

## TANATOMICROBIOMA: MUERTE DESPUÉS DE LA VIDA, VIDA DESPUÉS DE LA MUERTE

por JUAN CARLOS CODINA ESCOBAR

COLABORADOR HONORARIO DEL DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA DE LA UMA. PROFESOR DE EESS EN EL IES SIERRA  
BERMEJA, AVENIDA RAMÓN Y CAJAL, 113. 29014 - MÁLAGA

JCCODINA@UMA.ES

*Palabras clave: microbioma, cadáveres, forense.*

*Enviado: 29 febrero 2016. Aceptado: 3 marzo 2016*

A la pregunta de si existe vida después de la muerte, la contestación obvia es sí. Es algo que se conoce desde hace mucho tiempo y que responde al nombre de sucesión ecológica. Después de la muerte de un organismo, su cadáver es el punto de partida para la aparición de nueva vida. Se trata simplemente de un proceso en el cual los componentes básicos, átomos y moléculas, pasan a ser utilizados y reorganizados de manera diferente por otros organismos. Toda una nueva ciencia está surgiendo del estudio de estos procesos, con sorprendentes aplicaciones.

*Is there life after death? Obviously yes, there is. It is just the well known process of ecological succession that occurs after the organism death. This ending is the start of a new kind of life in which the basic components, atoms and molecules, spread and reorganize in new life forms. A new kind of science is rising from the study of these processes, with astonishing applications.*

El ser humano no es un organismo exento de sufrir este proceso, aunque sea un tema no muy agradable de ser tratado. En el caso de la especie humana, son muchos los organismos implicados en el proceso, si bien los más relevantes son microorganismos autóctonos, básicamente bacterias y hongos; a los que hay que añadir los insectos, a saber, moscas y escarabajos. La microbiota normal de la especie humana consta de unos pocos microorganismos eucariotas, fundamentalmente hongos y protistas, y algunas arqueas metanógenas que colonizan la parte más distal del tubo digestivo; pero son las bacterias los componentes más numerosos de la microbiota de un individuo sano. Sin embargo, no dejan de ser, en general, grandes desconocidos. De ahí que de forma análoga a lo realizado en el Proyecto Genoma, se haya planteado un proyecto para caracterizar el microbioma humano. El término microbioma se refiere a la totalidad de microorganismos, sus genomas y sus interacciones en un medio ambiente definido, en nuestro caso el ser humano<sup>[1]</sup>.

A un nivel mucho más limitado, se está llevando a cabo por parte de investigadores forenses un estudio del microbioma que se desarrolla sobre cadáveres humanos; lo que se ha denominado el tanatOMICROBIOMA. Se trata de un término relativamente reciente, acuñado en el 66<sup>th</sup> Annual American Academy of Forensic Science meeting por la Dra. Javan en Seattle (EE.UU.) el 22 de febrero de 2014. Comprende el estudio de los microorganismos asociados con el proceso

de descomposición humana que residen y proliferan en los órganos internos y en la sangre<sup>[2]</sup>. De forma más general, incluye también a los microorganismos que se encuentran en la superficie de los cadáveres. Es necesario diferenciarlo de otros términos empleados en la literatura forense como son el necrobioma que se refiere a la comunidad de especies procariontas y eucariotas asociada a la descomposición de restos de biomasa<sup>[3]</sup>; y la comunidad bacteriana epinecrotica, una subdivisión del necrobioma, que incluye a aquellos microorganismos que habitan o se mueven por la superficie de restos en descomposición, sean la piel o la membrana mucosa de una cavidad<sup>[4]</sup>. En un individuo adulto sano, la mayoría de los órganos internos como el cerebro, bazo, hígado y corazón no presentan microorganismos ya que el sistema inmune lo impide. Sin embargo, después de la muerte y la consiguiente parada en el funcionamiento del sistema inmune, los microorganismos proliferan por todo el cuerpo, empezando en el área íleocecal, extendiéndose al bazo e hígado, para acabar en el corazón y cerebro<sup>[5]</sup>.

Los problemas metodológicos asociados con este tipo de estudios resultan obvios. En primer lugar, la disponibilidad de cadáveres humanos sobre los que poder llevar a cabo los mismos, motivo por el cual muchos de los trabajos previos se han desarrollado en otro tipo de organismos modelo, básicamente ratones y cerdos. En segundo lugar, una gran mayoría del microbioma humano no es accesible mediante

técnicas cultivables clásicas, por lo que hay que recurrir a técnicas de biología molecular y metagenómica. A pesar de ello, se han llevado a cabo estudios de identificación y caracterización de microorganismos extraídos a partir de 400 muestras de 100 cadáveres obtenidos de homicidios, suicidios, sobredosis y casos de muerte accidental. Asimismo, se han llevado a cabo estudios de las relaciones de las comunidades del tanatomiobioma de cadáveres y las del suelo donde han sido depositados en un «laboratorio al aire libre», un terreno de unos 26 acres localizado en el rancho Freeman de la Universidad Estatal de Texas.

¿Pero, qué es lo que sucede cuando un individuo muere? Unos minutos después de producirse la muerte comienza el proceso de descomposición mediante un mecanismo llamado autólisis. Una vez que la circulación sanguínea cesa, después de que el corazón haya dejado de bombear sangre, las células del cuerpo entran en un estado de hipoxia, lo que desencadena la liberación de factores intracelulares que ocasionan la desorganización estructurada de células y tejidos por enzimas autolíticas que comienzan a digerir las membranas celulares y a producir la rotura celular. Rotos los vasos sanguíneos, sus células se depositan por efecto de la gravedad, en los capilares y venas pequeñas, provocando la decoloración de la piel. También resultante de la falta de energía ocasionada por la escasez de oxígeno, los filamentos proteicos de actina y miosina quedan inmovilizados, lo que provoca la rigidez de los músculos. Una vez iniciado el proceso de autólisis, las bacterias que dominan la descomposición del cadáver son las bacterias endógenas asociadas al tracto gastrointestinal, causantes de la muerte molecular. La descomposición se vuelve más aguda, transformando los tejidos blandos en una mezcla de gases, líquidos y sales.

Las bacterias asociadas al proceso de descomposición y putrefacción de cadáveres, tanto en animales como en humanos suelen ser similares, de forma predominante pertenecientes a la clase  $\gamma$ -proteobacterias y a representantes del filum *Firmicutes* (bacterias Gram-positivas con bajo porcentaje de G+C), especialmente de los géneros *Lactobacillus* y *Clostridium*. Aunque la composición de las comunidades bacterianas puede variar considerablemente, parece que son los taxones clave que se encuentran en cadáveres en descomposición. Un aspecto a tener en cuenta es el denominado intervalo *post mortem* (IPM), es decir, el tiempo que ha transcurrido desde la muerte de un individuo. En cadáveres con IPM inferiores a las 50 horas, las bacterias que predominan son aerobios y anaerobios facultativos, destacando los géneros *Lactobacillus*, *Veillonella*, *Prevotella*, *Streptococcus* y *Gemella*. Con el paso del tiempo, estas bacterias

son sustituidas por bacterias anaeróbicas que poseen enzimas capaces de degradar lípidos y carbohidratos complejos, asociados a los tejidos humanos. Como consecuencia del proceso fermentativo de estos últimos, se generan gases como metano, sulfuro de hidrógeno y amoníaco, que al acumularse en el cuerpo ocasionan que el abdomen y otras partes del mismo se hinchen. Las bacterias anaeróbicas son también las causantes de la transformación de la hemoglobina de los glóbulos rojos en sulfohemoglobina que es la responsable de dar al cuerpo en descomposición la apariencia translúcida y olivácea. Dentro de las bacterias anaeróbicas se pueden diferenciar dos grupos, en función de los IPM. Uno primero, siguiendo el orden temporal de descomposición del cadáver formado por diferentes especies del género *Clostridium*, entre ellas *C. sordelii*, *C. difficile*, *C. barlettii*, *C. bifermentans* y *C. limosum*. Por su parte, el segundo, desarrollado en cadáveres con IPM superiores (del orden de 240 horas) está dominado por *C. haemolyticum*, *C. botulinum* y *C. novyi*, además de *Escherichia coli* y *Escherichia albertii*<sup>[6]</sup>.



Las ventajas de este tipo de estudios son evidentes en el campo de las ciencias forenses. Del mismo modo que en los restos de un ser humano encontramos su huella genética, también podemos encontrar una huella microbiana que es cambiante a lo largo del tiempo y que puede dar una idea no sólo del tiempo transcurrido desde la muerte, sino también de dónde y cómo se produjo, en el caso de muertes violentas. De hecho, se estudia si existe correlación entre las comunidades microbianas y el tiempo de muerte e incluso de contacto del cadáver con el suelo, caso de que haya sido enterrado; lo que se denominan relojes microbianos *post mortem*<sup>[7]</sup>. Después de la descomposición, se inicia la fase de purga, en la que el cadáver comienza a liberar fluidos al medio ambiente y a ser colonizado por insectos y otros organismos

carroñeros. En este proceso de filtración hay un intercambio de bacterias entre el cadáver y el suelo. Por otra parte, los insectos como moscas y moscardas, además de dejar sus huevos en los restos del cadáver, intercambian bacterias con el mismo. Teniendo en cuenta que cada especie que visita un cadáver tiene una comunidad microbiana específica, es muy posible que las comunidades bacterianas de diferentes suelos, resultado de la mezcla de sus comunidades propias, las del cadáver y las de los organismos que proliferan en él sean únicas e indicativas de muchos aspectos. Aspectos que incluyen relacionar a un posible sospechoso con la escena del crimen, identificar enterramientos clandestinos o cadáveres de filiación desconocida o si un cuerpo ha sido trasladado desde su lugar de fallecimiento original.

El personaje de Grisson de CSI Las Vegas era un entomólogo aficionado. No es de extrañar que en próximas temporadas se incorpore a la plantilla del CSI algún microbiólogo especializado.

## Referencias

- <sup>1</sup>Codina JC. Cerebro, corazón y microbioma. *Encuentros en la Biología*, 132: 9. 2011.
- <sup>2</sup>Finley SJ, Benbow EM, Javan GT. Microbial communities associated with human decomposition and their potential use as postmortem clocks. *Int. J. Legal Med.* 129: 623-632. 2015.
- <sup>3</sup>Benbow ME y otros. Seasonal necrophagous insect community assembly during vertebrate carrion decomposition. *J. Med. Entomol.* 50: 440-450. 2013.
- <sup>4</sup>Pechal JL y otros. The potential use of bacterial community succession in forensics as described by high throughput metagenomic sequencing. *Int. J. Legal Med.* 128: 193-205. 2014.
- <sup>5</sup>Alan G, Sarah JP. Microbes as forensic indicators. *Trop. Biomed.* 29: 311-330. 2012.
- <sup>6</sup>Can I y otros. Distinctive thanatomicrobiome signatures found in the blood and internal organs of humans. *J. Microbiol. Methods*, 106: 1-7. 2014.
- <sup>7</sup>Metcalf JL y otros. A microbial clock provides an accurate estimate of the postmortem interval in a mouse model system. *Elife* 2, e01104. 2013.