

¿Tenemos más de bacteria que de humano?



Agustín López Munguía
Instituto de Biotecnología, UNAM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos.

La ACMor agradece a Biotecnología en Movimiento, revista de divulgación del IBT-UNAM el haber permitido reproducir este texto, adaptado para este espacio.

El trauma de muchos estudiantes de secundaria al llegar a su primer curso de Química, es el momento en el que se enfrentan al famoso número de Amedeo Avogadro: el número de moléculas que existe en una mol. Una de las causas de su desasosiego es la incapacidad de poner en la cabeza un número tan grande como 6.023×10^{23} (moléculas por mol). Aprendemos de memoria ese número y por diversas razones, no nos preocupamos por saber cómo le hizo Avogadro para llegar a semejante cifra. Nos limitamos a usarlo cada vez que necesitamos saber cuántas moléculas hay en determinada cantidad de una sustancia (si conocemos su peso molecular). Contrasta este aburrido cálculo con la emoción de enterarnos de que junto con la Vía Láctea, en nuestro universo existen alrededor de 10^{11} galaxias (de 100 mil a 500 mil millones según la fuente astronómica). Aunque esta cifra de galaxias es menor a la mitad del número de moléculas de agua que hay en 18 ml del "vital líquido" (una mol), el número sigue quedando grande para una cabeza que maneja con poca frecuencia conjuntos de ese tamaño. Algo más pequeño que el número de galaxias, pero igualmente desproporcionado (por lo indignante) son los casi 3×10^9 dólares con los que dejó endeudado a Coahuila el gobernador Moreira. Es conveniente recordar que para

los estadounidenses un billón, son solo mil millones, ($1,000,000,000$ o más simple: 10^9), mientras que un trillón son mil billones o un millón de millones ($1,000,000,000,000$ o bien: 10^{12}). Para nosotros, esa cifra es mil veces más grande, es decir, un billón equivale a un millón de millones (10^{12}).

Una forma frecuente de manejar cifras de gran tamaño es dividiéndolas por un factor que nos sea familiar. Así, podemos decir que a cada habitante de la tierra le tocan poco más de 10 galaxias, con todo y sus planetas. Más claro aun es que cada coahuilense le adeuda mil pesos al estado. Más claro, aunque inexplicable.

Otra cifra espectacular surgió en 1972, cuando Thomas Donnell Luckey publicó en el *American Journal of Clinical Nutrition* en un artículo titulado "Introduction to intestinal microecology" que en el intestino humano existían 10^{14} bacterias (100 trillones de los americanos). Luckey era asesor de la NASA en materia de nutrición, donde existía preocupación sobre la eventual contaminación de la luna con microbios que llevaran las naves y los alimentos de los astronautas (Luckey et al, 1973). Si ya para entonces se sabía de la carga que llevaban los astronautas en los intestinos, la piel, la boca, ..., ¿para qué preocuparse por esterilizar las naves y la dieta? Como sea, no solo el autor de este artículo (La Unión de Morelos, 17 de Enero, 2011), sino que gente más seria, en revistas de la talla de *Science*, *Nature*, *PNAS*, *Trends in Microbiology*, y cientos de autores más, ha usado la exorbitante cifra de 10^{14} células de bacteria en nuestro organismo sin mayores cuestionamientos. Ahora nos enteramos que la cifra estaba

equivocada casi en un orden de magnitud.

Quizás una de las causas de no haber cuestionado la fuente original, fue lo fascinante que resultó la forma "fraccionada" en que la cifra nos fue presentada. Y es que, paralelo al recuento de bacterias en nuestro espacio interior íntimo, Luckey también estimó el número de nuestras células, es decir, las fabricadas por nuestro cuerpo y llevarían la etiqueta de "humanas". Estas se habían estimado previamente en 10 trillones estadounidenses (10^{13}) (Dobzhansky, 1971), de tal suerte que las 10^{14} bacterias estimadas por Luckey en 1972 divididas entre las 10^{13} células humanas, arrojaban la apabullante situación en nuestro cuerpo de **10 bacterias por cada célula humana**. Y así lo repitieron (repetimos dijo el autor) en cientos de citas, artículos, conferencias, reportes, etc. Por ejemplo, en una conferencia TED reciente sobre la microbiota humana: (http://www.ted.com/talks/rob_knight_how_our_microbes_make_us_who_we_are) Rob Knight, Profesor de la Universidad de Princeton y parte del "Human Microbiome Project Consortium" (Nature 2012) presenta un muy original esquema en el que ilustra claramente el hecho de que nuestra comunidad microbiana es diez veces más numerosa que nuestras células (somáticas y germinales). O sea si nuestro cuerpo se dividiera en función del origen de sus células y se juntaran por su origen, lo humano apenas ocuparía un pedazo de pierna, y todo lo demás sería bacteria (Figura 1).

Esta relación: *10 de ellas contra una nuestra*, se volvió un mito, que para muchos biólogos y microbiólogos constituyó un nuevo paradigma. Si bien ya sabíamos que no éramos el centro del universo, ni el objetivo de la creación, y que el inconsciente definía lo que pensábamos, ahora había que aceptar que éramos más bacteria que humano, e incluso que podríamos ser un invento de las bacterias intestinales para reproducirse y vivir tranquilamente. Para otros la información fue motivo de relajamiento psicológico al poder responsabilizar a alguien más de sus actos: "no fui yo, fueron mis incontrolables bacterias". Todo esto se modificó cuando Judah L. Rosner, en un comentario en la revista *Microbe* (2014) criticaba el dato de Dobzhansky, experto en *Drosophila*, la mosca de la fruta, quien había asegurado que un humano estaba constituido por 7×10^{27} átomos agrupados en unos 10 trillones (americanos) de células (10^{13}). En un estudio reciente, Bianconi y col. (2013) realizaron una extensa revisión de la literatura concluyendo que en más de 30 reportes, casi

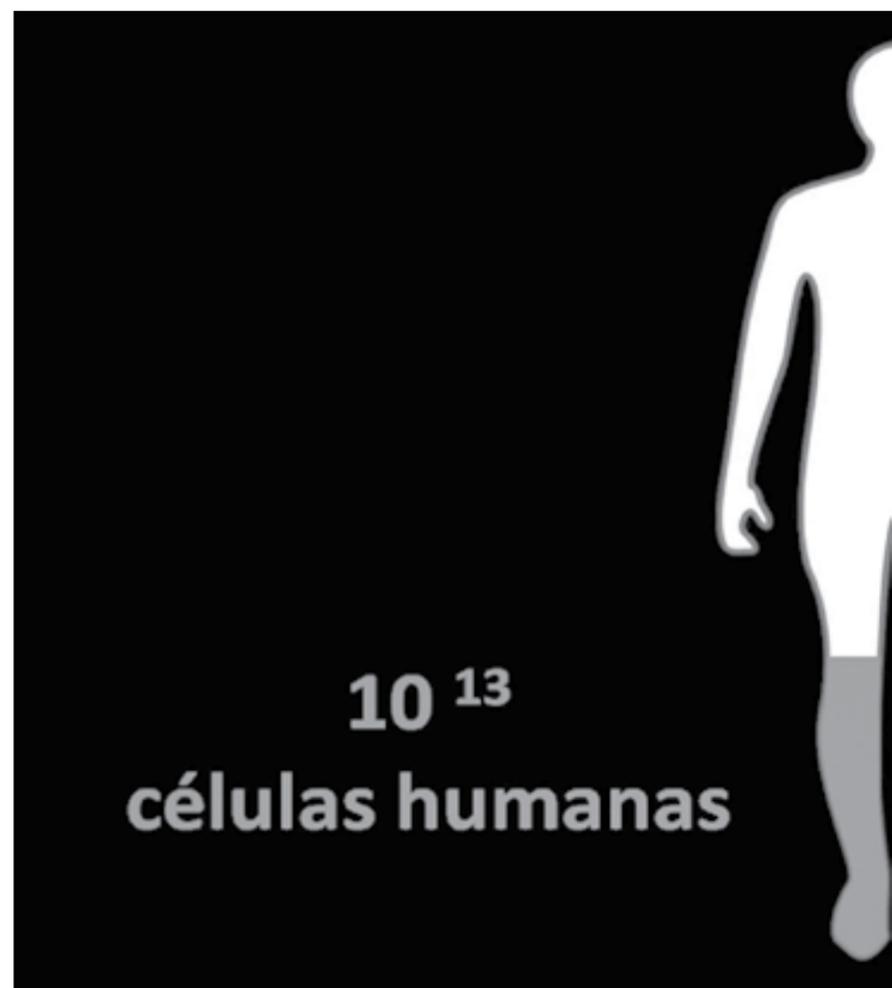
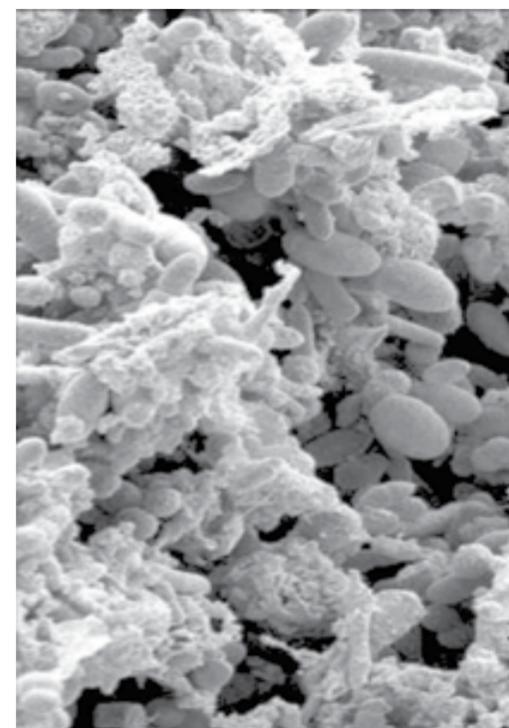


Fig 1. Proporción de células en el ser humano de acuerdo con su origen Modificado R.Knight

todos en libros de texto, nunca se explica de donde se obtiene o como se estima la cifra de células humanas en un humano. Más aún, en cerca de 30 reportes, los valores van desde 5×10^{12} hasta 7×10^{16} e incluso se llega a proponer que existen 2×10^{20} células en el cuerpo. De los valores en la literatura, usando el volumen promedio y el peso de las células de mamífero, Bianconi y su equipo calcularon que habría en el cuerpo de $1.5 \text{ a } 72.4 \times 10^{13}$ células humanas: pero todo depende de cuáles y cómo se les cuente.

En lo tocante a las bacterias, Ron Sender y col. en 2016 (cuarenta años después), revisaron al detalle los métodos y cálculos de Luckey. Y, pues nada, que pena, que nos hemos equivocado todos. Resulta que Luckey allá en 1972, debió haber hecho el cálculo en una cafetería, escribiendo en una servilleta cuando compartía el lunch con algún estudiante, ya que partió de la base de que en un gramo de nuestro excremento existen en promedio 10^{11} bacterias (o sea 100 billones estadounidenses) (Figura 2). Aunque para algunos la cifra es elevada, hasta ahí no hay problema. Después, Luckey consideró que el "tracto alimentario", definido como el espacio que va de la boca hasta el ano, tiene un 1 litro de volumen y supuso que, dado su alto contenido de agua, el excremento tiene la misma densidad: 1Kg / L. El problema vino entonces cuando a las 10^{11} bacterias en cada gramo de excremento, las multiplicó por los 1000g que "habría" en el "tracto alimentario" dando como resultado el famoso dato de 10^{14} bacterias.

El lector que sigue el cálculo con detalle debe estar haciendo una mueca de solo imaginarse la ubicación para la materia fecal que este cálculo supone. Así, la corrección más importante que este año hicieron Sender y col., implicó limitar el volumen del "tracto alimentario" a 0.4L de colon en el que mante-

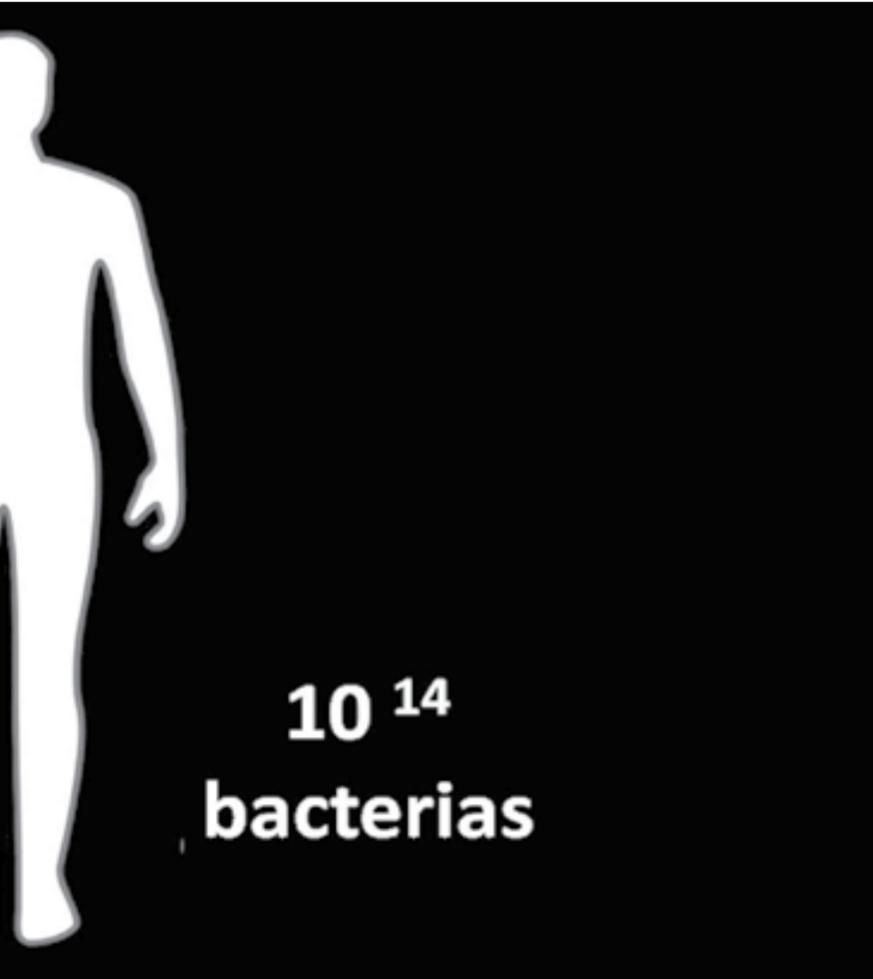


nemos recluida a la materia fecal: ¿obvio no?.

Otros ajustes al cálculo derivan de consideraciones anecdóticas. Por ejemplo, en su nuevo cálculo, Sender parte de los datos en la publicación de Bianconi, pero considera que para efectos de la cuenta de células humanas, sólo los glóbulos

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx



rojos pintan. ¿Por qué? Pues resulta que en nuestros aproximadamente 5L de sangre, hay de 5 a 6×10^{12} glóbulos rojos en cada litro, de tal forma que estiman 3×10^{13} en un ser humano, aproximadamente un 84% de nuestras células. Ninguna otra célula se les acerca en número, siendo las más cercanas las plaquetas que comprenden un 5%; las de la médula ósea son 2.5%, los

tribuirían con unos 2.5Kg. Así que para no complicar la cuenta más, quedémonos con las células en número.

En conclusión: ¿cuántas son ellas y cuantas nosotros? De acuerdo con el cálculo y resumen de Sender, estamos casi a la par: 4×10^{13} ellas, contra 3×10^{13} nosotros. Empatados. ¡Qué alivio! Pero todo es sujeto de debate. El mismo Sender conside-

papel central en prácticamente todos los ámbitos de la biología humana: salud, defensa, digestión, humor, ... e, independientemente del número exacto, más numerosas que las nuestras. Por otro lado, el censo bacteriano varía considerablemente, ya que además de depender de la edad, la dieta, la geografía, las enfermedades, los hábitos, cambia también cada vez que visitamos el inodoro.

Bibliografía.

Bianconi, E., Piovesan, A., Facchin, F., Beraudi, A., Casadei, R., Frabetti, F., Vitale, L., Pelleri, M.C., Tassani, S., Piva, F., et al. (2013). *An estimation of the number of cells in the human body*. Ann. Hum. Biol. 40, 463–471.

Dobzhansky, (1970) *Genetics of the evolutionary process*, Columbia University Press, New York.

Luckey, T.D. (1972). *Introduction to*

intestinal microecology" Am. J. Clin. Nutr. 25, 1292– 1294.

Luckey TD, Bengson MH, Smith MC. (1973) *Apollo diet evaluation: a comparison of biological and analytical methods including bio-isolation of mice and gamma radiation of diet*. Aerosp Med. 44(8):888-901.

Methé BA et al. (248 authors) (2012) *Human Microbiome Project Consortium. A framework for human microbiome research*. Nature. Jun 13;486, 215-21.

Ron Sender, Shai Fuchs, and Ron Milo. (2016) *Are We Really Vastly Outnumbered? Revisiting the Ratio of Bacterial to Host Cells in Humans*. Cell 164, 337-340.

Rosner, J.L. (2014). *Ten Times More Microbial Cells than Body Cells in Humans?* Microbe 9, 2, 47.

Fe de errata del artículo "Cuando el föhn desciende sobre Cuernavaca" por K.B. Wolf, en La Unión de Morelos, 11/07/16, p. 27.

Se afirmó que, tras de llover, el aire queda más caliente debido a que, habiendo perdido las moléculas de agua más pesadas, las de gas en el aire aumentan su movilidad. Esto es un error. El aumento de temperatura se debe a que las moléculas de agua, al agregarse en gotas, liberan el *calor latente de condensación*. Este efecto es el inverso al del *calor latente de vaporización*, por el cual es necesario proveer de energía extra al agua en su punto de ebullición para que ésta se transforme en vapor.

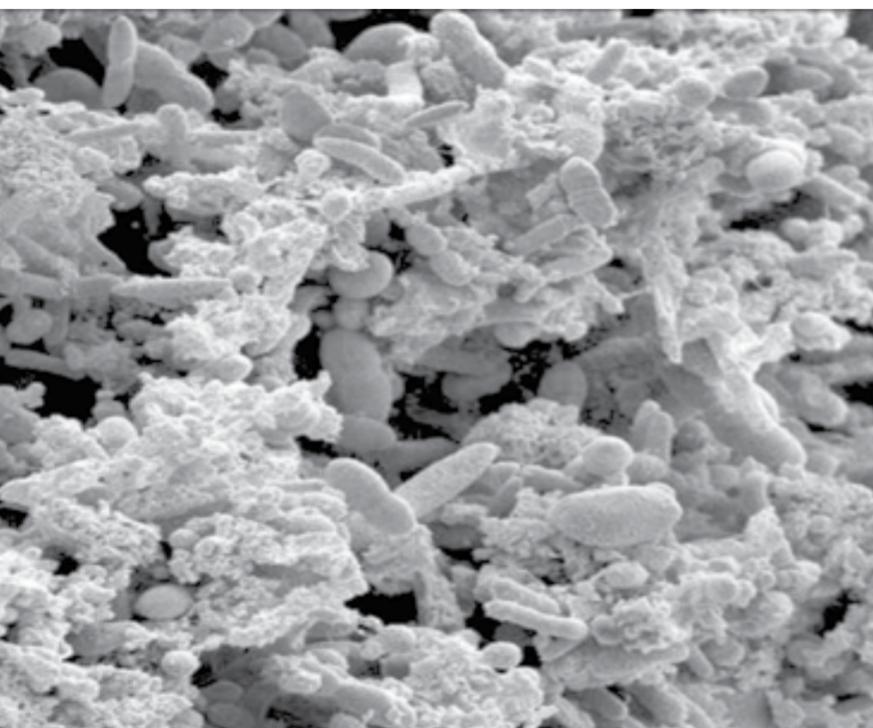


Figura 2. Excremento humano.

linfocitos 2% y las endoteliales un 2%. Es curioso que si contáramos las células en vez de por su número, por su masa, entonces las células musculares y los adipositos (la grasa) serían las mayoritarias con 33Kg para un ciudadano común de unos 70Kg de peso, mientras que los glóbulos rojos solo con-

tra que como los glóbulos rojos no contienen DNA, no podrían identificarse como humanos. Así, si consideramos sólo las células con núcleo, nuevamente las bacterias tendrían mayoría de 10:1 y volvemos donde estábamos desde los 70's. Como sea, son muchas bacterias en nuestro intestino jugando un

NÚMERO 5 ABRIL-MAYO-JUNIO DE 2016

Biotechnología en MOVIMIENTOS

REVISTA DE DIVULGACIÓN DEL INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA UNAM

Compromiso por desarrollar la Biotecnología en México

Del odio al amor, una historia sobre el estrés oxidativo

Los astrovirus necesitan moléculas de la célula que invaden para replicarse

La transición de México hacia una economía basada en el conocimiento: Retos y oportunidades para la UNAM

Unidad de Escalamiento y Planta Piloto

Sin querer queriendo... en México con un virus

El IBT abrió nuevamente sus puertas en el 2016

Bienvenidos a la nueva era de la Ingeniería Genética

¿Somos más bacterias que humano?

Disponible en: www.ibt.unam.mx

UNAM Instituto de Biotecnología