

Escuela Nacional de Conservación, Restauración  
y Museografía “Manuel del Castillo Negrete”

## Restos de sangre que evidencian la muerte de un individuo por hemorragia. Fardo mortuario de El Saucillo, Zimapán, Hidalgo

Luisa Mainou  
Ariana Aguilar Romero  
Judith Gómez González  
Gerardo Villa Sánchez  
Jorge Alfredo Gómez-Valdés

# Estudios sobre conservación, restauración y museología

V O L U M E N IV

ISBN: 978-607-484-964-6

publicaciones@encrym.edu.mx  
www.encrym.edu.mx/index.php/publicaciones-encrym

### Palabras clave

Fardo mortuario, Zimapán, células sanguíneas, microscopía electrónica de barrido.

### Resumen

De un fardo mortuario perteneciente a un cazador recolector encontrado en El Saucillo, Zimapán, Hidalgo, se recolectaron muestras con apariencia de costra o polvo café rojizo adheridos en todo el esqueleto, de los fragmentos de tejido blando aún presentes, de los textiles que forman la mortaja (manta, bandas de amarre, faja y petate). Las muestras se observaron con un microscopio electrónico de barrido Jeol JSM 6460 LV y se analizaron por medio de EDS equipado con sonda modelo Inca Energy 250 ED LK-IE 250. En todas las muestras observadas se encontraron abundantes células sanguíneas humanas, evidencia de muerte por hemorragia.

### Introducción

Un fardo mortuario perteneciente a los restos de un individuo, el cual probablemente se tratara de un cazador recolector, fue removido de un abrigo rocoso localizado en El Saucillo, Zimapán, Hidalgo, en el verano del 2014.

Este bulto se compone de un esqueleto perteneciente a un individuo masculino y adulto joven (21 a 35 años) en el cual se conservaron restos de tejido blando fuertemente adheridos a la superficie de los huesos; de una faja —ricamente adornada en uno de sus extremos— que sirvió para atar las piernas flexionadas a la cadera y así mantener el cadáver en posición decúbito lateral izquierdo flexionado; una manta de algodón de tres lienzos hecha en telar de cintura con la que

se envolvió directamente el cuerpo desnudo y la cual se ató con dos grandes bandas elaboradas también con algodón en telar de cintura y, por último, un petate de palma. Este bulto se complementó con un paño envuelto a manera de almohadilla en donde se reposó la cabeza del joven.

El bulto mortuorio fue depositado en un abrigo rocoso cuya humedad y temperatura puede considerarse resultaron suficientemente estables para que se preservara en buen estado. Entre lo más sobresaliente de esta conservación natural está la presencia de restos de pared intestinal, su contenido y la extraña e inusual preservación de vasos sanguíneos.

Se trata de un hallazgo arqueológico ocurrido de manera incidental en junio del 2014. El bulto mortuorio se encontraba alterado: la parte del petate que cubría la cabeza fue destrozada y toda la región media transversal cortada, hecho lamentable pero al mismo tiempo afortunado para las ciencias antropológicas, ya que ha permitido abrir el bulto y realizar la investigación e intervención integral de cada una de las partes que componen dicho fardo.

Durante el proceso de limpieza de los textiles, se hallaron abundantes manchas y costras reseca, agrietadas y abultadas, de color café-rojizo oscuro y olor característico de sangre seca. En el petate se observaron grandes manchas del mismo color, de tipo sérico, mayormente en la zona inferior que recibió los fluidos propios de la putrefacción cadavérica.

Sobre la superficie de los huesos persistieron manchas rojas, lisas, extendidas, por debajo del periostio, así como polvillo de color café rojizo claro. Igualmente en la superficie de todos los tejidos blandos que se conservaron había manchas de color café-rojizo oscuro. El pelo mostró profusos restos orgánicos color café, localizados en las capas superficiales.

Como es sabido, la sangre en estado líquido posee un color que varía de rojo brillante a rojo café, característica que depende de la oxigenación de la sangre, tiene sabor salado y

olor característico. Su densidad varía entre 1.066 para hombres y 1.048 para mujeres; tiene un pH de 7.35 a 7.45. Posee una viscosidad entre 4.5 a 5.5. El 55% de ella corresponde al plasma, y 45% restante a células particulares (Mohandas y Gallagher, 2008).

El plasma está formado por agua que representa noventa y uno por ciento de su totalidad y su función es la de transportar los nutrientes. Las sales, dos por ciento de su composición, se encargan del balance osmótico, regulan el pH gracias a los iones  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$ ; además de garantizar la permeabilidad de las membranas. Las proteínas plasmáticas corresponden a siete por ciento del total del plasma, conformado por albúmina, inmunoglobulinas y fibrinógeno; su función es la de regular el balance osmótico, defender al cuerpo de ataques extracelulares y la coagulación (Bello, 2004, pp. 4-6 y Mohandas, 2008).

Las células sanguíneas ocupan cuarenta y cinco por ciento del total del volumen de la sangre y se encuentran en suspensión en el plasma. Se dividen en células blancas y células rojas, a estas últimas se las conoce como eritrocitos o hematíes; son células bicóncavas con un diámetro promedio de 7 a 8  $\mu\text{m}$  y 1.5 a 2  $\mu\text{m}$  de grosor. Se encargan de transportar el  $\text{O}_2$  a todo el cuerpo y desechar el  $\text{CO}_2$ ; esta función la realizan exitosamente gracias a su forma de disco bicóncavo. Es una célula sumamente elástica y con propiedades deformables, ambas cualidades necesarias para poder atravesar capilares de hasta tres micras de diámetro. La función de transportar gases se efectúa en la hemoglobina que constituye noventa y cinco por ciento de las proteínas del eritrocito; esta última se encuentra en una solución tan concentrada que su estado es casi paracrystalino. Estas células tienen la capacidad de modificar su forma discoide a formas conocidas como esferocitos, equinocitos y estomatocitos de manera reversible cuando cambian sus condiciones ambientales, entre estos factores se encuen-

tran cambios de pH y ATP, cambios en la concentración salina y de colesterol (Bello, 2004, p. 16; Rodak, Fritsma y Keohane, 2014, pp. 107-108; Lim, Wortis y Mukhopadhyay, 2002, p. 16766; Stasiuk, Kijanka y Kozubek, 2009, pp. 425-426; Mukhopadhyay, Lim y Wortis, 2002, p. 1756; y Backman, 1986, p. 281).

El color rojo de estas células se debe a la hemoglobina que es una proteína conjugada de estructura tetramérica o cuaternaria, que consta de una fracción proteínica conocida como globina y una no proteínica formada por cuatro grupos porfirínicos o grupos heme en cuyo centro contienen un átomo de hierro en forma ferrosa (+2), mineral que le da el color. Así, su estructura se compone de monómeros formados de una cadena peptídica y un grupo heme. A su vez, las cadenas están dispuestas por pares, dos cadenas *alfa* ( $\alpha$ ) y dos cadenas *beta* ( $\beta$ ); los genes de las cadenas peptídicas están organizados, a su vez, en dos grupos, un grupo de genes  $\alpha$  situados en el brazo corto del cromosoma 16 y el grupo de genes  $\beta$  situado en el brazo corto del cromosoma 11. El grupo de genes *alfa* contiene dos genes funcionantes  $\alpha 1$  y  $\alpha 2$  que codifican dos péptidos idénticos. En cambio, el grupo *beta* contiene un gen  $\beta$ , un gen *delta* ( $\delta$ ) y uno *gamma* ( $\gamma$ ) que codifican cadenas peptídicas del mismo nombre y que caracterizan a las variedades normales de la hemoglobina (HB) del adulto (Bello, 2004, p. 18 y Rodak *et al.*, 2014, p. 108).

Por otro lado, las células blancas o leucocitos representan el uno por ciento del volumen total de la sangre, son un conjunto de células heterogéneas cuyo tamaño oscila entre las 8 y 20  $\mu\text{m}$ , poseen núcleo, mitocondria y otros orgánulos celulares, son capaces de moverse libremente gracias a que poseen pseudópodos y pueden salir de la red capilar debido a un mecanismo conocido como diapédesis. Se originan en la médula ósea y en el sistema linfático, de ahí que se clasifiquen como mieloides y linfoides. Los monocitos, neutrófilos, eosinófilos y basófilos forman parte de las células mieloides, mientras que

los linfocitos T, los linfocitos B y las células NK (*natural killer*) pertenecen a las linfoides. Su función es la respuesta inmunitaria del cuerpo, interviniendo en la defensa del organismo en contra de sustancias extrañas o agentes infecciosos (Rodak *et al.*, 2014, pp. 3, 153).

Fuera del cuerpo, la sangre se solidifica al coagularse; este es un proceso enzimático encadenado en donde intervienen más de veinte proteínas plasmáticas diferentes que permiten que el fibrinógeno, proteína soluble en la sangre, se transforme en fibrina que es completamente insoluble, capaz de polimerizar y entrecruzarse, formando una gran malla o red tridimensional en la que quedan atrapadas células sanguíneas, sales y agua. Sin embargo, se pueden presentar trastornos de coagulación ocasionados por factores hereditarios o adquiridos.

La sangre es y ha sido un elemento que tiene implicaciones muy precisas; se encuentra en escenas de crimen, o bien en escenarios del pasado donde se llevaron a cabo rituales de tipo religioso, entre otros.

Las ciencias forenses han desarrollado métodos y técnicas precisas para su identificación. La arqueología, desde los años setentas, ha hecho posible la identificación de restos sanguíneos en objetos e individuos que formaron parte de rituales religiosos aprovechando los métodos de las ciencias forenses. Briuer (1976), Broderick (1979), Shafer y Holloway (1979) han identificado sangre a partir de análisis químicos, pero es hasta 1983 que Thomas Loy encuentra por primera vez restos de hemoglobina recristalizada. Para la década de 1990, Loy (1992) Fullagar *et al.* (1991) y Hardy (1992), utilizando técnicas microscópicas, encuentran, en contextos arqueológicos, células sanguíneas y colágena bien identificables por su morfología (Kooyman, 2001, p. 161). Más tarde, en el 2009, Cooper y Nugent reportan hallazgos de restos sanguíneos en artefactos de lítica encontrados en Camooweal, Queensland. Por su lado, Matherson (2009) encuentra en cuatro vasijas ma-

yas de Copán residuos sanguíneos utilizando diversas técnicas de identificación, entre ellas microscopio de luz transmitida y análisis bioquímicos, test Hemastix y fenoltaleína.

La microscopía electrónica de barrido, desde finales del siglo XX, ha sido una herramienta muy útil para detectar, identificar y determinar el estado de preservación de células sanguíneas en contextos arqueológicos (Hortolà, 1992, 2002, 2005, 2008, 2010, 2012; Maat, 1991).

En el desarrollo de este trabajo fue de gran interés identificar, primeramente, la naturaleza de las manchas halladas tanto en el esqueleto como en todas las capas que forman el fardo mortuario y la relación de los depósitos con el estado de conservación de cada objeto; después, determinar si las deposiciones superficiales corresponden a paquetes sanguíneos completos,<sup>1</sup> o bien a células sanguíneas libres, es decir, sangre no coagulada, diagnóstico que nos permitió aproximarnos a la causa de muerte de este individuo. Para ello hemos elegido el método de identificación morfológica por medio de la microscopía electrónica de barrido.

<sup>1</sup> Paquete sanguíneo completo: plasma, células sanguíneas y fibrina en bloque. Cuando esto sucede con la sangre, las células sanguíneas no se distinguen con facilidad.

## Metodología<sup>2</sup>

Las bandas de amarre del fardo fueron cortadas por los descubridores del bulto en siete secciones; de cada una de ellas se tomaron cinco muestras del material adherido a la superficie en forma de costra seca y agrietada de color café oscuro, dando un total de treinta y cinco muestras. De la faja de amarre del cadáver, de la almohadilla, al igual que de la mortaja, se tomaron cinco muestras, de estas, quince presentaron las mismas características. Del petate se tomaron cinco muestras de fibras con manchas café, cinco con manchas rojas y cinco sin manchas. Las muestras tomadas en el esqueleto y en los tejidos blandos se obtuvieron del neurocráneo, cintura escapular, cintura pélvica y de los miembros superior e inferior, dando un total de diez. También se tomaron tres muestras de pelo y dos de cuero cabelludo. En total se tomaron ochenta muestras del fardo. Las dimensiones de las muestras son menores a medio centímetro.

Las muestras de tejidos blandos y petate fueron tomadas con pinzas de cirugía y se adhirieron a cinta de carbón previamente montada en un portamuestras de aluminio. En el caso de las manchas de sangre de los textiles y de los huesos las muestras fueron tomadas directamente de la superficie elegida pegándolas a una cinta de carbón doble cara; posteriormente la cinta se pegó al soporte de aluminio.

Cada muestra fue ionizada con oro de 24k en una ionizadora Denton Vacuum Desk II por un periodo de cuatro minutos. Fueron observadas con un microscopio electrónico de barrido marca Jeol JSM 6460 LV a alto vacío con electrones

<sup>2</sup> Debido a que el estudio en cuestión involucra el hallazgo de células sanguíneas, propias de fluido humano, todas las muestras fueron tomadas con medidas de seguridad: guantes, cubreboca y mono de Tyvek. No se utilizó ningún objeto punzocortante como escalpelos o agujas de disección u otro objeto que pudiera causar cualquier herida o pinchazo por el que fluyera sangre contaminando la investigación.

secundarios, con una distancia de trabajo de 11 mm, a 20 kV a diferentes aumentos dependiendo de las características de la muestra a observar.

## Resultados

En todos los estratos del bulto mortuorio se encontraron restos de sangre seca en distintas condiciones; en los textiles se observaron capas microfragmentadas de color café oscuro, casi negro, sobre la trama de las telas, así como manchas lisas de color café rojizo que permiten ver la trama y la urdimbre

del tejido. Este tipo de mancha prueba que el líquido fue absorbido por las fibras textiles.

Por otro lado, las fibras de palma con las que fue elaborado el petate muestran una coloración café rojiza intensa; solo con ayuda de lupas de aumento se pueden percibir pequeños cúmulos de material sanguíneo sobre la superficie de la palma.

Respecto a los restos óseos y restos de tejido blando, se detectaron a simple vista regiones amplias en cuya superficie se encontraba depositado un polvillo rojo marrón. Únicamente se encontraron costras de sangre en el cabello (véase tabla I).

	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	1	2	3	4	5
Petate con manchas rojas	sí	sí	sí	sí	sí
Petate costras café oscuro	sí	sí	sí	sí	sí
Petate sin manchas	no	no	no	no	no
Banda de amarre 1	sí	sí	sí	sí	sí
Banda de amarre 2	sí	sí	sí	sí	sí
Banda de amarre 3	sí	sí	sí	sí	sí
Banda de amarre 4	sí	sí	sí	sí	sí
Banda de amarre 5	sí	sí	sí	sí	sí
Banda de amarre 6	sí	sí	sí	sí	sí
Banda de amarre 7	sí	sí	sí	sí	sí
Mortaja	sí	sí	sí	sí	sí
Almohadilla	sí	sí	sí	sí	sí
Faja	sí	sí	sí	sí	sí
Esqueleto	sí	sí	sí	sí	sí
Tejidos blandos	sí	sí	sí	sí	sí
Pelo/ cuero cabelludo	sí	sí	sí	sí	sí

Tabla I. Presencia de células sanguíneas encontradas en cada muestra analizada. En la tabla se presentan los resultados obtenidos del muestreo en todos los estratos del fardo mortuorio de Zimapán, Hidalgo. Como puede observarse solamente en un estrato no se encontraron huellas de restos sanguíneos.

En las muestras analizadas se hallaron dos tipos de células, unas con aspecto discal bicóncavo cuyas dimensiones oscilan entre 7.3 y 7.8  $\mu\text{m}$  de diámetro (eritrocitos), y otras globulares de mayor tamaño cuya superficie presenta rugosidades (leucocitos). En la tabla 2 se muestra la abundancia o escasez de ambas células en todos los estratos del bulto mortuorio.

Microscópicamente se obtuvieron los siguientes resultados:

En las muestras obtenidas de las bandas de amarre se observaron únicamente abundantes eritrocitos (véase figura 1). Las muestras de la faja presentaron abundantes células sanguíneas, entre ellas células blancas y eritrocitos (véase figura 2). Las células sanguíneas encontradas en la mortaja también son muy abundantes; en este textil se encontraron mucho mayor número de eritrocitos que células blancas. Igualmente en los tejidos blandos, tanto en periostio, como tejido muscular, tendones, ligamentos y piel (véase figura 3), cuero cabelludo, pelo (véase figura 4), así como en el tejido de la pared intestinal (véase figura 5) y los vasos sanguíneos, ambos tipos de células sanguíneas son muy abundantes (véase figura 6).

Las muestras analizadas del petate revelaron la presencia de células sanguíneas, más abundantes en las muestras correspondientes a la zona inferior que en la zona superior del envoltorio (véase figura 7).

	NULO		REGULAR		ABUNDANTES	
	CB	E	CB	E	CB	E
Petate			X			X
Bandas de amarre	X					X
Manta			X			X
Almohadilla			X			X
Faja			X			X
Esqueleto					X	X
Tejidos blandos					X	X
Pelo	X					X

Tabla 2. Restos sanguíneos encontrados en las distintas capas del fardo mortuorio de El Saucillo, Zimapán, Hidalgo. En esta tabla se representa de manera cualitativa la cantidad de células sanguíneas, rojas y blancas, observadas en cada uno de los campos analizados. Como se puede apreciar no se localizaron células blancas en las muestras analizadas de cabello ni en las bandas de amarre.

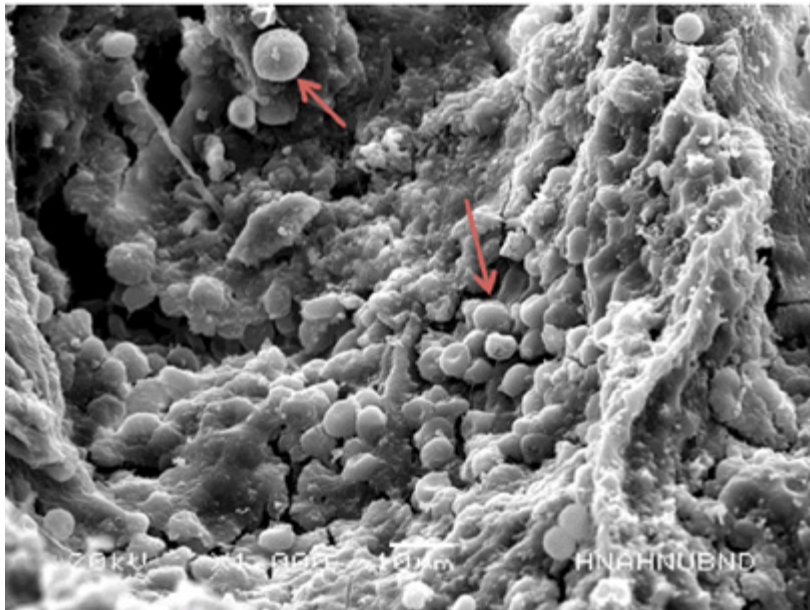


Figura 1. Depósito de células sanguíneas sobre la banda de amarre del cadáver. Las células rojas presentan forma de esferocitos. Foto: L. Mainou y G.Villa.

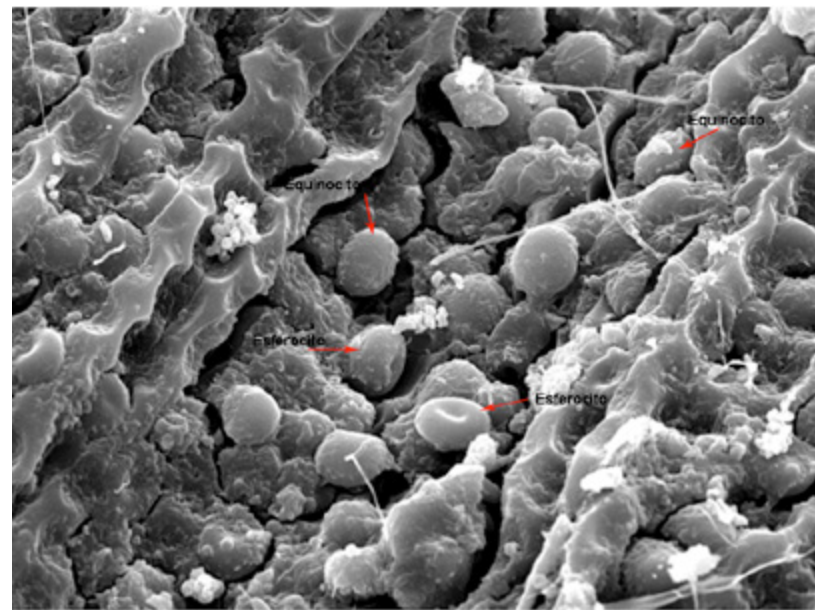


Figura 2. Depósito de células sanguíneas sobre la mortaja del fardo mortuorio. En el canal central del tejido se observan múltiples células discales bicóncavas; unas muestran el lado cóncavo y otras el lado posterior. Las células encontradas tienen forma de esferocitos y equinocitos. Foto: L. Mainou y G.Villa.

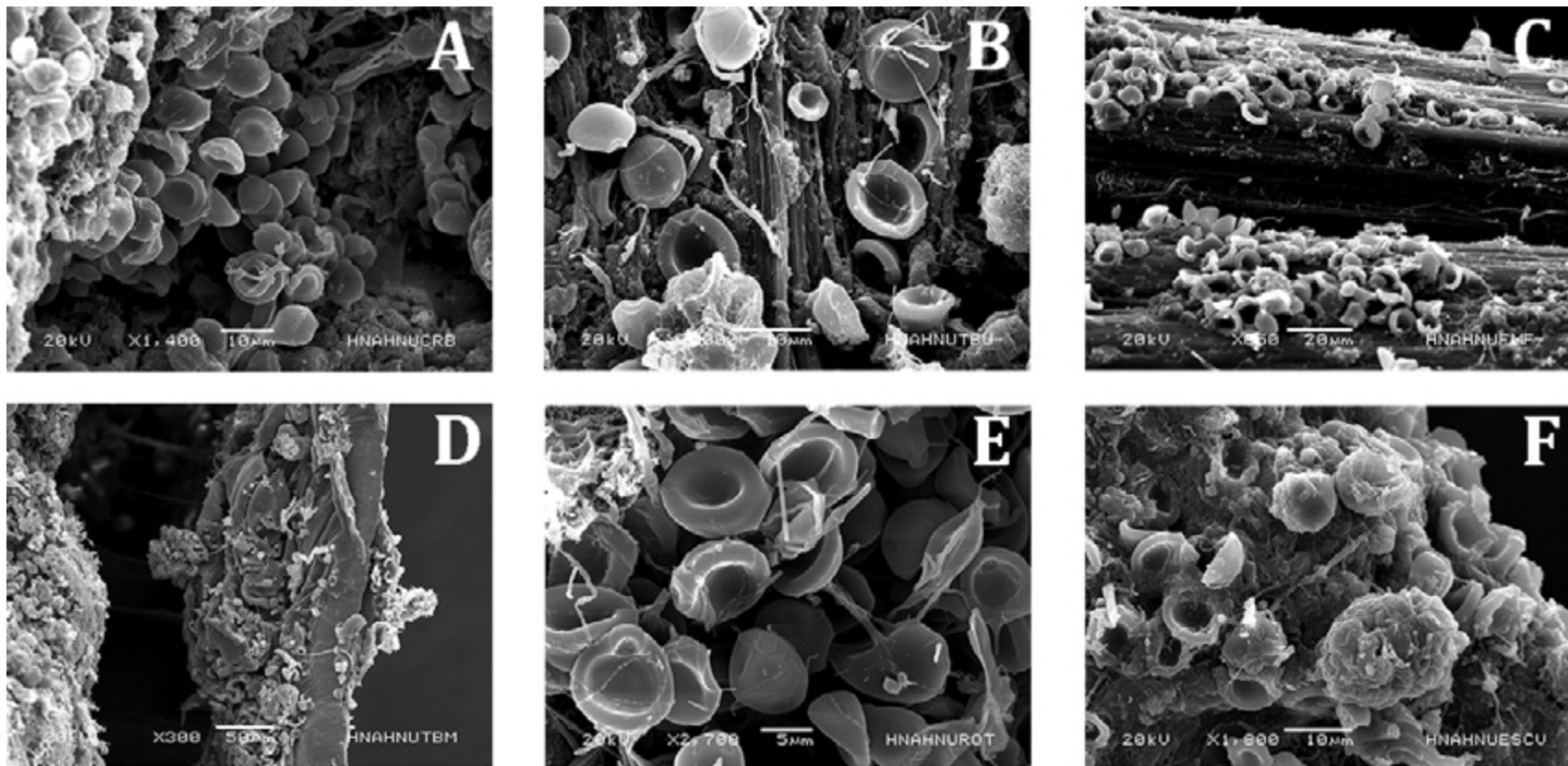


Figura 3. Presencia de células sanguíneas en tejidos blandos. Obsérvese que todas las células sanguíneas se encuentran libres, no hay presencia de fibrina ni plasma. A) Eritrocitos conservados en la masa cerebral. B) Eritrocitos encontrados en la superficie de la patela derecha. C) Abundantes eritrocitos conservados íntegramente en fibras musculares estriadas. D) Células sanguíneas conservadas en vasos sanguíneos encontrados en la región abdominal. E) Eritrocitos preservados en la piel. F) Cúmulo de eritrocitos encontrados en la carilla articular de la clavícula izquierda.



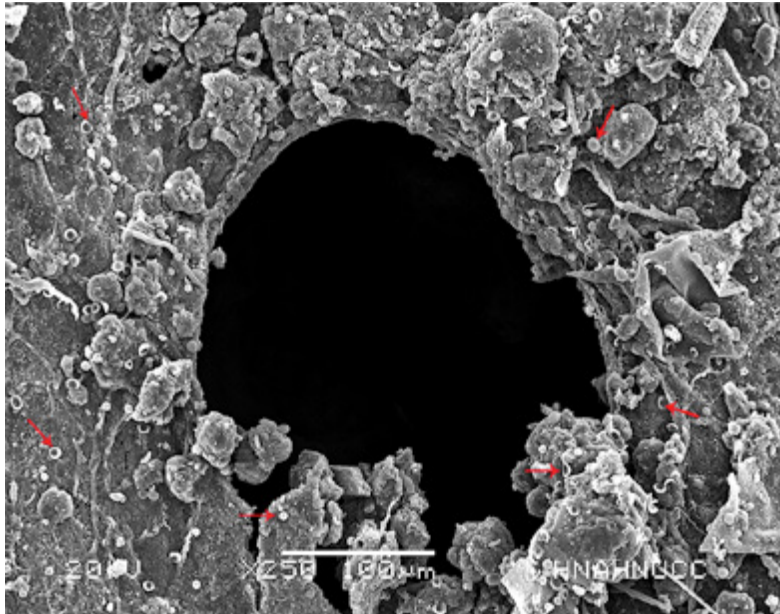


Figura 4. Fragmento de cuero cabelludo en el que se han preservado múltiples células sanguíneas (eritrocitos). Las flechas rojas señalan algunos eritrocitos que presentan distintas posiciones. Obsérvese que toda la superficie presenta células sanguíneas.

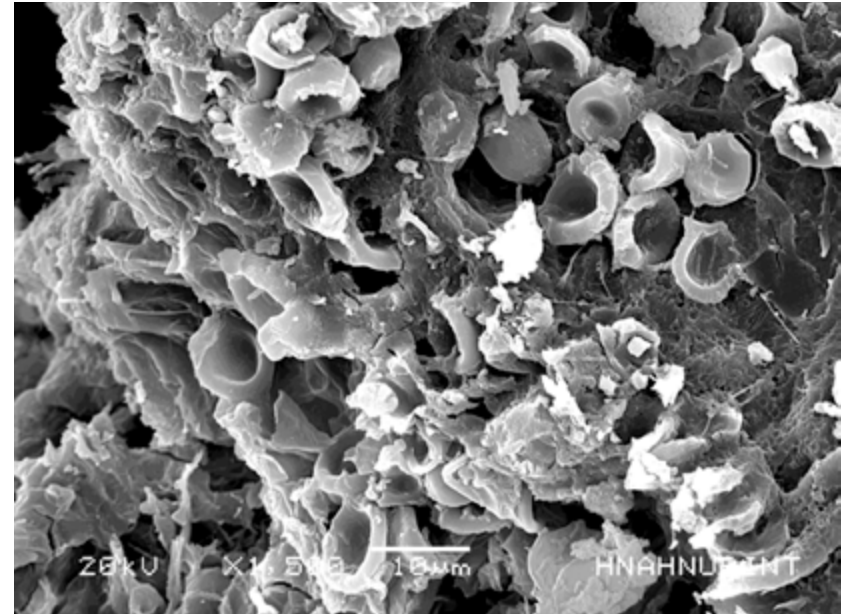


Figura 5. Eritrocitos hallados en la pared intestinal.

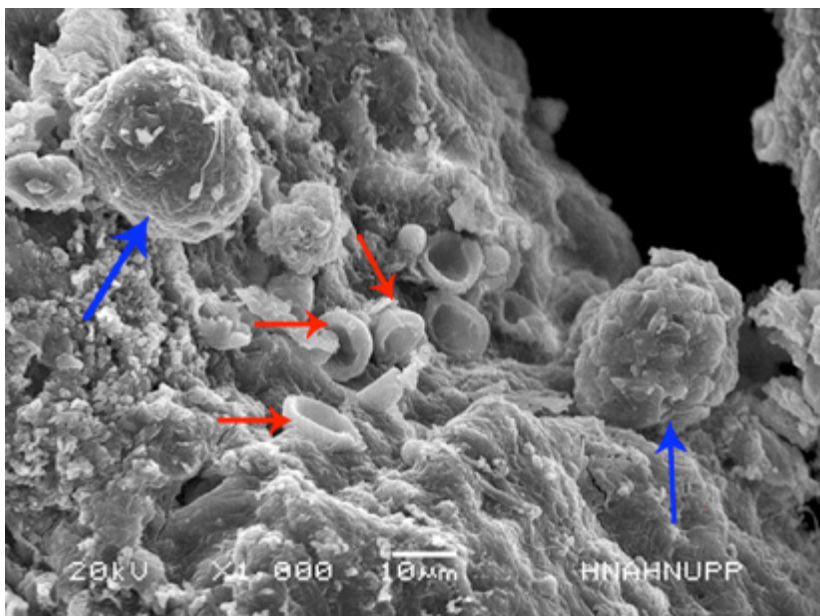


Figura 6. Vasos sanguíneos en los que se preservaron células sanguíneas (eritrocitos y células blancas). Las células blancas están marcadas con flechas de color azul y los eritrocitos con flechas rojas.



Figura 7. Fragmento de petate de palma con cúmulo de células sanguíneas (eritrocitos).

## Discusión

La sangre es tejido conectivo que circula dentro de una compleja red vascular. En el momento de la muerte, las células sanguíneas circulantes en el plasma se autodestruyen mediante la contribución de algunas enzimas. Por tal motivo es casi imposible encontrar eritrocitos o cualquier tipo de célula blanca en cadáveres, a no ser que, las condiciones de enterramiento y los factores microambientales favorezcan su preservación (Carter, 2005, Cattaneo, 1993; Langejans, 2010 en Matheson, Hall y Viel, 2005). En entierros antiguos la preservación de células sanguíneas han sido encontradas en médula ósea o en cuerpos parcial o totalmente momificados, de manera natural o artificial; extracorpóreamente se han hallado en instrumentos u objetos sacrificiales o de autosacrificio, al igual que en artefactos utilizados para la caza de animales y en su procesamiento como alimento y vestido (Hortolà, 2012).

Los estudios publicados al respecto mencionan que los restos sanguíneos encontrados en objetos de piedra, madera o metal, permanecen a lo largo del tiempo como manchas más o menos planas de color café rojizas y que para su identificación se han requerido análisis bioquímicos, ya que la destrucción celular no permite la identificación morfológica por medio del uso de microscopio. Hortolà (1992, 2002, 2005, 2006, 2009, 2012) ha realizado varios ensayos depositando sangre fresca humana o animal sobre distintos soportes, entre ellos obsidiana, piedra y acero inoxidable, analizando las costras obtenidas por medio de MEB. Los resultados que ha obtenido hasta el momento son placas sanguíneas amorfas fracturadas, en cuya superficie se pueden identificar discos de dimensiones de siete a ocho micras de diámetro, algunos de manera aislada y otros acomodados en pilas, cubiertos y envueltos por fibrina.

En el fardo estudiado la cantidad de células sanguíneas llama la atención, pero su estado de conservación es aún más

llamativa Maat (1991) encontró e identificó por medio de MEB células sanguíneas libres bien preservadas por debajo de una capa mineral que ha denominado pátina. En su artículo Maat no menciona la naturaleza de los mismos. En su estudio este autor se plantea la posibilidad de que los eritrocitos y las células blancas encontradas se conservaran gracias a la momificación o bien a un proceso natural de fosilización.

Este mismo planteamiento se hizo en el caso que ahora nos ocupa. La abundante preservación de las células sanguíneas no pudo deberse sino a los dos factores planteados por Maat: momificación o fosilización. Sin embargo, después de realizar los análisis con MEB-EDS, podríamos hacer una comparación entre estos dos fenómenos de preservación de tejidos blandos. Con EDS se encontraron  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^2$ ,  $\text{Mg}^2$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{K}^+$ , sales minerales propias del plasma y que en condiciones microambientales específicas favorecen la preservación de estos tejidos por mineralización; por otro lado, desgraciadamente el fardo fue vandalizado y removido de su lugar de origen por lo que se desconocen las condiciones ambientales y microambientales del depósito funerario, aunque se puede presuponer que las condiciones del mismo impidieron que el proceso de putrefacción se llevara a cabo por completo, ya que aún se conservan algunos restos de tejido blando adherido al esqueleto.

La cantidad y la morfología de los eritrocitos localizados en los distintos estratos nos permiten pensar que es posible que este individuo se haya desangrado por completo. Esta hipótesis la sustentamos en lo siguiente: todos los estratos del fardo (petate, mortaja, bandas y cadáver) poseen múltiples restos sanguíneos, en especial los que se encontraban por debajo del cuerpo. Otro hallazgo relevante es que los eritrocitos depositados o atrapados en los textiles están hipertónicos, es decir, que su forma discal se modificó debido a la absorción de líquido hinchándose hasta adoptar la forma de esferocitos, mientras que los encontrados en el esqueleto, la médula ósea,

los tejidos blandos y el petate mantuvieron su forma original. Stasiuk, Kijanka y Kozubek (2009), Mukhopadhyay (2002), Lim (2002) y Backman (1986) mencionan que los eritrocitos en condiciones específicas como pH alto, alta salinidad, el agotamiento de ATP, entre otras, modifican su forma original de manera reversible.

Dicha situación se puede explicar porque todos los textiles del fardo fueron elaborados con algodón; este material a diferencia del resto de los materiales que componen el bulto es completamente absorbente. Si la sangre contiene en promedio 2.5 litros de agua el algodón absorbió la mayoría de esta junto con las células sanguíneas que al estar embebidas en plasma poco circulante se hipertrofiaron. A ello se suma que el petate que envolvió a los textiles es impermeable; sus fibras impidieron que, por cierto lapso de tiempo, los líquidos corporales se secaran o evaporaran o que fuesen absorbidos por el suelo del depósito mortuorio, condición particular que cambió la concentración salina y el pH favoreciendo la modificación morfológica de los eritrocitos a esferocitos.

Por último, la abundancia de células sanguíneas, así como la ausencia de plaquetas y fibrina halladas en el fardo, nos lleva a descartar una de las posibles muertes de la época prehispánica: el sacrificio humano. Podemos asegurar que este joven no murió víctima de un sacrificio humano, ya que en su esqueleto no se encontró ninguna huella que evidencie tal acto, como podría ser la fractura del esternón o de las costillas (Tiesler y Cucina, 2007; Meehan (2010); además, la sangre derramada hubiera coagulado y se obtendrían imágenes fotográficas semejantes a las que ha obtenido Hortolà, es decir, costras o placas de fibrina que envuelven las células sanguíneas en vez de eritrocitos y leucocitos completamente libres y aislados.

Lo que sí se puede asegurar es que la muerte de este individuo se debió a un choque hipovolémico. Como se mencionó con anterioridad, la pérdida de sangre fue tal, que es

posible que haya sangrado por todos los orificios del cuerpo (ojos, oídos, nariz, boca y esfínteres). Este individuo murió por una hemorragia intensa. ¿Qué la provocó? ¿Alguna enfermedad hemolítica? ¿Dengue hemorrágico? Las causas de la muerte por hemorragia son aún investigadas.

## Conclusiones

Las evidencias de sangre en muestras arqueológicas no abundan debido a que las células sanguíneas después de la muerte sufren un proceso de descomposición llamado autólisis, en el que se rompen las paredes celulares dejando salir el contenido intracelular, anulándose cualquier posibilidad de hallazgo.

Sin embargo, en el caso del fardo de El Saucillo, en Zimapán, dos circunstancias favorecieron la conservación de las células sanguíneas; por un lado, una afectación hemolítica grave aquejaba a este individuo provocando una hemorragia no coagulante que causó su temprana muerte; por el otro, dentro del abrigo rocoso, las condiciones microambientales favorecieron la preservación del material sanguíneo de la siguiente manera: en las imágenes obtenidas con MEB se observó que el suero sanguíneo se cristalizó lentamente, mineralizando parcialmente las células sanguíneas; igualmente, se pudo verificar que los tejidos epiteliales y conjuntivos se preservaron debido a un desecamiento paulatino, situación que es favorecida en ambientes semisecos propios de abrigos rocosos.

La abundancia de las células sanguíneas en todos los estratos del fardo, corroboran que este individuo murió debido a una hemorragia profusa. Con este estudio constatamos que la sangre no solamente traspasó las barreras del cuerpo, sino también las externas del envoltorio.

## Referencias

Backman L. Shape (1986), "Control in the human red cell", en *Journal of Cell Science*, vol. 80, pp. 281-298.

Cabrera, D. A. (2010), "El ritual del sacrificio de animales en la cultura Ibérica: una perspectiva arqueológica", tesis doctoral, Madrid, Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía e Historia, Departamento de Prehistoria.

Carod, A. F. J. y C. B. Vázquez (2007), "Semillas psicoactivas sagradas y sacrificios rituales en la cultura Moche", en *Neurologia*, 44(1), pp. 43-50.

Cattaneo, C., K. Gelsthorpe, P. Phillips y R.J. Sokol (1993), "Blood residues on stone tools: indoor and outdoor experiments", en *World Archaeology*, 25(1), pp. 29-43.

Craig, G. S., M. Newman, E. J. Knell y E. S. Hall (1996), "Blood protein residues on lithic artifacts from two archaeological sites in the De Long Mountains, Northwestern Alaska", en *Arctic*, 49(1), pp. 1-10.

CIRC (2009), *Personas desaparecidas, análisis forense de ADN e identificación de restos humanos. Guía sobre prácticas idóneas en caso de conflicto armado y de otras situaciones de violencia armada*, Ginebra, Comité Internacional de la Cruz Roja.

Collins, M. J., C. M., Nielsen-Marsh, J. Hiller, C. I. Smith y J. P. Roberts (2002), "The survival of organic matter in bone: a review", en *Archaeometry* 44 (3), pp. 383-394.

Hortolà, Policarp (2002), "Red blood cell haemotaphonomy of experimental human bloodstains on techno-prehistoric lithic raw Materials", en *Journal of Archaeological Science*, vol. 29, pp. 733-739.

\_\_\_\_\_ (1992), "Sem analysis of red blood cells in aged human bloodstains", en *Forensic Science International*, vol. 55, pp. 139-159.

Kooyman, P. B. (2000), *Understanding Stone Tools and Archaeological Sites*, Calgary, University of Calgary Press y University of New Mexico Press.

Krenzer, Udo (2006), "Cambios post mortem", en *Compendio de métodos antropológicos forenses para el perfil osteo-biológico*, t. VII, Centro de Análisis Forenses y Ciencias Aplicadas CAFCA.

Lanjergans Geeske H. J. (2010), "Remains of the day-preservation of organic micro-residues on stone tools", en *Journal of Archaeological Science*, vol. 37, pp. 971-985.

Lim H. H., G M. Wortis y R. Mukhopadhyay (2002), *Stomatocyte-echinocyte sequence of the human red blood cell: Evidence for the bilayer couple hypothesis from membrane mechanics*, Washington, PNAS, vol. 99, pp. 16766-16769.

Loy, T.H (1983), "Prehistoric blood residues: detection on tool surfaces and identification of species of origin", en *Science*, vol. 220, pp. 1269-1270.

Loy, T. H. y A.R. Wood (1989), "Blood residue analysis at Cayönü Tepesi, Turkey" en *Journal of Field Archaeology*, 16 (4), pp. 451-460.

Loy, T.H y James Dixon E. (1988), "Blood residues on fluted points from Eastern Beringia", en *American Antiquity*, 63 (1), pp. 21-46.

Loy, H.T. (1992), "The artifact as site: an example of the biomolecular analysis of organic residues on prehistoric tools", en *World Archaeology*, 25 (1), pp. 44-63.

Maat, George. J. R. (1991), "Ultrastructure of normal and pathological fossilized red blood cells compared with pseudo-pathological biological structures", en *International Journal of Osteoarchaeology*, vol. 1, pp. 209-214.

Matherson, Carney D., Hall y Viel Reené (2005), "Drawinh first blood Maya ceramics at Copán, Honduras", en *Archaeological Science under a Microscope*, Terra Australis 30.

Meehan, D. P. (2010), "Blood, fire and fertility: human remains and ritual practices at the Temple Pyramid Groups of Cantona, Puebla, México", tesis de maestría, Montreal, Universidad de Montreal, Facultad de Artes y Ciencias, Departamento de Antropología, 143 páginas, documento electrónico disponible en <<http://hdl.handle.net/1866/4260>>.

Mohandas N. y P. G. Gallagher (2008), "Red cell membrane: past, present, and future, en *Blood*, 112 (10), pp. 3939-3948.

Mukhopadhyay, R., G. Lim y M. Wortis (2002), "Echinocyte shape: Bending, stretching, and shear determine spicule shape and spacing", en *Biophysical Journal*, vol. 82, pp. 1756-1772.

Nelson, D. E., T. H. Loy, J. S. Vogel y J. R. Southon (1986), "Radiocarbon dating blood residues on prehistoric stone tools", en *Radiocarbon*, 28 (1), pp. 170-174.

Pijoan, A. C. y J. Mansilla (2000), "La cueva de la Candelaria: bultos mortuorios y los materiales", *Chungara, Revista de Antropología Chilena*, 32 (2), pp. 211-215.

Prieto, S. L. (2002), "Estudio de polimorfismo de ADN en restos humanos antiguos y muestras forenses críticas: valoración de estrategias y resultados, tesis doctoral, Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Biología, Departamento de Antropología, Facultad de Medicina, Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria.

Rodak, B., G. Fritsma y E. Keohane (2014), *Hematología. Fundamentos y aplicaciones clínicas*, México, Editorial Médica Panamericana.

Tiesler, B.V. y A. Cucina, "El sacrificio humano por extracción de corazón: una evaluación osteotafonómica de violencia ritual entre los mayas del Clásico, en *Estudios de Cultura Maya*, vol. 30, México. UNAM. pp. 57-78.

Stasiuk, M., G. Kijanka y A. Kozubek (2009), "A transformations of erythrocytes shape and its regulation", en *Postepy Biochemii*, 55 (4), pp. 425-433.