

Recepción: 09.12.2025

Revisión: 25.03.2026

Publicación: 08.05.2026

<https://orcid.org/0000-0002-9931-9294>

<https://orcid.org/0009-0004-1394-8172>

<https://orcid.org/0009-0004-9255-6467>

# ENDOMETRIOSIS: POR QUÉ DUELE TANTO Y CÓMO SE ESTUDIA EN EL LABORATORIO

ENDOMETRIOSIS: WHY IT HURTS SO MUCH AND HOW IT IS STUDIED IN THE LAB.

Angélica Trujillo Hernández<sup>\*1</sup>

Nadinne Pérez Rivera <sup>2</sup>

Naomi Polanco Castro <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular. Centro de Química. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio IC7. Ciudad Universitaria. Colonia San Manuel. Puebla. México.

<sup>2</sup> Licenciatura en Biomedicina, Facultad de Medicina, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Correos:

[angelica.trujillo@correo.buap.mx](mailto:angelica.trujillo@correo.buap.mx)\*

[nadinne.perezr@alumno.buap.mx](mailto:nadinne.perezr@alumno.buap.mx)

[naomi.polanco@alumno.buap.mx](mailto:naomi.polanco@alumno.buap.mx)

teléfono móvil: 2223251577

## Resumen

La endometriosis es una enfermedad en la que tejido similar al revestimiento interno del útero crece fuera de él, por ejemplo, en los ovarios o en la cavidad abdominal. Este tejido responde a las hormonas del ciclo menstrual y se inflama de manera repetida, lo que provoca dolor pélvico intenso, menstruaciones incapacitantes, dolor durante las relaciones sexuales y dificultades para lograr un embarazo, con un impacto importante en el bienestar físico, emocional y económico. Se estima que alrededor del 10% de las mujeres en edad reproductiva la padecen, lo que equivale a cerca de 190 millones en el mundo y a más de siete millones en México. A pesar de ello, el diagnóstico suele retrasarse durante años, en parte por la normalización del dolor menstrual. En este artículo explicamos qué es la endometriosis y por qué no puede considerarse un simple “dolor de regla”, así como sus efectos en la vida diaria y la salud mental. También abordamos los retos para su diagnóstico y las opciones de tratamiento actuales. Finalmente, describimos cómo se estudia en el laboratorio mediante modelos experimentales —desde animales hasta organoides— que permiten comprender sus mecanismos y desarrollar mejores terapias.

**Palabras clave:** *Endometriosis; Dolor pélvico; Salud reproductiva; Modelos animales; Investigación biomédica.*

## Abstract

Endometriosis is a disease in which tissue similar to the inner lining of the uterus grows outside it, for example, on the ovaries or within the abdominal cavity. This tissue responds to hormonal changes during the menstrual cycle and becomes repeatedly inflamed, leading to severe pelvic pain, debilitating menstruation, pain during sexual intercourse, and difficulties achieving pregnancy, with a significant impact on physical, emotional, and economic well-being. It is estimated that around 10% of women of reproductive age are affected, corresponding to nearly 190 million worldwide and more than seven million in Mexico. Despite this, diagnosis is often delayed for years, partly due to the normalization of menstrual pain. In this article, we explain what endometriosis is and why it cannot be considered simply “menstrual pain,” as well as its effects on daily life and mental health. We also address current challenges in diagnosis and available treatment options. Finally, we describe how endometriosis is studied in the laboratory using experimental models—from animals to organoids—which help elucidate disease mechanisms and support the development of more effective therapies.

**Keywords:** *Endometriosis; Pelvic pain; Reproductive health; Animal models; Biomedical research.*

## Introducción

### ¿Qué es la endometriosis?

La endometriosis es una enfermedad en la que tejido similar al endometrio, es decir, al revestimiento interno del útero, aparece donde no debería: en los ovarios, en la superficie del peritoneo o incluso entre el recto y la vagina. No se trata de un trastorno nuevo ni raro. Fue descrita por primera vez en el siglo XIX, pero durante décadas muchas mujeres fueron etiquetadas como “histéricas” o se les dijo que su dolor era parte normal de la menstruación. Hoy sabemos que la endometriosis es un problema complejo que involucra hormonas, sistema inmune, nervios y el microambiente de la cavidad abdominal.

En la práctica, esto se traduce en síntomas que se repiten de mujer a mujer: dolor pélvico crónico, reglas muy dolorosas que pueden impedir ir a la escuela o al trabajo, molestias al tener relaciones sexuales y dificultades para embarazarse. A pesar de que existen distintas formas de endo-

metriosis —como lesiones superficiales en el peritoneo, quistes en los ovarios o focos profundos que invaden otros tejidos—, el tamaño de las lesiones no siempre coincide con la intensidad del dolor ni con el impacto en la fertilidad. Por si fuera poco, todavía no contamos con una prueba sencilla en sangre u orina que confirme el diagnóstico, y en muchos casos sigue siendo necesario recurrir a estudios de imagen especializados o incluso a la laparoscopia.

En este contexto, la investigación básica y la clínica han recurrido a modelos animales y sistemas *in vitro* para entender mejor qué ocurre en el organismo y cómo podríamos intervenir de manera más temprana y efectiva. A lo largo de este artículo vamos hilando la historia clínica de la endometriosis con el trabajo que se realiza en el laboratorio, para mostrar por qué esta enfermedad es también un tema de justicia social y de salud pública.

### Panorama epidemiológico: mundo y México

Cuando se habla de endometriosis, a veces se piensa en un padecimiento “poco frecuente” o exclusivo de ciertos hospitales de alta especialidad, pero las cifras cuentan otra historia. Se estima que alrededor del 10% de las mujeres en edad reproductiva presentan endometriosis, lo que equivale a unos 190 millones de mujeres en el mundo (Organización Mundial de la Salud, 2023, 2024).

Informes recientes de la Organización Mundial de la Salud sitúan la prevalencia en un rango de 6 a 13%, dependiendo del diseño de los estudios y de las técnicas diagnósticas empleadas (World Health Organization, 2023; World Health Organization Bulletin, 2024).

Más allá del número exacto, la carga global de la enfermedad —medida en años vividos con dolor y limitaciones— ha ido en aumento, en

parte porque ahora se reconoce mejor el problema (Boletín de la Organización Mundial de la Salud, 2024).



Created in BioRender.com

Figura 1. Síntomas de la endometriosis. Imagen diseñada en Bio-Render (<https://www.biorender.com/>).

En México, los datos disponibles apuntan en la misma dirección. La Secretaría de Salud y el CENETEC estiman que una de cada diez mujeres en edad reproductiva podría padecer endometriosis, lo que se traduce en más de siete millones de mexicanas potencialmente afectadas (Secretaría de Salud, 2023; Secretaría de Salud–CENETEC, 2023). Diversos estudios hospitalarios muestran que, entre las mujeres que consultan por infertilidad o dolor pélvico, la proporción con endometriosis es todavía mayor (Horne & Missmer, 2022; De Corte et al., 2025). Sin embargo, el país no cuenta aún con encuestas epidemiológicas específicas, de modo que buena parte de la información proviene de series de casos, registros clínicos y extrapolaciones a partir de datos internacionales (World Health Organization, 2023; Secretaría de Salud–CENETEC, 2023).

A esta falta de datos poblacionales se suma un problema que los pacientes conocen bien: el diagnóstico tardío. En distintos países, incluido México, se han documentado demoras de entre 7 y 10 años desde los primeros síntomas hasta que se confirma la enfermedad (De Corte et al., 2025; Li et al., 2025). Durante ese tiempo, muchas mujeres pasan por múltiples consultas, estudios e incluso cirugías con extirpaciones parciales, lo que agrava no solo el dolor físico, sino también la ansiedad, la incertidumbre y el impacto laboral y económico (World Health Organization Bulletin, 2024; Secretaría de Salud, 2023). Entender cuántas mujeres viven con endometriosis y por qué tardamos tanto en detectarla no es un ejercicio meramente estadístico: es el punto de partida para diseñar mejores políticas de salud, campañas de información y líneas de investigación.

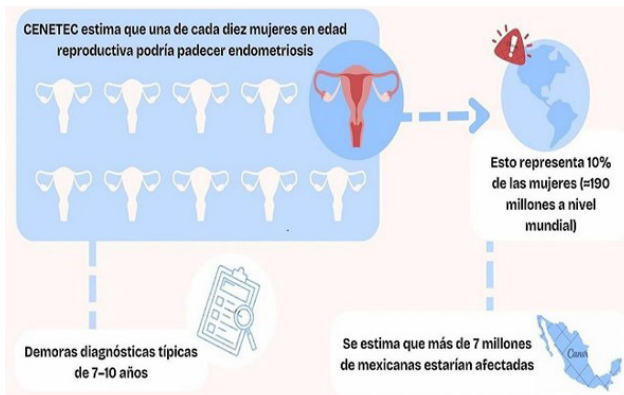


Figura 2. Prevalencia de la endometriosis a nivel mundial y en México. Con base en información de la Secretaría de Salud, 2023.

### ¿Por qué duele tanto la endometriosis?

Hoy sabemos que la endometriosis no tiene una sola causa. Más bien, es el resultado de varios procesos que ocurren al mismo tiempo y se refuerzan entre sí: inflamación, cambios hormonales, alteraciones del sistema inmune y la forma en que el sistema nervioso procesa el dolor (Horne & Missmer, 2022). Una de las primeras explicaciones que se propusieron fue la llamada menstruación retrógrada. Durante

la menstruación, parte del tejido del endometrio puede viajar en sentido contrario a través de las trompas y llegar a la cavidad abdominal. En algunas mujeres, estos fragmentos logran adherirse, sobrevivir y formar lesiones. Sin embargo, este fenómeno ocurre en muchas mujeres que nunca desarrollan la enfermedad, por lo que no basta para explicarla por completo (Horne & Missmer, 2022).

La diferencia parece estar en lo que ocurre después. En personas con endometriosis, el entorno dentro de la cavidad abdominal favorece que ese tejido “fuera de lugar” se implante y crezca. El sistema inmune, que normalmente debería eliminarlo, no responde de la misma manera: algunas células pierden capacidad para destruirlo, mientras que otras liberan sustancias que promueven inflamación y formación de nuevos vasos sanguíneos. Esto crea un ambiente que facilita la persistencia de las lesiones (Garmendia et al., 2025).

Además, se ha observado que el líquido peritoneal puede acumular hierro y productos derivados del sangrado cíclico, lo que favorece la generación de especies reactivas de oxígeno y el estrés oxidativo. Estos procesos contribuyen al daño tisular y perpetúan la inflamación, la formación de nuevos vasos y el dolor (Ni&Li, 2024; Kobayashi et al., 2023).

A esto se suman cambios hormonales. Las lesiones de endometriosis pueden producir sus propios estrógenos, lo que alimenta su crecimiento. Al mismo tiempo, muestran una menor respuesta a la progesterona, una hormona que normalmente ayuda a controlar la proliferación del tejido. Este desequilibrio favorece que la enfermedad se mantenga activa a lo largo del tiempo (Bulun et al., 2019).

Otro elemento clave es el dolor. Las lesiones no solo inflaman el tejido, sino que también desarrollan nuevas fibras nerviosas y liberan moléculas que sensibilizan al sistema nervioso.

Con el tiempo, esto puede hacer que el dolor se vuelva más intenso y persistente, incluso cuando las lesiones son pequeñas. Por eso, en la endometriosis no siempre hay una relación directa entre el tamaño de las lesiones y la intensidad del dolor (Hey-Cunningham et al., 2013).

En conjunto, estos procesos ayudan a entender por qué la endometriosis es una enfermedad compleja y por qué su manejo requiere un enfoque que vaya más allá de una sola causa o tratamiento.

## ¿Cómo se diagnostica la endometriosis?

El camino hacia el diagnóstico de endometriosis empieza, casi siempre, con escuchar la historia del paciente. Hoy se reconoce que no es necesario “probar” la enfermedad con una cirugía desde el inicio: el punto de partida es una buena entrevista clínica, en la que se exploran síntomas como dolor pélvico crónico, menstruaciones muy dolorosas, dolor al tener relaciones sexuales, dolor cíclico en otras zonas y dificultades para embarazarse (Horne & Missmer, 2022; Secretaría de Salud–CENETEC, 2023). La exploración pélvica, realizada por personal médico entrenado, puede aportar pistas, aunque no siempre permite ver la enfermedad en etapas iniciales. En cuanto a estudios, las guías internacionales y nacionales recomiendan una estrategia “clínico-radiológica”. El ultrasonido transvaginal es la prueba de primera línea para identificar quistes de endometriosis en los ovarios (endometriomas) (Becker et al., 2022; Secretaría de Salud–CENETEC, 2023).

La resonancia magnética se reserva para casos complejos, por ejemplo, cuando se sospecha compromiso de intestino, vejiga, uréteres o diafragma, o cuando el ultrasonido no es concluyente (Becker et al., 2022). Los marcadores en sangre como el CA-125 no se recomiendan como prueba de rutina, porque son poco específicos y se elevan también en otras condiciones (Horne & Missmer, 2022). Durante mucho tiempo se demostró que el “estándar de oro” para confirmar la endometriosis era la laparoscopia con biopsia. Hoy, tanto las guías de la Sociedad Europea de Reproducción Humana y Embriología (ESHRE) como la Guía de Práctica Clínica de CENETEC recomiendan reservar este procedimiento para situaciones seleccionadas: cuando el tratamiento médico no funciona, hay sospecha de enfermedad profunda o se requiere una intervención quirúrgica por otras razones (Becker et al., 2022; Secretaría de Salud–CENETEC, 2023). Esta transición hacia un diagnóstico basado en síntomas y estudios de imagen busca evitar cirugías innecesarias y acortar el tiempo entre los primeros síntomas y el inicio del tratamiento (De Corte et al., 2025; Li et al., 2025).

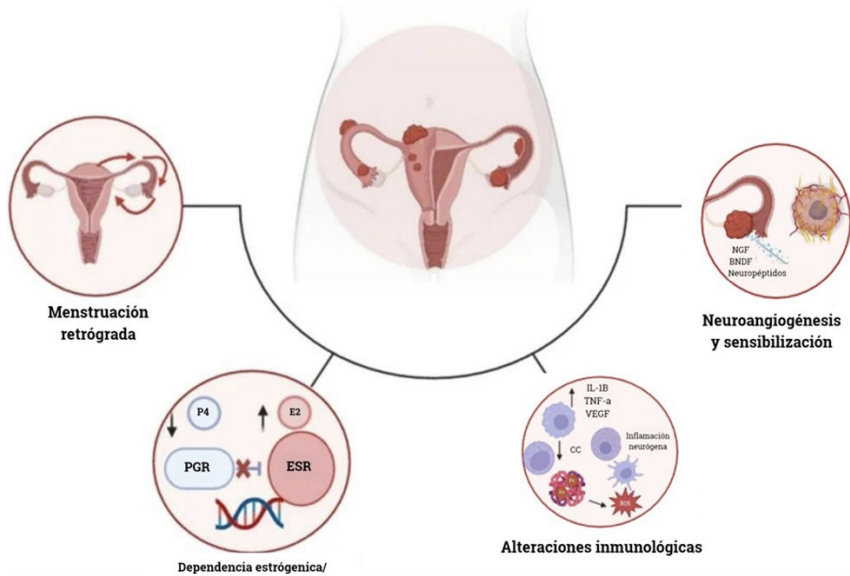


Figura 3. Fisiopatología de la endometriosis: mecanismos involucrados en su desarrollo. Imagen diseñada en Bio-Render (<https://www.biorender.com/>) con base en información de Horne & Missmer, 2022.

### ¿Por qué necesitamos modelos experimentales?

Entender a fondo la endometriosis solo con la información que obtenemos en la clínica es muy difícil. No siempre es posible tomar muestras de tejido, seguir la evolución de las lesiones en el tiempo o probar de manera controlada nuevos tratamientos en pacientes. Por eso, la investigación recurre a modelos experimentales: animales de laboratorio, cultivos de células, “miniúteros” u otros sistemas que permiten estudiar, paso a paso, qué ocurre en la enfermedad y cómo podríamos intervenir.

Estos modelos sirven para varias cosas: explorar mecanismos biológicos, identificar posibles blancos terapéuticos, probar fármacos antes de llegar a ensayos clínicos y buscar biomarcadores que algún día permitan diagnósticos menos invasivos. La validez de cada modelo depende de la especie, la forma en que se induce la enfermedad, el sitio donde se forman las lesiones, el estado hormonal y las variables que se miden (Burns et al., 2022; D’Hooghe et al., 2009; Tirado-González et al., 2010).

### Primates no humanos: el modelo más parecido a la enfermedad humana

Entre todos los modelos animales, los primates no humanos —como el macaco rhesus o el babuino— son los que más se parecen a la endometriosis humana. Estas especies menstrúan de manera espontánea, comparten ciclos hormonales similares a los de las mujeres y pueden desarrollar endometriosis de forma natural, sin necesidad de intervención experimental (D’Hooghe et al.,

2009; Tirado-González et al., 2010). Esto permite estudiar la evolución de la enfermedad en condiciones muy cercanas a la realidad clínica: cómo aparecen las lesiones, cómo cambian con el tiempo, qué pasa cuando se interviene quirúrgicamente o cuando se prueban ciertos medicamentos. Sin embargo, trabajar con primates implica retos importantes: costos muy

elevados, colonias pequeñas, tiempos largos de seguimiento y, sobre todo, exigencias éticas muy estrictas (D'Hooghe et al., 2009). Por ello,

aunque ofrecen una fidelidad excepcional, solo unos cuantos centros en el mundo pueden utilizarlos de manera rutinaria.

### Roedores: modelos versátiles para entender mecanismos y probar tratamientos

Por razones éticas, económicas y logísticas, la mayoría de los estudios experimentales se realizan en roedores, principalmente ratas y ratones. Estos animales no menstrúan de forma natural, lo

que podría considerarse una desventaja, pero son muy útiles para estudiar mecanismos concretos y evaluar la respuesta a fármacos en condiciones controladas (Burns et al., 2022; Tejada et al., 2023).

#### Modelos homólogos con tejido de ratas o ratones

En los modelos homólogos se utiliza tejido uterino de la misma especie: fragmentos de útero o de endometrio se trasplantan a la cavidad abdominal, al peritoneo o a los ovarios, donde forman lesiones similares a las de la endometriosis. El resultado final depende de varios facto-

res: la cepa del animal, el tamaño del injerto, el sitio exacto donde se coloca, el tiempo de seguimiento y el estado hormonal, entre otros (Burns et al., 2022, 2025). Estos modelos son relativamente económicos y flexibles, lo que permite hacer estudios con muchos animales,

probar diferentes dosis de medicamentos, explorar variantes genéticas o evaluar la participación de ciertas vías inflamatorias. Justamente por esa versatilidad, el proyecto EPHeCT de la World Endometriosis Research Foundation ha

propuesto estándares para armonizar cómo se diseñan y reportan los modelos en roedores, de modo que los resultados puedan compararse entre laboratorios (Burns et al., 2025; World Endometriosis Research Foundation, 2025).

#### Modelos heterólogos: tejido humano en ratones

Otra estrategia consiste en implantar pequeños fragmentos de endometrio humano —normal o provenientes de lesiones de endometriosis— en ratones inmunodeficientes. En estos modelos heterólogos, el tejido humano crece en un organismo vivo, se vasculariza, responde a hormonas y fármacos, lo que acerca el modelo a la complejidad biológica de la enfermedad real (Hull et al., 2025; Marr et al., 2025).

Su principal limitación es que, para evitar el rechazo, estos ratones tienen sistemas inmunes muy debilitados o ausentes. Esto restringe el estudio de la respuesta inmune y de algunos aspectos del dolor, que son fundamentales en la endometriosis (Hull et al., 2025; Gruber & Mechsner, 2021). Por ello se usan sobre todo para estudiar el comportamiento del tejido humano y para probar terapias dirigidas a moléculas específicas

#### El "ratón menstruante"

Para acercarse más al componente menstrual, se ha desarrollado un modelo conocido como "ratón menstruante". No se trata de una cepa especial, sino de un protocolo experimental en el que se induce un ciclo pseudogestacional y, posteriormente, una menstruación verdadera en ratones de laboratorio.

Esto permite estudiar, de forma controlada, procesos como la decidualización, el desprendimiento del tejido y la reparación del endometrio, además de su relación con inflamación, dolor y angiogénesis (Howe et al., 2025; Tejada et al., 2023). Aunque este modelo no reproduce toda la complejidad clínica de la endometriosis, se ha convertido en

una herramienta valiosa para explorar situaciones específicas y para complementar la información que brindan otros modelos. Paralelamente, se ha desarrollado todo un conjunto de pruebas con-

ductuales en roedores —desde la “grimace scale” hasta pruebas de hipersensibilidad— para medir el dolor de manera más objetiva y reproducible (Gruber & Mechsner, 2021; Tejada et al., 2023).

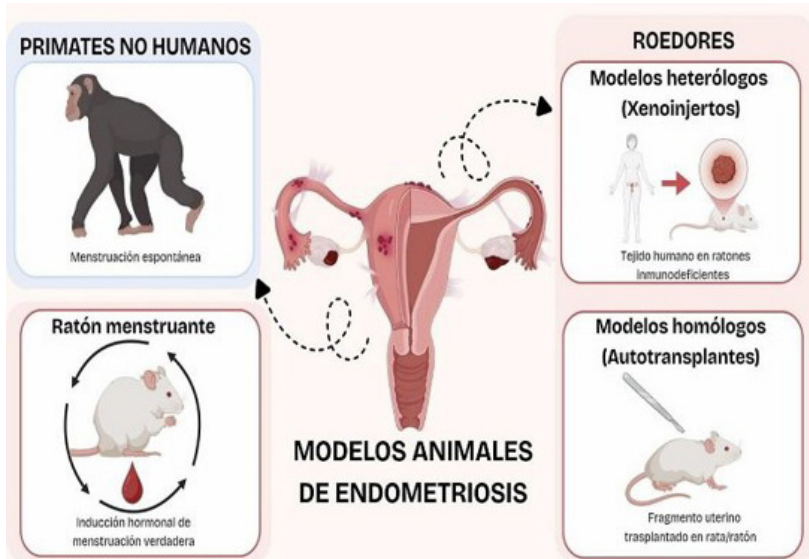


Figura 4. Modelos animales de endometriosis: primates no humanos y roedores.

Imagen diseñada en Bio-Render (<https://www.biorender.com/>).

### Organoides y “órganos en chip”: minilaboratorios de endometrio

Además de los modelos animales, han surgido plataformas que utilizan directamente células humanas en el laboratorio. Los organoides son microestructuras tridimensionales que se forman a partir de células madre del endometrio o de lesiones de endometriosis, y que recrean algunas funciones del tejido real: organización glandular, respuesta hormonal, cambios en la expresión génica, entre otras (Marr et al., 2025).

Estos “miniúteros” permiten estudiar procesos muy específicos, probar rápidamente diferentes fármacos y reducir el uso de animales, con ventajas claras en términos de ética, costos y control experimental. Sin embargo, no incluyen todos los elementos de un organismo vivo: carecen de la interacción completa con nervios, vasos, sistema inmune u otros órganos, por lo que se

consideran modelos parciales que deben complementarse con otras aproximaciones (Marr et al., 2025). Los sistemas “organ-on-chip”, por su parte, son dispositivos microfluídicos donde se combinan células humanas con flujos controlados de nutrientes y señales mecánicas.

En endometriosis, pueden incluir tejido endometrial junto con células inmunes, endoteliales o neuronas sensoriales, para estudiar fenómenos como inflamación, formación de vasos y señalización del dolor en un entorno más cercano al cuerpo humano que un cultivo tradicional (Yan et al., 2023). Aunque esta tecnología todavía es costosa y requiere infraestructura especializada, se perfila como una herramienta poderosa para reducir la dependencia de modelos animales y avanzar hacia una investigación más traslacional.

Tabla 1. Comparativa entre organoides y órganos-en-chip: características, aplicaciones, ventajas y limitaciones para el estudio de la endometriosis.

|                | Organoides                                                                                        | Órganos-en-chip                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definición     | Mini-órganos tridimensionales cultivados in vitro                                                 | Sistemas que combinan células humanas con flujos controlados para imitar funciones fisiológicas |
| Fuente celular | Células madre o tejido endometrial                                                                | Células humanas específicas integradas en microchips                                            |
| Estructura     | 3D autoorganizada                                                                                 | Dispositivo microfluídico con canales                                                           |
| Aplicaciones   | Estudio del desarrollo, interacciones célula-célula, enfermedades complejas como la endometriosis | Ensayo de fármacos, toxicología, modelado de órganos conectados ("human-on-a-chip")             |
| Ventajas       | Reproducen arquitectura y heterogeneidad celular                                                  | Simulación de vascularización, control del entorno fisiológico y medición precisa de variables  |
| Limitaciones   | Falta de vascularización y conexión con otros tejidos                                             | Costo elevado y falta de estandarización                                                        |

Elaborada con base en información de Marr et al., 2025 y Yan et al., 2023.

En los últimos años, la comunidad científica también ha buscado que los estudios sobre endometriosis sean más comparables y útiles entre distintos laboratorios. Iniciativas internacionales, como el proyecto EPHeC de la World Endometriosis Research Foundation, proponen guías para estandarizar tanto la recolección de datos clínicos como el diseño de modelos experimentales (Burns et al., 2025; World Endometriosis Research Foundation, 2025). Esto permite que los resultados puedan contrastarse con mayor facilidad y contribuyan de forma más sólida al avance del conocimiento. Al mismo tiempo, la investigación en este campo se desarrolla bajo principios éticos cada vez más estrictos. En el caso de los modelos animales, se siguen las llamadas 3R: reemplazar el uso de animales cuando existen alternativas, reducir el número necesario y refinar los procedimientos para disminuir el sufrimiento. En modelos más complejos, como los primates no humanos, las regulaciones son aún más rigurosas y requieren una evaluación detallada de los beneficios científicos frente a los riesgos (D'Hooghe et al., 2009; Lin et al., 2024).

Este enfoque busca que la investigación en endometriosis sea no solo científicamente sólida, sino también responsable, alineando el avance del conocimiento con el respeto hacia los seres vivos.

Reflexiones finales

La endometriosis es mucho más que un “dolor de regla”: es una enfermedad inflamatoria crónica, dependiente de estrógenos, que afecta a millones de mujeres y tiene consecuencias en la fertilidad, la salud mental y la vida cotidiana. Durante años, su impacto ha sido subestimado, en parte por la normalización del dolor menstrual, lo que contribuye a diagnósticos tardíos y tratamientos insuficientes.

Hoy se entiende como un problema complejo en el que interactúan factores hormonales, inmunológicos, inflamatorios y nerviosos. Este cambio de perspectiva ha permitido avanzar hacia estrategias diagnósticas menos invasivas y tratamientos más integrales, que no solo buscan eliminar lesiones, sino mejorar la calidad de vida.

En este contexto, los modelos experimentales — desde animales de laboratorio hasta organoides y sistemas “organ-on-chip” — son herramientas clave para comprender los mecanismos de la enfermedad y desarrollar nuevas terapias. Fortalecer la investigación, junto con una mejor comunicación pública, es fundamental para reconocer a tiempo la enfermedad y reducir el impacto que tiene en la vida de quienes la padecen.

## Conflicto de intereses

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún tipo de conflicto de interés.

## Declaración de privacidad

Los datos de este artículo, así como los detalles técnicos para la realización del experimento, se pueden compartir a solicitud directa con el autor de correspondencia. Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros.

**Descargo de Responsabilidad (Inteligencia Artificial)** Los autores declaran por la presente que NO se han utilizado tecnologías de IA generativa, tales como modelos de lenguaje grandes (ChatGPT, COPILOT, etc.) y generadores de texto a imagen, durante la redacción o edición de este manuscrito.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por el financiamiento de los proyectos del Cuerpo Académico en Neuroendocrinología BUAP-CA-288, periodo 2024-2026.

## Referencias

- Becker, C. M., Bokor, A., Heikinheimo, O., Horne, A., Jansen, F., Kiesel, L., King, K., Kvaskoff, M., Nap, A., Petersen, K., Saridogan, E., Tomassetti, C., van Hanegem, N., Vulliamos, N., Vermeulen, N., & ESHRE Endometriosis Guideline Group. (2022). ESHRE guideline: Endometriosis. *Human Reproduction Open*, 2022(2), hoac009. <https://doi.org/10.1093/hropen/hoac009>
- Bulun, S. E., Yilmaz, B. D., Sison, C., Miyazaki, K., Bernardi, L., Liu, S., Kohlmeier, A., Yin, P., Milad, M., & Wei, J. (2019). Endometriosis. *Endocrine Reviews*, 40(4), 1048–1079. <https://doi.org/10.1210/er.2018-00242>
- Burns, K. A., Pearson, A. M., Slack, J. L., Por, E. D., Scribner, A. N., Eti, N. A., & Burney, R. O. (2022). Endometriosis in the mouse: Challenges and progress toward a "best fit" murine model. *Frontiers in Physiology*, 12, 806574. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.806574>
- Burns, K. A., Peterse, D., Appleyard, C. B., Chandler, R., Guo, S. W., Pearson, A., Persoons, E., Anglesio, M. S., Rogers, M. S., Sharpe-Timms, K. L., Vriens, J., McAllister, S. L., Dodds, K. N., Cousins, F. L., Hummelshoj, L., Missmer, S. A., Bruner-Tran, K. L., & Greaves, E. (2025). WERF Endometriosis Phenome and Biobanking Harmonisation Project for Experimental Models in Endometriosis Research (EPHect-EM-Homologous): Homologous rodent models. *Molecular Human Reproduction*, 31(3), gaaf021. <https://doi.org/10.1093/molehr/gaaf021>
- De Corte, P., Klinghardt, M., von Stockum, S., & Heinemann, K. (2025). Time to diagnose endometriosis: Current status, challenges and regional characteristics—A systematic literature review. *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 132(2), 118–130. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.17973>
- D'Hooghe, T. M., Kyama, A. M., Chai, D., Fassbender, A., Vodolazkaia, A., Bokor, A., & Mwenda, J. M. (2009). Nonhuman primate models for translational research in endometriosis. *Reproductive Sciences*, 16(2), 152–161. <https://doi.org/10.1177/1933719108322430>
- Endometriosis México. (s.f.). *Endometriosis México*. <https://endometriosismexico.com/>
- Garmendia, J. V., De Sanctis, C. V., Hajdúch, M., & De Sanctis, J. B. (2025). Endometriosis: An immunologist's perspective. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(11), 5193. <https://doi.org/10.3390/ijms26115193>
- Gruber, T. M., & Mechsner, S. (2021). Pathogenesis of endometriosis: The origin of pain and subfertility. *Cells*, 10(6), 1381. <https://doi.org/10.3390/cells10061381>
- Hey-Cunningham, A. J., Peters, K. M., Zevallos, H. B., Berbic, M., Markham, R., & Fraser, I. S. (2013). Angiogenesis, lymphangiogenesis and neurogenesis in endometriosis. *Frontiers in Bioscience (Elite Edition)*, 5(3), 1033–1056. <https://doi.org/10.2741/e682>
- Horne, A. W., & Missmer, S. A. (2022). Pathophysiology, diagnosis, and management of endometriosis. *BMJ*, 379, e070750. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-070750>
- Howe, C. A., Coté, J. J., Stoos, C. T., Hallgren, J. J., Bredehoeft, M. R., & Gelineau-van Waes, J. B. (2025). Induction of endometriosis in a menstruating mouse model. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 64(4), 1–15. <https://doi.org/10.30802/AALAS-JAALAS-24-160>
- Hull, M. L., Gomez, R., Nothnick, W. B., Gruemmer, R., Burns, K. A., Johan, M. Z., Land, I. R., Missmer, S. A., Hummelshoj, L., Greaves, E., Bruner-Tran, K. L., & EPHeC Experimental Models Working Group. (2025). WERF EPHeC-EM-Heterologous: Heterologous rodent models. *Molecular Human Reproduction*, 31(3), gaaf022. <https://doi.org/10.1093/molehr/gaaf022>
- Kobayashi, H., Yoshimoto, C., Matsubara, S., Shigetomi, H., & Imanaka, S. (2023). Endometriosis-related infertility and ferroptosis. *Diagnostics*, 13(11), 1926. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13111926>
- Li, W., Feng, H., & Ye, Q. (2025). Factors contributing to delayed diagnosis of endometriosis: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Medicine*, 12, 1576490. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1576490>
- Lin, T., Allaire, C., As-Sanie, S., Stratton, P., Vincent, K., Adamson, G. D., Arendt-Nielsen, L., Bush, D., Jansen, F., Longpre, J., Rombauts, L., Shah, J., Toussaint, A., Hummelshoj, L., Missmer, S. A., Yong, P. J., & WERF EPHeC Physical Examination Working Group (2024). World Endometriosis Research Foundation Endometriosis Phenome and Biobanking Harmonization Project: V. Physical examination standards in endometriosis research. *Fertility and sterility*, 122(2), 304–315. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2024.03.007>

- Marr, E. E., Gnecco, J. S., Missmer, S. A., Hawkins, S. M., Osteen, K. G., Hummelshoj, L., Greaves, E., Bruner-Tran, K. L., & EPHeCT Experimental Models Working Group (2025). WERF Endometriosis Phenome and Biobanking Harmonisation Project for Experimental Models in Endometriosis Research (EPHeCT-EM-Organoids): endometrial organoids as an emerging technology for endometriosis research. *Molecular human reproduction*, 31(3), gaaf024. <https://doi.org/10.1093/molehr/gaaf024>
- Ni, C., & Li, D. (2024). Ferroptosis and oxidative stress in endometriosis: A systematic review. *Medicine*, 103(11), e37421. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000037421>
- Secretaría de Salud. (2023). En México, una de cada 10 mujeres en edad reproductiva puede padecer endometriosis. <https://www.gob.mx/salud/prensa/068-en-mexico-una-de-cada-10-mujeres-en-edad-reproductiva-puede-padecer-endometriosis>
- Secretaría de Salud – CENETEC. (2023). Guía de práctica clínica: Diagnóstico y tratamiento de la endometriosis. <https://www.cenetec-difusion.com/CMGPC/SS-207-23/ER.pdf>
- Tejada, M. A., Antunez, C., Nunez-Badinez, P., De Leo, B., Saunders, P. T., Vincent, K., Cano, A., Nagel, J., & Gomez, R. (2023). Rodent animal models of endometriosis-associated pain. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2422. <https://doi.org/10.3390/ijms24032422>
- Tirado-González, I., Barrientos, G., Tariverdian, N., Arck, P. C., García, M. G., Klapp, B. F., & Blois, S. M. (2010). Animal models for the study of a complex disease. *Journal of Reproductive Immunology*, 86(2), 141–147. <https://doi.org/10.1016/j.jri.2010.05.001>
- World Endometriosis Research Foundation (WERF). (2025). SOPs para modelos experimentales homólogos en roedores. <https://academic.oup.com/molehr/article/8193445>
- World Health Organization Bulletin. (2024). Endometriosis: Disease mechanisms and health disparities. <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/bulletin/online-first/blt.24.292660.pdf>
- World Health Organization. (2023, March 24). Endometriosis. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/endometriosis>
- Yan, J., Wu, T., Zhang, J., et al. (2023). Revolutionizing the female reproductive system research using microfluidic chip platform. *Journal of Nanobiotechnology*, 21, 490. <https://doi.org/10.1186/s12951-023-02258-7>