

COMPUESTOS QUÍMICOS

generados durante la putrefacción y sus efectos en los cadáveres humanos

Jesús Alberto Jiménez Ochoa¹
ORCID: 0009-0000-1341-0701
Universidad de Colima; Colima, México.

La putrefacción es un complejo proceso de degradación natural de la materia orgánica cadavérica atribuible a la acción de diversas especies de microorganismos, notoriamente modulado por factores medioambientales, constitucionales del cadáver y causales del deceso (Jiménez, 2016) y facilitado por los efectos histolíticos de diversas enzimas corporales (Janaway et al., 2009).

La mayor parte de los microorganismos que intervienen en la putrefacción provienen de las comunidades biológicas que colonizan naturalmente las superficies y cavidades corporales y conforman nuestra microbiota; integrada por virus, procariotas (bacterias y arqueas), microeucariotas (levaduras, hongos filamentosos y protozoarios), así como algunos macroeucariotas (nemátodos, platelmintos y ácaros) que actúan como comensales, mutualistas o parásitos (Alarcón et al., 2016; Lafo-

rest-Lapointe y Arrieta, 2018; Páez, 2021; Skowron et al., 2021). Los demás proceden del exterior e ingresan a los cadáveres por sus orificios naturales o las heridas que presenten.

Tan pronto cesan las funciones del sistema inmunológico en el occiso, comienza la proliferación de las bacterias anaerobias y anaerobias facultativas que habitan el área ileocecal (Tambuzzi, 2023); generándose ciertos compuestos gaseosos, tales como bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano (Gunn y Pitt, 2012), que facilitan la diseminación de los microorganismos entéricos, a través de los vasos linfáticos y sanguíneos, al resto de los órganos y tejidos del cadáver (Jiménez, 2016).

El sulfuro de hidrógeno reacciona, entre las primeras 2 y 14 horas posteriores al deceso, con ciertas proteínas corporales, entre ellas la hemoglobina y mioglobina, para dar lugar a la

formación de diversos compuestos azufrados (como la sulfomioglobina, la sulfohemoglobina y el sulfuro de hierro) que producen la *mancha verde abdominal* a nivel de ambas fosas ilíacas (figura 1); aunque a veces, con mayor frecuencia e intensidad, solo en la del lado derecho (Jiménez, 2016).

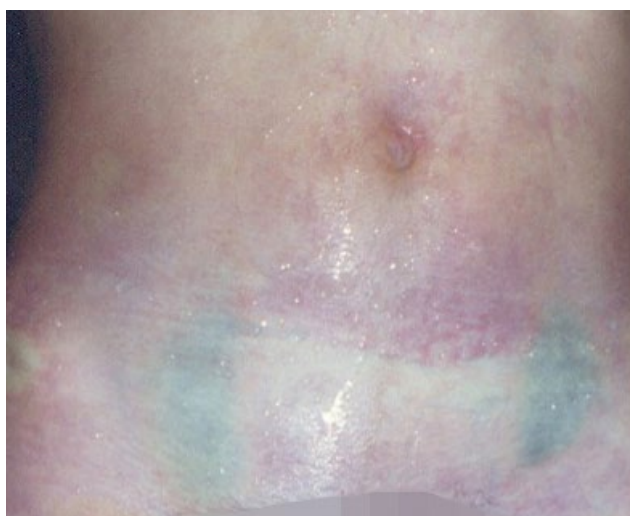


Figura 1. Mancha verde abdominal en ambas fosas ilíacas (Jiménez, 2016).

Al cabo de entre 24 horas y 48 horas, los productos de la degradación de la hemoglobina generan una coloración verdosa, verde-negrizca o negruzca a lo largo de algunos vasos sanguíneos y el tejido subcutáneo adyacente, originando la llamada *red venosa póstuma* (figura 2) y el *ennegrecimiento necrótico tisular* (figura 3), ambos, fenómenos cadavéricos que aunados a la palidez cérea, las livideces cadavéricas y la mancha negra esclerotical, caracterizan, según los criterios esbozados por el médico forense francés Ambroise Tardieu (1818-1879), a la primera etapa de la putrefacción, denominada *etapa, fase o periodo cromático o colorativo* (Jiménez, 2016).



Figura 2. Red venosa póstuma en extremidad superior derecha.



Figura 3. Ennegrecimiento necrótico tisular de la pierna izquierda.

Al continuar la descomposición de proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos, se producen cientos de compuestos orgánicos volátiles; de entre los que destacan los ácidos acético, carbónico, fenilacético, fenilpropiónico, fórmico, glucólico, láctico, propanoico y succínico, amoniaco, bióxido de carbono, disulfuro de dimetilo, escatol, etanol,

fenol, glicerol, hidrógeno molecular, indol, mercaptano, octano, piridina, propanona, sulfuro de amonio, sulfuro de dimetilo, tetraclo-roetileno, tetrametilpirazina, trimetilpirazina, trisulfuro de dimetilo, así como un variado grupo de compuestos químicos llamados *ptomaínas*; siendo la cadaverina, colina, midaleína, putrescina y trimetilamina las más conocidas (Gunn y Pitt, 2012; Statheropoulos et al., 2007; Rosier et al., 2015).

La acumulación e infiltración de los compuestos antes mencionados en las grandes cavidades corporales y el tejido celular subcutáneo genera hinchazón de los párpados, mejillas y labios, protusión oftálmica y lingual, así como distensión del cuello, mamas, tórax, abdomen, extremidades superiores e inferiores y los genitales del cadáver (Figura 4); manifestaciones que conforman *la segunda etapa o periodo enfisematoso* de la putrefacción.



Figura 4. Cadáveres en la etapa inicial del periodo enfisematoso (Jiménez, 2016).

Además de los efectos macroscópicos antes descritos, la mezcla en el aire de los compuestos liberados produce el inconfundible olor de los cadáveres descompuestos.

La tercera etapa de la putrefacción, denominada *fase, etapa o periodo colicuativo*, inicia, luego de entre 36 y 72 horas (Jiménez, 2016), con la formación de vesículas o flictenas llenas de gases y líquidos que, al reventar, favorecen el desprendimiento de la piel, las uñas y los elementos pilosos.

Los tejidos blandos adquieren un aspecto superficial acaramelado y comienzan a reblandecerse para dar lugar, gradual e inexorablemente, a una masa pultácea amarillenta, verdosa, marrón o negruzca, denominada *putrilago* (Figura 5).



Figura 5. Cadáver en el periodo colicuativo.

Al término de los anteriores procesos, los tejidos corporales remanentes tienden a deshidratarse y desprenderse de las estructuras óseas que aún los sostienen (Figura 6). En esta última etapa de la descomposición cada- vérica, denominada *etapa, fase o periodo re- ductivo* o de *reducción esquelética*, los ácidos grasos volátiles producidos durante la des- composición de los lípidos corporales, espe- cialmente el butírico, valérico, caprónico y ca- prílico, confieren olores rancios a los restos humanos (Rosier et al., 2015).



Figura 6. Cadáver en proceso de reducción esquelética.

La degradación de los ligamentos produ- ce finalmente el desprendimiento, desarticula- ción y/o separación de las piezas óseas que constituían el esqueleto. Si los restos fueron inhumados o quedaron sobre el suelo y al aire libre, tienden a perder sus componentes inor- gánicos, principalmente calcio, fosforo y mag- nesio; tornándose quebradizos y con tenden- cia a la pulverización.

La duración total de la etapa de reducción esquelética es extremadamente variable; pu- diéndose requerir, dependiendo de las condi- ciones bajo las que se encuentren los restos áridos, entre 18 y 72 meses (Jiménez, 2016); cerrándose de esta manera, en el corto, me- diano o largo plazo, diversos ciclos biogeoquí- micos.

Referencias:

- Alarcón Cavero, T., D'Auria, G., Delgado Palacio, S., Del Campo Moreno, R. y Ferrer Martínez, M. (2016). *Microbiota*. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica.
- Gunn, A. y Pitt, S. J. (2012). Microbes as forensic indicators. *Tropical Biomedicine*, 29(3), pp. 311-330.
- Janaway, R. C., Percival, S. L. y Wilson, A. S. (2009). Decomposition of human remains. En S. L. Percival (ed.), *Microbiology and Aging. Clinical manifestations* (pp. 313-334). Human Press.
- Jiménez Ochoa, J. A. (2016). *Tanatología forense*. Editorial Flores.
- Laforest-Lapointe, I. y Arrieta, M. C. (2018). Microbial eukaryotes: a missing link in gut microbiome studies. *mSystems*, Mar 13; 3(2):e00201-17. <https://journals.asm.org/doi/10.1128/mSystems.00201-17>.
- Páez Albitre, I. (2021). *Relación de los protozoarios con las poblaciones microbianas en el medioambiente y en el intestino. Revisión narrativa*. [Trabajo de fin de grado, Facultad de Medicina], Universidad de Zaragoza.
- Rosier, E., Loix, S., Develter, W., Van de Voorde, W., Tytgat, J. y Cuypers, E. (2015). The search for a volatile human specific marker in the decomposition process. *PLoS ONE*, 10(9):e0137341. <https://doi.org/10.1372/journal.pone.0137341>.
- Skowron, K., Bauza-Kaszewska, J., Kraszewska, Z., Wiktorczyk-Kapischke, N., Grudlewska-Buda, K., Kwiecińska-Piróg, J., Wałęcka-Zacharska, E., Radtke, L. y Gospodarek-Komkowska, E. (2021). Human skin microbiome: impact of intrinsic and extrinsic factors on skin microbiota. *Microorganisms*, Mar 5; 9(3):543. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030543>.
- Statheropoulos, M., Agapiou, A., Spiliopoulou, C., Pallis, G. C. y Sianos, E. (2007). Environmental aspects of VOCs evolved in the early stages of human decomposition. *Science of the Total Environment*, 385(1-3), pp. 221-227.
- Tambuzzi, S., Maciocco, F., Gentile, G., Boracchi, M., Faraone, C., Andreola, S. y Zoja, R. (2023). Utility and diagnostic value of postmortem microbiology associated with histology for forensic purposes. *Forensic Science International*, 342:111534. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111534>.