



# Sangre de mi s

ran una teoría que explica la evolución de la menstruación.

La evolución no estaba seleccionando la menstruación, estaba “pensando” en las madres, específicamente en proteger a las madres de sus hijos. Todos hemos oído el milagro de la maternidad, de la ilusión de una madre esperando a su retoño con ansias, del cuerpo “perfecto” de la mujer cambiando para traer al mundo una nueva vida. En realidad, la situación es un poco diferente. El embarazo implica frecuentemente complicaciones como náuseas, cansancio, dolor de espalda, trastornos alimenticios, incontinencia, dificultad para dormir, presión alta, diabetes y una barriga que es un verdadero estorbo. El 15% de las mujeres tiene complicaciones durante el embarazo que amenazan su vida, y 275,000 mujeres mueren de complicaciones de parto anualmente en el mundo.

Durante el embarazo existe un conflicto evolutivo entre la madre y el feto. A la madre le interesa desde el punto de vista evolutivo sobrevivir al embarazo y tener suficientes recursos para tener más hijos con sus genes. Al feto, por otro lado, le conviene obtener todos los recursos posibles para sobrevivir, sin importar la salud de la madre. El padre también tiene intereses evolutivos: como no puede garantizar que los siguientes hijos de la madre sean suyos, le conviene la supervivencia del feto sobre la de la madre. El resultado de este conflicto es que los embriones expresan una serie de genes que les permiten obtener más recursos de los que serían ideales para la madre. Por ejemplo, los embriones producen hemoglobinas especiales que tienen más afinidad por el oxígeno que la hemoglobina de la madre. Además, producen hormonas que hacen a la madre menos sensible a la insulina, lo cual incrementa el nivel de azúcar en sangre disponible para el embrión y puede llegar a causarle diabetes gestacional a la madre. Por si esto fuera poco, los embriones producen hormonas que dilatan las arterias de la madre e incrementan su presión sanguínea, todo con tal de obtener más nutrientes. Los embriones también expresan una serie de genes que reprimen el sistema inmunológico de la madre, impidiendo que los ataque por considerarlos un ente extraño. La madre, por otro lado, tiene mecanismos que le permiten controlar la implantación del embrión y en la mayor parte de las especies, abortarlo. Mientras tanto, los padres pueden influir en la expresión de los genes que hereda el embrión de ellos, favoreciendo la activación de genes que favorezcan al embrión sobre la madre.

Pero, el arma más terrible para todos es la placenta.

## Sangre de mi sangre

Cuando el óvulo es fertilizado por un espermatozoide, el cigoto resultante empieza a dividirse y a diferenciar sus células para formar un blastocito. Este trata de implantarse en el endometrio o tejido que cubre al útero y que contiene pequeños vasos sanguíneos. Una vez que se implanta, se genera la placenta, un órgano que existe sólo durante la gestación, y que une a la madre con el embrión, aportándole oxígeno y nutrientes y eliminando los desechos. Este órgano surge tanto de las células de la madre --la decidua basal-- como de las del embrión, el corion frondoso. La placenta es tan importante que es una de las principales diferencias entre los mamíferos marsupiales y los placentarios. Los marsupiales generan un órgano similar a la placenta, pero con una conexión poco profunda al tejido del útero. Esto hace que los embarazos sean cortos, de cuatro a cinco semanas, y el embrión nace poco desarrollado, por lo que su desarrollo termina dentro de la bolsa marsupial. Los mamíferos placentarios, por otro lado, forman placentas cuya implantación es mucho más profunda que la de los marsupiales, pero ninguna implantación es tan profunda como la humana. Dentro del útero hay una capa de tejido endometrial que contiene pequeños vasos sanguíneos que sirven para alimentar al embrión y para mantenerlo separado del sistema circulatorio de la madre. La mayor parte de los mamíferos tiene placentación endoteliorial y epiteliocorial, donde el sistema circulatorio del embrión no está en contacto directo con la madre, y si lo está es a través de pequeñas aberturas. Esto hace que la mayor parte de los mamíferos puedan abortar fácilmente a un embrión si las circunstancias no son favorables, ya que es sencillo separar su tejido del embrión.

Mariana Esther Martínez Sánchez

Mariana Esther es estudiante del Doctorado en Ciencias Biomédicas y es Profesora de Asignatura de Matemáticas I y II en la Facultad de Ciencias en la UNAM. Forma parte del Taller de Escritura Creativa en Ciencia y Portal Cienciorama de la DGDC (<http://www.cienciorama.unam.mx/>). La ACMOR agradece a Cienciorama que nos comparta este texto. Presentación: Agustín López Munguía.

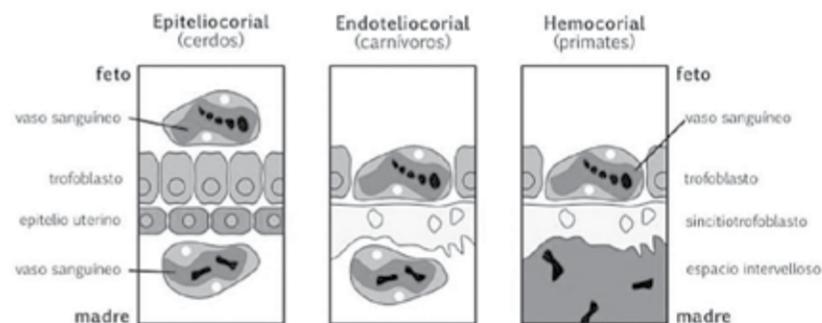
Una vez al mes -muy aproximadamente- las mujeres en edad fértil menstruamos. Este sangriento evento no tiene que ver ni con accidentes ni con violencia, al contrario, es absolutamente natural. Durante la menstruación, las mujeres desechamos por la vagina sangre, mucosas y óvulos no fecundados. A lo largo de los siglos, las sociedades de todo el mundo le han atribuido a este evento costumbres, rituales y tabúes. Se estima que en México una mujer gasta entre 24,000 y 52,000 pesos en productos menstruales como toallas sanitarias, tampones y medicamentos a lo largo de su vida. Sin embargo, ha sido en los últimos años que la ciencia ha podido resolver la pregunta fundamental de por qué sucede. La respuesta implica conflictos entre madres e hijos, virus prehistóricos y mucha, mucha sangre. ¿Están listos?

## ¿WTF Evolution?

La menstruación es un fenómeno que la mayor parte de las mujeres conocemos bien pero no es obvio desde un punto evolutivo por qué menstruamos. Es tan extraño, que sólo algunos primates y murciélagos lo hacen. ¡Es un desperdicio! durante la menstruación se van a la cañería de 30 a 90 mililitros de fluidos repletos de valiosos nutrientes. Además, parece peligroso dejar un rastro de sangre en un lugar donde los depredadores acechan ¿es una mala idea de la evolución? Más aún, un orificio lleno de tejido muerto parece una invitación a las infecciones. Y francamente, menstruar va de incómodo a, como muchas mujeres saben, brutalmente doloroso, el 85% de las mujeres reporta cólicos, y el 15% de ellos son incapacitantes. Querida evolución: ¿en qué rayos estabas pensando?

## Madres vs hijos

A lo largo de los años se le han atribuido muchas explicaciones a la menstruación, la mayoría llenas de tabúes. A principio del siglo XX algunos científicos propusieron que la menstruación removía toxinas que producían las mujeres en sus cuerpos, capaces de marchitar plantas y arruinar la cerveza, el vino y los encurtidos. No hace mucho, en 1993, se propuso erróneamente que la función de la menstruación era defenderse de patógenos llevados al útero por el esperma. Esta idea fue descartada ya que no hay el mismo número de patógenos antes y después de la menstruación. Sin embargo, en 1996 la antropóloga Beverly Strassmann de la Universidad de Michigan, EUA, y en 1998 Colin Finn, de la Universidad de Liverpool, UK, propusieron una teoría diferente: que la menstruación es una consecuencia secundaria de la placentación humana, y que si queremos entenderla necesitamos estudiarla en otros mamíferos. Esta idea sirvió de base para que apenas en 2012, Deena Emera y su equipo en la Universidad de Yale, en EUA, propusie-



**Figura 1. Tipos de placentas en los mamíferos.** Los mamíferos tienen distintos tipos de placentas. En la placenta epiteliocorial los vasos sanguíneos de la madre y el embrión están separados, éste es el caso de los cerdos. En la placenta endoteliorial el corión del embrión penetra el endometrio de la madre, llegando a tocar los vasos sanguíneos, éste es el caso de carnívoros como gatos y perros. En el caso de la placenta hemocorial el corión del embrión está directamente en contacto con la sangre materna, disolviendo sus paredes arteriales para formar el espacio intervilloso, éste es el caso de primates como los humanos. [Imagen modificada de Lavielle et al.] Sin embargo, los primates y los roedores tenemos placentas hemocoriales, en las cuales el embrión está en contacto directo con el sistema circulatorio de la madre. La placenta humana

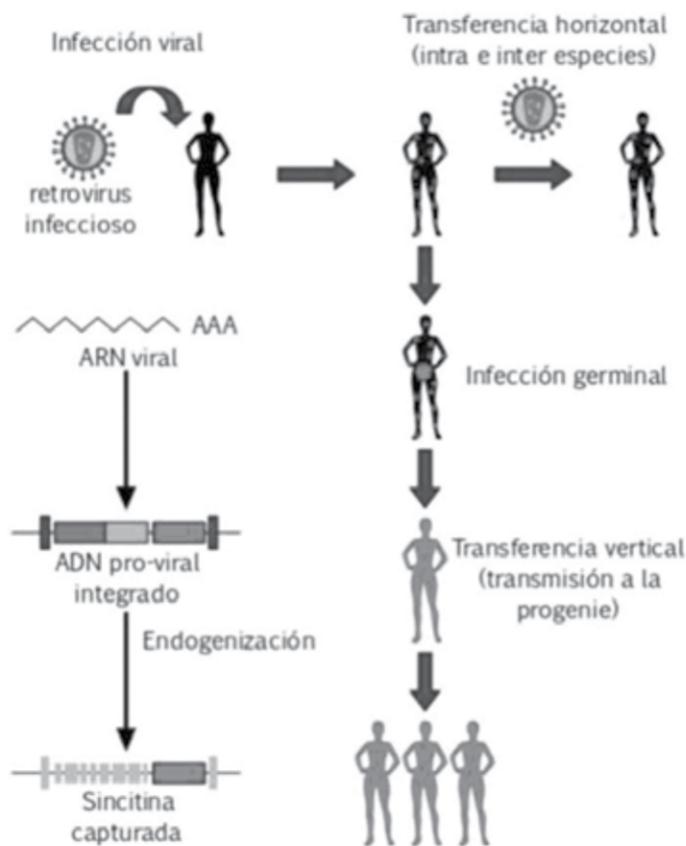
# Sangre

se enterra literalmente a través del endometrio, disolviendo las paredes arteriales y reestructurando las arterias para canalizarlas directamente al embrión, formando un tejido que llamamos sincitiotrofoblasto. El embrión llena las arterias de hormonas que cambian el metabolismo de la madre y hacen que las arterias se expandan, para después paralizarlas de tal forma que no puedan estrecharse. Estos cambios provocan que el embrión obtenga fácilmente más nutrientes, pero también podría facilitar que el sistema inmunológico lo rechace, ya que está directamente expuesto al sistema inmunológico de la madre. Es también por estos cambios que el parto y los abortos en seres humanos son tan peligrosos. Al haber un aborto natural o inducido, o al parir, es necesario remover toda la placenta, ya que si quedan fragmentos, al estar éstos profundamente conectados al sistema circulatorio de la madre, ésta sola no puede detener la hemorragia y se desangra rápidamente.

¿Pero de dónde sacó la evolución este aterrador mecanismo?

## Invasión viral

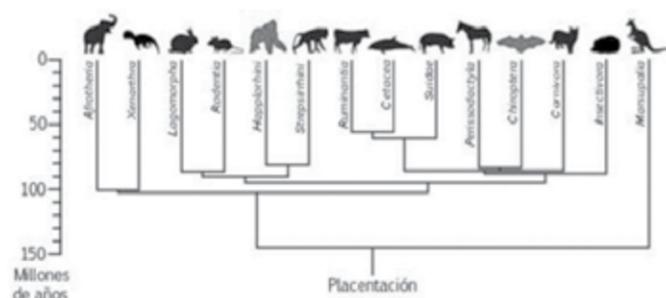
La respuesta es inquietante: el sincitiotrofoblasto viene de un retrovirus. La fusión de células que se observa en la placenta hemocorial no es común en los mamíferos, pero es un mecanismo que usan los retrovirus comúnmente para entrar a las células durante una infección. Los virus contienen proteínas conocidas como sincitinas --codificadas por el gen *env*-- que les permiten fusionar sus membranas con las de su hospedero. Parece que hace 25 millones de años un retrovirus infectó las células germinales --óvulos o espermatozoides-- de un proto-simio. Con el tiempo, el virus fue mutando, perdiendo la capacidad de saltar entre hospederos, y los simios reutilizaron la sincitina en la placenta para disolver las paredes arteriales de la madre, generando el sincitiotrofoblasto. Éste es un ejemplo de evolución convergente, ya que también los ratones, los conejos, las ardillas, los carnívoros y los rumiantes adquirieron independientemente sincitinas que se expresan en la placenta. Por si fuera poco, parece que los virus no son sólo responsables de generar la placenta hemocorial, hay datos que parecen indicar que la habilidad de los embriones mamíferos de reprimir el sistema inmunológico de la madre también es de origen viral. Pero como todos sabemos, las madres no son seres indefensos, y la evolución les dio un mecanismo de defensa, la decidualización secundaria.



**Figura 2. Integración de retrovirus en el genoma humano.** Los retrovirus se integran al genoma de sus huéspedes cuando los infectan, este proceso se llama transferencia horizontal. Si el virus infecta las células germinales como óvulos o espermatozoides, entonces los virus son transmitidos a la progenie; este proceso se llama transferencia vertical. Con el paso del tiempo, el virus integrado en el genoma del hospedero se va degradando, hasta que sólo quedan algunas de sus secuencias como la que codifica la sincitina. [Imagen modificada de Lavalie et al.]

## Fuera de lugar

Entonces ¿por qué menstruamos? La respuesta es que la menstruación es una consecuencia secundaria de las defensas del cuerpo de la madre. Como ya vimos, los seres humanos tenemos una implantación particularmente agresiva. Para protegernos, las hembras humanas presentamos *decidualización espontánea*. La decidualización consiste en la producción de una capa gruesa de capilares sanguíneos llamada *endometrio*. En la mayoría de los mamíferos esta capa se genera *después* de que el embrión se implanta. Es por esto que la mayor parte de los mamíferos no menstrúan, ya que no hay un endometrio que desechar. Sin embargo, algunos animales como los perros desechan fluidos vaginales durante la etapa fértil del ciclo reproductivo en respuesta a los cambios hormonales que causa la ovulación, lo cual se conoce como *estro*. En cambio, las especies con implantación agresiva, como la humana, construyen el endometrio antes de la ovulación para que exista una capa protectora en la madre *antes* de que el embrión se implante. Si no hay implantación el endometrio se desecha, lo que conocemos como menstruación.



**Figura 3. Árbol filogenético de animales que menstrúan.** En rojo se

encuentran las especies o linajes que menstrúan: los primates y algunos murciélagos. [Imagen modificada de de D. Emera].

El endometrio tiene otra función: selecciona a los embriones. Los embriones humanos pueden presentar anomalías genéticas, que es la razón por las que tantos embarazos fallan en las primeras semanas. Las anomalías pueden tener varias causas, como el hecho de que los primates y murciélagos copulamos durante todo el ciclo sexual, lo que puede hacer que el óvulo y los espermatozoides pasen varios días esperando ser fertilizados y sufran alteraciones durante la espera. Otras causas parecen haberse originado en los "cuellos de botella" que sufrió la humanidad --etapas en las que la población se redujo marcadamente-- ocasionando una baja diversidad genética, y por lo mismo dando lugar a que en nuestro ADN estén sobre representados genes con mutaciones dañinas que heredamos de nuestros ancestros.

Como ya hemos visto, el embarazo implica un gran esfuerzo para la madre, por lo que ésta trata de garantizar la calidad del embrión. Como el embrión se implanta profundamente y es difícil de abortar, es fundamental para la madre seleccionarlo antes de que se implante, ya que una vez implantado es difícil para el cuerpo de la madre detener el embarazo aún si el embrión desarrolla defectos durante la gestación. Para ello, las células del endometrio deben estar listas para reconocer y responder a embriones defectuosos desde el primer instante de la implantación. Si el embrión tiene defectos genéticos o el óvulo no es fertilizado, no vale la pena mantener el endometrio, y éste es desechado durante la menstruación. La selección del embrión por el endometrio es tan estricta que en estudios con ratones se encontró que el tejido en el que es más difícil que se implante un blastocito es en el endometrio. Cuando el embrión se implanta en un lugar que no sea el útero, como las trompas de falopio o el abdomen, se crea un embarazo *ectópico*, el cual es particularmente peligroso; es la principal causa de muerte materna durante el primer trimestre en todo el mundo y la primera causa de muerte de mujeres en edad fértil en África. Para evitar la implantación fuera del útero la ovulación está cuidadosamente regulada, y las trompas de falopio contienen vellosidades para mover al óvulo, pero si éstas fallan hay una alta probabilidad de embarazo ectópico. Como consecuencia de la implantación agresiva del embrión, la madre corre un alto riesgo de morir desangrada; en la mayor parte de los casos, se remueve quirúrgicamente el embrión y parte de los órganos en los que está implantado para evitar hemorragias. Se estima que la cantidad de embarazos ectópicos es el 1-2% de los nacimientos vivos, sin embargo la mayor parte no llega a término.

En el tiempo de las abuelas

A pesar de estas razones, la menstruación puede parecer un desperdicio, sobre todo para aquellas mujeres que no planean tener hijos. Sin embargo, he de decir que la mayor parte del endometrio es reabsorbido por el organismo. Además, es necesario tomar en cuenta cómo ha cambiado nuestro estilo de vida. Una mujer moderna menstrúa en promedio 450 veces, pero en la antigua edad las mujeres menstruaban sólo entre 50 y 110 veces en su vida, dada la corta vida que tenían (si llegaban a los 43 años). Situaciones como la inmadurez sexual, la lactancia, los abortos, la mala alimentación, el exceso de actividad física y el estrés pueden retrasar la ovulación y la menstruación. Incluso hoy en día, el 50% de las mujeres son irregulares y las deportistas de alto rendimiento tienen menos menstruaciones. De esta forma, las ventajas de seleccionar embriones viables y contrarrestar el riesgo de la implantación agresiva en el pasado eran mayores que las desventajas de la menstruación.

## Agradecimientos

Después de leer este artículo puede que estés aterrada de los embriones que manipulan tu cuerpo, disuelven tus arterias y roban tus nutrientes. Es posible que consideres si no planeas reproducirte, que es innecesario sufrir las sangrientas consecuencias del mecanismo de defensa contra esos pequeños parásitos. Pero recuerda: alguna vez tú también fuiste una esferita de células y te implantaste agresivamente en el útero de una persona, que te toleró dentro de su cuerpo por aproximadamente nueve meses. Ante este hecho, lo único que yo puedo decir es: ¡gracias Mamá!, fui un feto terrible.

## Referencias

· <https://www.quora.com/What-is-the-evolutionary-benefit-or-purpose-of-having-periods> · <http://scienceblogs.com/pharyngula/2011/12/21/why-do-women-menstruate/> · <http://ed.ted.com/lessons/why-do-women-have-periods> · <http://schaechter.asmblog.org/schaechter/2014/06/retroviruses-the-placenta-and-the-genomic-junk-drawer.html> · <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3528014/> · [http://www.placentajournal.org/article/S0143-4004\(12\)00204-4/abstract](http://www.placentajournal.org/article/S0143-4004(12)00204-4/abstract) · [http://www.nytimes.com/2016/04/03/opinion/sunday/the-tampon-of-the-future.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2016/04/03/opinion/sunday/the-tampon-of-the-future.html?_r=0)