosistémicos de los espacios verdes urbanos. También establecen que para condiciones ambientales templadas con suelos que tengan buena aireación y drenaje, temperaturas relativamente altas y un período de once años, el ecosistema de los suelos de cementerios abandonados, se aproxima al equilibrio comparable con otros suelos de la ciudad, que propicia el desarrollo sostenible de la vegetación y el manejo efectivo de los ecosistemas urbanos [25,34,35].

5. Simulación de tumbas y ensayos experimentales

La aplicación de enfoques y métodos desarrollados en pedología ahora son reconocidos por los microbiólogos, arqueólogos y científicos forenses como cruciales para la comprensión de los procesos de descomposición humana, la ubicación del sitio de enterramiento y las preguntas relacionadas con la tafonomía del suelo. Así mismo, los científicos forenses que investigan el suelo, son más específicos y se preocupan por los suelos alterados o movidos (generalmente por la actividad humana) y a veces para compararlos con los suelos naturales o para hacerlos coincidir con las bases de datos de suelos para ayudar a localizar la escena del crimen [36]. En el sentido de comprender mejor, las investigaciones actuales en ciencias forenses están implementando la interpretación pedológica mediante observaciones experimentales de simulación de enterramientos y tumbas masivas clandestinas, utilizando restos de porcinos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y ratas comunes (*Rattus rattus*), como homólogos del cuerpo humano. El objeto es entender la naturaleza de la interacción del suelo con los restos inhumados, enfocándose en el ámbito de la medicina legal y la estimación más precisa del Intervalo Post Mortem (IPM). Así mismo para localización e identificación de suelos perturbados

por este tipo de intervención y asociación de propiedades microbiológicas y químicas del suelo con el rastro y afectaciones tafonómicas de restos en descomposición y esqueletizados.

En este orden, en la construcción de tumbas experimentales investigan la liberación de Nitrógeno Ninhydrin-Reactivo (NRN), derivado de los cadáveres de cerdos domésticos (*Sus scrofa domesticus*) y su concentración después del enterramiento y en la descomposición en la superficie del suelo, para la estimación del IPM, encontrando que el NRN puede localizarse hasta un año postmortem. Lo cual permite establecer que estos fenómenos se pueden utilizar para ayudar en el proceso de toma de decisiones con respecto a la asignación de recursos durante las primeras etapas de una investigación de muerte [37,38].

También la simulación de enterramientos, con la inhumación de ratas domésticas (*Rattus rattus*), implementa suelos con texturas contrastantes en ecosistemas de sabana tropical, con el subsiguiente monitoreo del potencial mátrico del suelo, sumado a mediciones de la descomposición del cadáver que Incluyen las variables de pérdida de masa de cadáveres, evolución del dióxido de carbono-carbono (CO₂-C), carbono de la biomasa microbiana, actividad de la proteasa, actividad de la fosfodiesterasa, Nitrógeno Ninhydrin-Reactivo (NRN) y el pH del suelo, establece que el contenido de humedad de las tumbas simuladas, puede modificar la relación entre la temperatura y la descomposición del cadáver y que los microorganismos del suelo pueden desempeñar un papel importante en la descomposición del cadáver. Además determina de que el NRN del suelo es un indicador más confiable de suelo perturbado por enterramiento que el pH del suelo [39].

Así mismo, por medio de modelaciones hechas mediante el enterramiento de cerdos domésticos en experimentos tafonómicos, examinan la descomposición diferencial de los restos enterrados en sitios contrastantes, determinados por las coberturas del suelo como pastos, páramos y bosques caducifolios. Además por el monitoreo de los cambios en el cuerpo enterrado y el efecto de estos cambios en el cabello y los materiales textiles asociados a la escena de la muerte, encuentran que el microentorno de la tumba y las condiciones del suelo en los diferentes sitios de entierro tienen un efecto marcado en la condición del cuerpo enterrado e incluso que dentro de un solo sitio puede ocurrir una variación. Junto a lo anterior, el proceso de descomposición de los tejidos blandos modifica el microentorno del entierro localizado en términos de carga microbiológica, pH, humedad y cambios en el estado redox [40].

En relación con las características microbiológicas del suelo, en otros experimentos hechos con cerdos como análogos de descomposición humana, y realizados para documentar los cambios en la microbiología del suelo después de la descomposición, se usa el perfil del ácido graso ester-methyl (AGEM), para investigar los cambios a nivel de la comunidad microbiológica en el suelo a lo largo del proceso de descomposición. Y encuentran que el perfil AGEM varía estacionalmente haciéndose necesario realizar mediciones más extensas a lo largo de las estaciones y los años para establecer patrones de referencia en los suelos, que permitan

el uso efectivo de este tipo de análisis para la estimación del IPM y la localización de tumbas clandestinas [41]. A su vez, en la exploración de la sucesión de comunidades microbianas del suelo asociadas a restos de cerdos en descomposición, utilizan la meta-codificación de RNA, para asociarlo al IPM, como una línea base para investigaciones adicionales que permitan la caracterización de biomarcadores asociados con IPM específicos, en particular para aclarar los casos en que se presentan cuerpos esqueletizados o para la investigación de entierros clandestinos, en los que el cadáver ha sido trasladado de su lugar de inhumación original [42].

Otro punto es el estudio y localización de tumbas masivas, construyen una simulación mediante una fosa común experimental, hecha con varios cerdos enterrados, para comparar con respecto a un suelo disturbado pero sin restos inhumados, como son los patrones o flujos espacio-temporales y las concentraciones en el aire de los poros del suelo, correspondientes a metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O), y sugieren que la medición de las concentraciones de aire en los poros del suelo, especialmente de N₂O, puede ser un enfoque simple y eficaz para ayudar a determinar la ubicación de las tumbas clandestinas, durante al menos tres años posteriores al entierro [43].

Con respecto a la medición de las propiedades físicas del suelo al exponerlo a enterramientos, en la realización de estudios experimentales, están hechas las simulaciones de campo con las condiciones de las tumbas y con incorporación de cal viva (CaO) para medir sus efectos en el suelo de las tumbas [12-13]. Este tipo de ensayos muestra que se pueden disminuir los efectos negativos, como el favorecimiento de la acumulación de agua en el interior de la tumba, puesto que la adición de cal viva al suelo conduce al desarrollo de una estructura del suelo bastante suelta y gruesa y mejora el desarrollo de grietas en la base de la tumba y las paredes. Esto reduce la formación de estanques y conduce a una mejor aireación del suelo si el contenido de agua no es demasiado alto. Y como solución complementaria proponen que la irrigación de las tumbas debe reducirse al mínimo, a fin de mantener bajo el contenido de agua del suelo y facilitar así los procesos de transporte de gas. También recomiendan un drenaje adicional en suelos con altos niveles de agua estagnica/subterránea para garantizar el intercambio de gas libre necesario entre la atmósfera y el ataúd, y con ello la cantidad necesaria de oxígeno para la descomposición aeróbica. [14].

Como complemento, el diseño de un birreactor forense que implementa diferentes tipos de suelo en tumbas simuladas, puede explicar los factores ambientales que afectan la descomposición, específicamente la temperatura, la humedad, el daño físico de los animales, la profundidad del entierro, el pH del suelo y el contenido de materia orgánica, caracterizados en un contexto de la ciencia del suelo con relevancia forense. Las variables del diseño experimental son: régimen de temperatura del suelo, régimen de humedad del suelo, pendiente, textura, horizonte del suelo, capacidad de intercambio catiónico, pH del suelo y contenido de materia orgánica; por lo cual, con esta metodología se pueden crear sistemas de biorreactores para replicar muchos contextos

de entierro clandestino, para una comprensión más rápida de los efectos ambientales locales sobre los restos óseos [44].

6. Aplicaciones en geo-arqueología

Para el estudio de suelos en tumbas proponen una nueva metodología de investigación enfocada al tipo de muestreo, que implementa técnicas de micromorfología de suelos y análisis químicos, considerando el entorno no influenciado por el corte de la excavación y las posiciones de muestreo al interior de la tumba, tanto por encima como por debajo del nivel de los restos, que tiene en cuenta la variación en diferentes localidades y períodos, así como las comparaciones químicas y micromorfológicas de las tumbas para asociar las diferencias en el tipo de construcción de estas, factores de ritual de enterramiento y de descomposición, todo esto ligado a las posibles influencias cronológicas y variación en composición corporal de los cuerpos en cada tumba [45]. También las técnicas de micromorfología de suelos, análisis geoquímicos, mineralógicos y de microscopía electrónica de barrido, son utilizados para estudiar los procesos de reapertura y rellenado de tumbas, procedencia de materiales presentes en el entierro, actividad microbial al interior del material de relleno, así como la caracterización microestratigráfica, reconstrucción de procesos de depositación en los sitios y la ocurrencia de procesos de formación de suelos, en tumbas de la época vikinga tardía, la edad de bronce temprana y el medioevo temprano [46,47].

7. Exploración y prospección de cementerios y tumbas clandestinas

En cuanto a la detección de enterramientos de cuerpos en diferentes contextos, actualmente implementan métodos geofísicos no destructivos y no intrusivos, como la tomografía eléctrica y uso de geo-radar. Con ellas buscan detectar y delimitar las anomalías de posible origen antrópico en el subsuelo que puedan estar vinculadas a excavaciones para enterramientos clandestinos de personas en Sur América y Europa. Así como los métodos de geomecánicos intrusivos son los ensayos de penetración y los sondeos con barreno manual en la búsqueda de anomalías físicas y muestreos en prospección forense y arqueológica, de forma eficaz y confiable [48, 49, 50].

Así mismo, se están aplicando los sensores remotos, como imágenes de satélite, fotografías aéreas, reflexión de láser e imágenes termales, para la obtención de mediciones reales y sin contacto, de las alteraciones del relieve, en la escena de una inhumación clandestina. También usan estas técnicas en conjunto con despliegues sobre el terreno, como el uso de ensayos de resistividad eléctrica y magnetometría en la recuperación de cuerpos enterrados y el mapeo geofísico de cementerios históricos [51,52].

Además la localización e identificación de entierros o sitios que fueron depositarios de inhumaciones, en la actualidad se pueden caracterizar y detectar por medio de la elaboración de un perfil de lixiviación,

respecto a la distribución horizontal y vertical del colesterol, en el sustrato circundante al cuerpo enterrado, mediante su persistencia en el ambiente, dado su carácter de biomarcador [53].

8. Conclusión

El estudio de la literatura científica producida respecto a la conceptualización de los suelos de cementerio llamados Necrosoles, se encontró que en este campo hay diversos enfoques que los estudian desde las ciencias básicas para la pedología, así como aproximaciones interdisciplinarias que integran conocimientos en geo-arqueología y el campo forense y de la interpretación de los impactos ambientales que generan las necrópolis.

Completado a lo anterior se halló que en diferentes grupos de trabajo a nivel local e internacional existen propuestas para precisar la descripción y clasificación de los Necrosoles como son los trabajos que adelantan los Grupos de Trabajo en Suelos Urbanos de Alemania, Rusia y Eslovaquia, y propuestas para Incluirlos en la Base de Referencia Mundial para Recursos del Suelo (WRB).

También se registró que en la literatura están presentados diferentes ensayos experimentales y de simulación de tumbas, que buscan la comprensión de los fenómenos físico-químicos y biológicos alrededor de la inhumación de cuerpos humanos y sus efectos en la tafonomía de los restos que ayuden en el ámbito legal. Así como la implementación actual de técnicas geofísicas no invasivas y geo-mecánicas intrusivas para la prospección arqueológica y forense.

Agradecimientos

Expresamos sentida gratitud con las personas de la Dirección Ambiental, Social y Sostenibilidad del Proyecto Ituango, desde donde se promueve y financia este estudio, enmarcado en el Convenio de Colaboración CT-2018-000981 entre la Universidad Nacional de Colombia y Las Empresas Públicas de Medellín E.S.P. También sentidos agradecimientos a las personas de las comunidades, quienes con su apoyo y sensibilidad facilitaron las labores del Proyecto de Exumación y traslado de los Cementerios de Oroabajo, Barbacoas y Fortuna.

Referencias

- [1] Smolik, L., *Pedologie: celostátní vysokoskolská ucebnice*, Praha, Statni nakladatelstvi technicke literatury, 1957, 400 P.
- [2] Svec, F. and Hlina, J., *Hygiena obecna a komunalni*, Praha, Avicentrum, 1978, 445 P.
- [3] Burghardt, W., *Soils in urban and industrial environments*, *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 157(3), pp. 205-214, 1994. DOI: 10.1002/jpln.19941570308

- [4] Stroganova, M., Myagkova, A., Prokof'eva, T. and Skvortsova, I. Soils of Moscow and urban environment, Moscow, 1998. pp. 27-28.
- [5] Prokof'eva, T.V., Martynenko, I.A. and Ivannikov, F.A., Classification of Moscow soils and parent materials and its possible inclusion in the classification system of Russian soils, *Eurasian Soil Science*, 44(5), pp.561-71, 2011. DOI: 10.1134/S1064229311050127
- [6] Charzyński, P., Bednarek, R., Świtoniak, M. and Żołnowska, B., Ekranic technosols and urbic technosols of Toruń necropolis. *Geologija*, [online]. 53(4), pp. 179-185, 2011. Available at: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31078476/1905-867-1-PB.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename3DEkranic_Technosols_and_Urbic_Technosols.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190616%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190616T220105Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=796462c1d038ec0d0754033fb34060de52e0ed2190a0d38911bef09d8f39c01f
- [7] Charzyński, P., Bednarek, R., Greinert, A., Hulisz, P. and Uzarowicz, Ł., Classification of technogenic soils according to WRB system in the light of Polish experiences, *Soil Science Annual*, 64(4), pp. 145-150, 2013. DOI: 10.2478/ssa-2013-0023
- [8] Charzyński, P., Bednarek, R. and Śołnowska, B., Characteristics of the soils of Toruń cemeteries, in: *Proceedings of the World Congress of Soil Science: soil solutions for a changing world*, 2010, Brisbane, Australia, Working Group 3.3 Soils in urban and industrial areas, 1-6 August, [online]. 2010, pp. 1-6. Available at: https://www.iuss.org/19th_WCSS/Symposium/pdf/0874.pdf
- [9] Sobocká, J., Necrosol as a new anthropogenic soil type, in: *Soil Anthropization*, VIII, 2004, Bratislava, Soil Science and Conservation Research Institute Bratislava, [online]. 2004, pp. 107-113. Available at: http://www.vupop.sk/dokumenty/ine_soil_anthropization8.pdf
- [10] Gerasimova, M.I., Stroganova, M.N., Mozharova, N. and Prokofyeva, T.V., *Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация*, Москва, Смоленск: Ойкумена, 2003, pp. 223-260.
- [11] Majgier, L., Rahmonov, O. and Bednarek, R., Features of abandoned cemetery soils on sandy substrates in Northern Poland, *Eurasian Soil Science*, 47(6), pp. 621-629, 2014. DOI: 10.1134/S1064229314060064
- [12] Mordhorst, A., Zimmermann, I., Fleige, H. and Horn, R., Changes in soil aeration and soil respiration of simulated grave soils after quicklime application, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 180(2), pp. 153-164, 2017. DOI: 10.1002/jpln.201600351
- [13] Mordhorst, A., Zimmermann, I., Fleige, H. and Horn, R., Improvement of oxygen transport functions in grave soils due to quicklime application depending on soil texture, *Geoderma*, 331, pp.18-28, 2018. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.06.013
- [14] Zimmermann, I., Fleige, H. and Horn, R. Soil structure amelioration with quicklime and irrigation experiments in earth graves, *Journal of Soils and Sediments*, 16(11), pp. 2514-2522, 2016. DOI: 10.1007/s11368-016-1509-z

- [15] Majgier, L. and Rahmonov, O., Selected chemical properties of Necrosols from the abandoned cemeteries Słabowo and Szymonka (Great Mazurian Lakes District), *Bulletin of Geography-Physical Geography Series*, 5(1), pp. 43-55, 2012. DOI: 10.2478/v10250-012-0003-8
- [16] Charzyński, P., Markiewicz, M., Majorek, M. and Bednarek, R., Geochemical assessment of soils in the German Nazi concentration camp in Stutthof (Northern Poland), *Soil Science and Plant Nutrition*, 61(sup1), pp. 47-54, 2015. DOI: 10.1080/00380768.2014.1000232
- [17] Clarke, F.W. and Washington, H.S., *The composition of the earth's crust* (Vol. 127). Washington, US Government Printing Office, 1924.
- [18] Tan, L. and Chi-lung, Y., Abundance of chemical elements in the earth's crust and its major tectonic units, *International Geology Review*, 12(7), pp. 778-786, 1970. DOI: 10.1080/00206817009475289
- [19] Amuno, S.A. and Amuno, M.M., Spatio-temporal variation of trace element contents in Rwanda necrosols, *Environmental Earth Sciences*, 71(2), pp. 659-674, 2014. DOI: 10.1007/s12665-013-2467-z
- [20] Amuno, S.A. and Amuno, M.M., Geochemical assessment of two excavated mass graves in Rwanda: a pilot study, *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 23(2), pp. 144-165, 2014. DOI: 10.1080/15320383.2013.786021
- [21] Prangnell, J. and McGowan, G., Soil temperature calculation for burial site analysis, *Forensic Science International*, 191(1-3), pp. 104-109, 2009, DOI: 10.1016/j.forsciint.2009.07.002
- [22] Abia, A., Ubomba-Jaswa, E., Schmidt, C. and Dippenaar, M., Where did they come from-Multi-Drug resistant pathogenic escherichia coli in a cemetery environment?, *Antibiotics*, 7(3), pp.73, 2018. DOI: 10.3390/antibiotics7030073
- [23] Abia, A.L.K., Alisoltani, A., Ubomba-Jaswa, E. and Dippenaar, M.A., Microbial life beyond the grave: 16S rRNA gene-based metagenomic analysis of bacteria diversity and their functional profiles in cemetery environments, *Science of The Total Environment*, 655, pp. 831-841, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.302
- [24] Całkosiński, I., Płoneczka-Janeczko, K., Ostapska, M., Dudek, K., Gamian, A. and Rypuła, K., Microbiological analysis of necrosols collected from urban cemeteries in Poland, *BioMed Research International*, 2015, pp. 1-7, 2015. DOI: 10.1155/2015/169573
- [25] Massas, I., Kefalogianni, I. and Chatzipavlidis, I., Is the ground of an old cemetery suitable for the establishment of an urban park?. A critical assessment based on soil and microbiological data, *Journal of Soils and Sediments*, 18(1), pp. 94-108, 2018. DOI: 10.1007/s11368-017-1726-0
- [26] Terrazas, A., Bases teóricas para el estudio bio-social de las prácticas mortuorias, en: Serrano-Sánchez, C. y Terrazas, A., Eds., *Tafonomía, medio ambiente y cultura*, Instituto de Investigaciones Antropológicas - UNAM, México, 2007, pp. 13-39.
- [27] Fiedler, S., Breuer, J., Pusch, C.M., Holley, S., Wahl, J., Ingwersen, J. and Graw, M., Graveyards - Special landfills, *Science of The Total Environment*, 419, pp. 90-97, 2012. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.12.007

- [28] Basmajian, C. and Coutts, C., Planning for the disposal of the dead, *Journal of the American Planning Association*, 76(3), pp. 305-317, 2010. DOI: 10.1080/01944361003791913
- [29] da Cruz, N.J.T., Lezana, Á.G.R., Freire dos Santos, P. da C., Santana Pinto, I.M.B., Zancan, C. and Silva de Souza, G.H., Environmental impacts caused by cemeteries and crematoria, new funeral technologies, and preferences of the Northeastern and Southern Brazilian population as for the funeral process, *Environmental Science and Pollution Research*, 24(31), pp. 24121-24134, 2017. DOI: 10.1007/s11356-017-0005-3
- [30] Fiedler, S., Dame, T. and Graw, M., Do cemeteries emit drugs?. A case study from southern Germany, *Environmental Science and Pollution Research*, 25(6), pp. 5393-5400, 2018. DOI: 10.1007/s11356-017-0757-9
- [31] Kim, K., Hall, M.L., Hart, A. and Pollard, S.J.T., A survey of green burial sites in England and Wales and an assessment of the feasibility of a groundwater vulnerability tool, *Environmental Technology*, 29(1), pp. 1-12, 2008. DOI: 10.1080/09593330802008404
- [32] Oliveira, B., Quinteiro, P., Caetano, C., Nadais, H., Arroja, L., Ferreira da Silva, E. and Senos Matias, M., Burial grounds' impact on groundwater and public health: an overview, *Water and Environment Journal*, 27(1), pp. 99-106, 2013. DOI: 10.1111/j.1747-6593.2012.00330.x
- [33] Van Allemann, S., Olivier, J. and Dippenaar, M.A., A laboratory study of the pollution of formaldehyde in cemeteries (South Africa), *Environmental Earth Sciences*, 77(1), pp. 20, 2018. DOI: 10.1007/s12665-017-7219-z
- [34] Nero, B.F. and Anning, A.K., Variations in soil characteristics among urban green spaces in Kumasi, Ghana, *Environmental Earth Sciences*, 77(8), pp. 317, 2018. DOI: 10.1007/s12665-018-7441-3
- [35] Ghosh, S., Deb, S., Ow, L.F., Deb, D. and Yusof, M.L., Soil characteristics in an exhumed cemetery land in Central Singapore, *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(3), pp. 174, 2019. DOI: 10.1007/s10661-019-7291-9
- [36] Fitzpatrick, R.W., Nature, distribution and origin of soil materials in the forensic comparison of soils. In: Tibbett, M. and Carter, D.O., Eds., *Soil analysis in forensic taphonomy: chemical and biological effects of buried human remains*, 1st Ed., Boca Raton, Taylor & Francis Group, 2008, pp. 1-28.
- [37] Anderson, B., Meyer, J. and Carter, D.O., Dynamics of ninhydrin-reactive nitrogen and pH in gravesoil during the extended postmortem interval, *Journal of Forensic Sciences*, 58(5), pp. 1348-1352, 2013. DOI: 10.1111/1556-4029.12230
- [38] Van Belle, L.E., Carter, D.O. and Forbes, S.L., Measurement of ninhydrin reactive nitrogen influx into gravesoil during aboveground and belowground carcass (*Sus domesticus*) decomposition, *Forensic Science International*, 193(1-3), pp. 37-41, 2009. DOI: 10.1016/j.forsciint.2009.08.016
- [39] Carter, D.O., Yellowlees, D. and Tibbett, M., Moisture can be the dominant environmental parameter governing cadaver decomposition in soil, *Forensic Science International*, 200(1-3), pp. 60-66, 2010. DOI: 10.1016/j.forsciint.2010.03.031

- [40] Wilson, A.S., Janaway, R.C., Holland, A.D., Dodson, H.I., Baran, E., Pollard, A.M. and Tobin, D.J., Modelling the buried human body environment in upland climes using three contrasting field sites, *Forensic Science International*, 169(1), pp. 6-18, 2007. DOI: 10.1016/j.forsciint.2006.07.023
- [41] Breton, H., Kirkwood, A.E., Carter, D.O. and Forbes, S.L., The impact of carrion decomposition on the fatty acid methyl ester (FAME) profiles of soil microbial communities in southern Canada, *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 49(1), pp. 1-18, 2016. DOI: 10.1080/00085030.2015.1108036
- [42] Procopio, N., Ghignone, S., Williams, A., Chamberlain, A., Mello, A. and Buckley, M., Metabarcoding to investigate changes in soil microbial communities within forensic burial contexts, *Forensic Science International: Genetics*, 39, pp. 73-85, 2019. DOI: 10.1016/j.fsigen.2018.12.002
- [43] Dalva, M., Moore, T.R., Kalacska, M. and Leblanc, G., Nitrous oxide, methane and carbon dioxide patterns and dynamics from an experimental pig mass grave, *Forensic Science International*, 277, pp. 229-240, 2017. DOI: 10.1016/j.forsciint.2017.05.013
- [44] Dunphy, M.A., Weisensee, K.E., Mikhailova, E.A. and Harman, M.K., Design and evaluation of a bioreactor with application to forensic burial environments, *Forensic Science International*, 257, pp. 242-251, 2015. DOI: 10.1016/j.forsciint.2015.08.014
- [45] Usai, M.R., Pickering, M.D., Wilson, C.A., Keely, B.J. and Brothwell, D.R., Interred with their bones: soil micromorphology and chemistry in the study of human remains, *Antiquity Project Gallery*, [online]. 88, 339, 2014. [Accessed: 14 March 14th of 2019]. Available at: <http://www.antiquity.ac.uk/projgall/usai339/>
- [46] Aspöck, E. and Banerjee, R.Y., Formation processes of a reopened early Bronze Age inhumation grave in Austria: the soil thin section analyses, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 10, pp. 791-809, 2016. DOI: 10.1016/j.jasrep.2016.07.003
- [47] Burns, A., Pickering, M.D., Green, K.A., Pinder, A.P., Gestsdóttir, H., Usai, M.-R., Brothwell, Don R. and Keely, B.J., Micromorphological and chemical investigation of late-Viking age grave fills at Hofstaðir, Iceland, *Geoderma*, 306, pp. 183-194, 2017. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.06.021
- [48] Alt, K.W., Held, P. and Nicklisch, N., Forensische feldmethoden: prospektion, bergung und dokumentation, *Rechtsmedizin*, 23(2), pp. 85-91, 2013. DOI: 10.1007/s00194-013-0875-8
- [49] de Leeuwe, R. and Groen, W.J.M., Forensic archaeology in the Netherlands: uncovering buried and scattered evidence, in: Mike-Groen, W.J., Márquez-Grant, N. and Janaway, R., Eds., *Forensic archaeology: a global perspective*. John Wiley & Sons, Ltd, The Netherlands, 2015, pp.109-120.
- [50] Sagripanti, G.L., Villalba, D., Aguilera, D. y Giaccardi, A., Avances de la geología forense en Argentina: búsqueda con métodos no invasivos de personas víctimas de desaparición forzada, *Boletín de Geología*, 39(3), pp. 55-69, 2017. DOI: 10.18273/revbol.v39n3-2017004

- [51] Barone, P.M., Di Maggio, R.M. and Ferrara, C., Forensic geoarchaeology in Italy: materials for a standardisation, *International Journal of Archaeology*, 3(1), pp. 45-46, 2015. DOI: 10.11648/j.ija.s.2015030101.16
- [52] Jones, G., Geophysical mapping of historic cemeteries, in: *Conference on Historical and Underwater Archaeology, 2008, Technical Briefs in Historical Archaeology*, Albuquerque, NM, January 9-13, 2008, pp. 27.
- [53] Luong, S., Forbes, S.L., Wallman, J.F. and Roberts, R.G., Monitoring the extent of vertical and lateral movement of human decomposition products through sediment using cholesterol as a biomarker, *Forensic Science International*, 285, pp. 93-104, 2018. DOI: 10.1016/j.forsciint.2018.01.026

Notes

S. Vélez, received the BSc. Eng in Agronomic Engineering in 2004, from the Universidad Nacional de Colombia, and actually he is studying the MSc. Environment and Developing at the Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. ORCID: 0000-0001-6383-9856

T. Monsalve, received the MSc. in Physical Anthropology in 2002, the PhD in Physical Anthropology in 2006, the Post. PhD in Anthropological Sciences in 2012, all of them at Universidad Nacional Autónoma de México. She is currently a professor-researcher at the Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. She has researched in physical and forensic anthropology in topics of human identification, osteopathologies, forced disappearance. ORCID: 0000-0002-8046-9006

M.L. Quiroz, received the BSc. in Sociology in 1982, the MSc. in Political Culture and Pedagogy in Human Rights in 2009, she worked for EPM[®], and she is a social management coordinator. ORCID: 0000-0001-5072-9439

D. Castañeda, received the BSc. Eng. in Agronomic Engineering in 1996, the MSc. in Geomorphology and Soils in 2002, and the PhD in Agricultural Sciences in 2011, all of them from the Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia, he is currently a professor in the Departamento de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín campus, Colombia, since 2013. His research deals with geographic information systems, geostatistics and precision agriculture. ORCID: 0000-0002-2693-371X

S.A. Cardona-Gallo, received the BSc. Eng. in Sanitary Engineering in 1997, the MSc. Environmental Engineering in 2000, from the Universidad Nacional Autónoma de México, the PhD in Environmental Engineering in 2004, from the Universidad Nacional Autónoma de México, the Post. PhD. in Environmental Engineering in 2012, from the Rice University, Houston, USA. He is currently a professor in the Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, campus, Colombia, since 2005. His research interests are water quality, soil quality, remediation, bioremediation, hazardous waste and design of process. ORCID: 0000-0002-1875-7330

A. Terrazas, received the BSc. in Archeology, from the Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, the MSc. in Physical Anthropology in 2002, from the Universidad Nacional Autónoma de México, the PhD in Anthropological Sciences in 2007, from the Universidad Nacional Autónoma de México. He is currently a principal investigator A, TC, full professor, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, México, since 2001. His research

deals with human evolution, early settlement of America, paleoanthropology. ORCID: 0000-0003-2992-236X

S. Sedov, received the MSc. in Soil Science and Agrochemistry in 1985, and the PhD in Biology in 1993, all of them from the Moscow State University, Moscow. From 1999 to present, he is a full-time researcher B, in Department of Pedology, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Coyoacán, Ciudad de México. His research deals with paleopedology, soil genesis and evolution (including soil development in the extreme natural and anthropogenic environments), geoarchaeology. The preferred method is soil micromorphology. ORCID: 0000-0002-7396-3735

How to cite: Vélez, S, Monsalve, T, Quiroz, M.L, Castañeda, D, Cardona-Gallo, S.A, Terrazas, A. and Sedov, S, The study of Necrosols and cemetery soils. DYNA, 86(211), pp. 337-345, October - December, 2019.