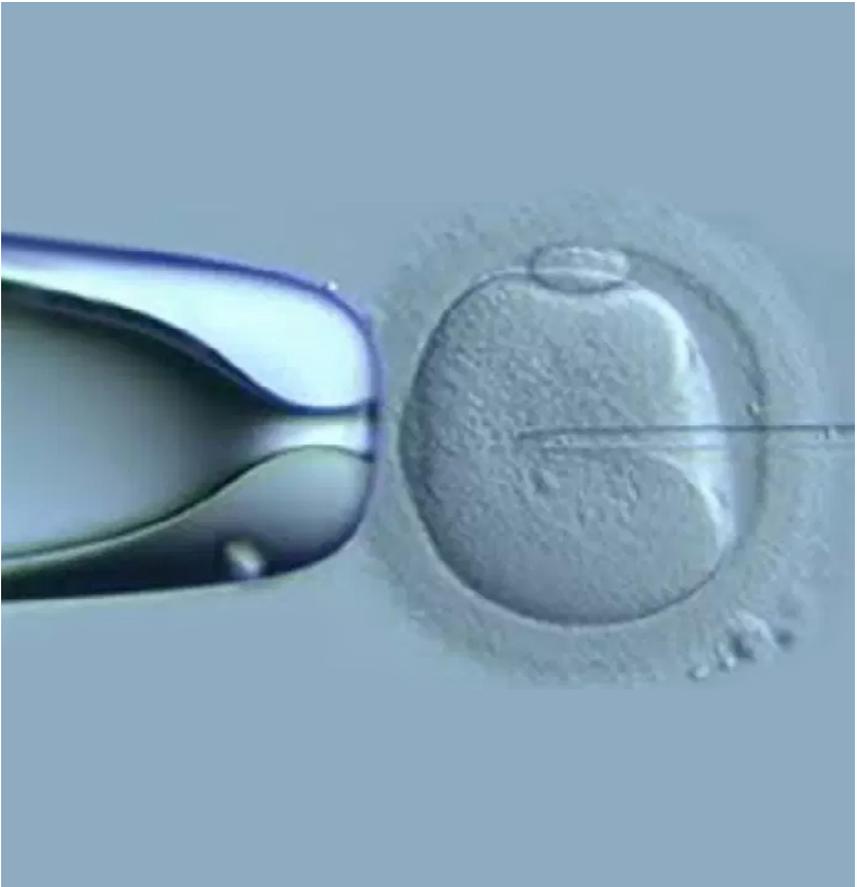


Tratamientos de Alta Complejidad

Introducción





Escribe el **Dr. Martín Rotella**

Especialista en Endocrinología
Ginecológica y Reproducción

Al rescate de las células esenciales

Las técnicas de reproducción asistida de alta complejidad (TRA) han permitido que muchas mujeres y parejas logren el embarazo y un recién nacido vivo.

Hablamos de la fecundación del ovocito fuera del cuerpo de la mujer, previa obtención de los gametos, lo cual nos permite obtener embriones para su posterior transferencia a la cavidad uterina. Una herramienta de la ciencia que va desde los embriones generados en condiciones de cultivo *in vitro* para su posterior transferencia, hasta aquellos que no son transferidos y presentan características determinadas para ser conservados mediante técnicas de crío-preservación (Vitrificación) y ser posteriormente transferidos en forma diferida.

Capítulo aparte dedicaremos a esta modalidad, así como a la ovo-

donación, que sin dudas se ha convertido en la gran estrella del campo de la fertilidad asistida.

Múltiples factores

Las tasas de embarazo exitoso por tratamiento de fertilidad de alta complejidad (FIV e ICSI) oscilan entre un 30 y 35 por ciento, según consignan diferentes publicaciones. Estas tasas son variables y dependen de múltiples factores, entre los más relevantes se encuentra la calidad de los gametos (ovocitos / espermatozoides) ya que la probabilidad de tener un embrión sano está directamente relacionada con las características de los mismos.

Otras condiciones que influyen en las tasas de embarazo son las condiciones de laboratorio, los medios de cultivos, las incubadoras, los catéteres de transferencia, y obviamente el factor humano (biólogos, médicos, entre otros); en suma, todo el equipo de profesionales intervinientes y los elementos tecnológicos que forman parte de ese tratamiento. Queda claro entonces que el éxito de un tratamiento está supeditado a un sinnúmero de factores.

Obviamente la medicina reproductiva sigue avanzando y brindando estrategias y herramientas que pueden aumentar las tasas de embarazo. Este es el caso de los estudios genéticos que se pueden realizar al embrionario antes de ser transferido, como el test genético preimplantacional (PGT). Otro estudio que se puede recomendar en determinadas situaciones, como por ejemplo: falla recurrente de implantación, es también el de receptividad endometrial, que permite evaluar la expresión génica en la ventana de implantación endometrial y predecir el momento óptimo para realizar la transferencia embrionaria.

Pero como ya dijimos, un factor determinante para predecir y estimar tasas de éxito es la calidad de los gametos, tanto de los espermatozoides como de los ovocitos. En los artículos iniciales hemos visto

la incidencia del factor masculino, por lo cual en este capítulo nos focalizaremos en la calidad ovocitaria.

Definiendo al Ovocito

Para decirlo de un modo sencillo, el Ovocito o como se lo conoce popularmente, el óvulo, es la célula sexual que contiene la mitad de los cromosomas de un embrión (la otra mitad está en el espermatozoide).

Aunque es una estructura increíblemente pequeña (mensurable en micrómetros, micrones o micras, es decir, en milésimas partes de milímetros) resulta detectable a través del microscopio o lupa estereoscópica. Contiene en su interior estructuras (organelas) que son fundamentales para su buen funcionamiento y para la formación del futuro embrión.

Estas estructuras pueden sufrir alteraciones y comprometer la calidad del ovocito y por ende la calidad del embrión. Uno de los factores de pronóstico más determinantes a la hora de hablar de calidad es la edad de la paciente, la cual comienza a declinar a partir de los 35 años, haciéndose cada año más evidente. Cuantos más años tiene el ovocito la probabilidad de lograr embriones de buena calidad va disminuyendo.

Así podemos visualizarlo en los siguientes gráficos:

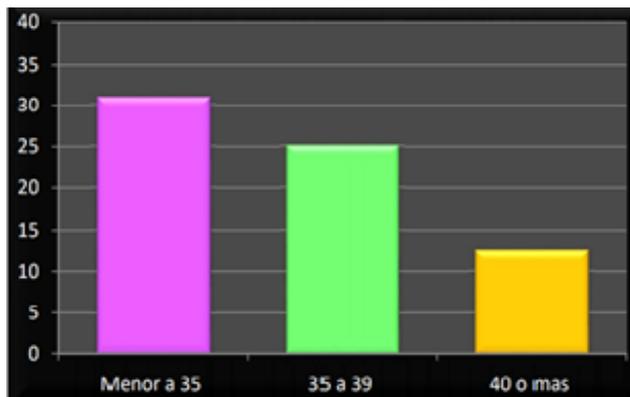


Gráfico estadístico de tasas de embarazo por edad.

Tasa de embarazo según edad de la mujer en tratamiento de fertilidad.
Fuente: Registro Argentino de Fertilidad Asistida (2003-2014).



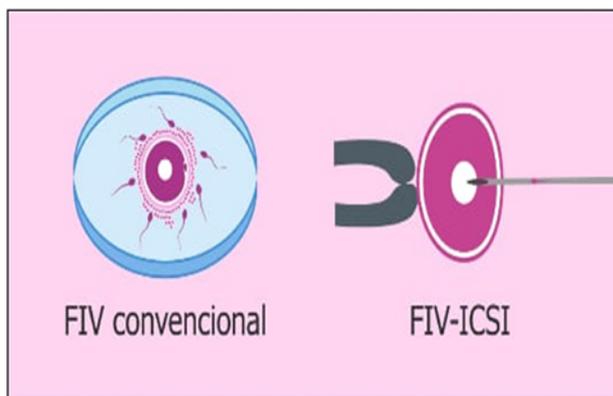
Otro factor a tener en cuenta en lo que respecta al factor femenino es la reserva ovárica: todas las mujeres, desde su vida intrauterina disponen de células primordiales (folículos) que darán origen a los óvulos durante la edad reproductiva. En la pubertad, dentro del ovario se encuentran entre 300.000 y 400.000 folículos primordiales; cada uno de ellos contiene en su interior una célula muy pequeña e inmadura llamada ovocito primario, que tras madurar dará lugar a los futuros ovocitos maduros “óvulos”. A lo largo de los ciclos ovulatorios, el número de los folículos irá disminuyendo, finalizando los ciclos fértiles llegada la menopausia con el cese de la ovulación y en consecuencia la menstruación.

A diferencia del hombre que produce espermatozoides continuamente, el potencial reproductivo de la mujer lleva un camino descendente partiendo de un número determinado de ovocitos. Pero como ya dijimos, en lo que respecta a tratamientos de fertilidad también incide el factor masculino ya que la existencia de alteraciones seminales y de los espermatozoides, como alteración de la morfología o alteraciones del ADN espermático (índice de fragmentación de ADN elevado o TUNEL aumentado), pueden disminuir las tasas de éxito.

In vitro y microinyecciones

Para comprender el mecanismo de la fecundación del ovocito en condiciones de cultivo in vitro, previa obtención de los gametos (ovocito y espermatozoide), es necesario recordar una vez más cuáles son los dos métodos de la fertilización asistida: la fecundación in vitro convencional (FIV) y la microinyección intracitoplasmática de un espermatozoide en el interior del ovocito, conocida como ICSI.

En la primera de éstas, cada ovocito maduro (MII) se coloca en un medio de cultivo con una concentración determinada de espermatozoides móviles progresivos. La fertilización se da de manera espontánea, en tanto que cuando las características seminales presentan alteraciones, sobre todo en lo que respecta a concentración y movilidad, el biólogo evaluará realizar un ICSI, el cual consiste en introducir un solo espermatozoide en el interior del citoplasma de cada ovocito. El biólogo selecciona en forma artesanal, en base a su experiencia, el espermatozoide con mejor movilidad y morfología, y luego lo inyecta por medio de un micromanipulador en el interior del citoplasma del ovocito. Una vez fertilizado el óvulo, se observa la fecundación que da origen a un “*pre embrión*”, el cual se transfiere posteriormente dentro del útero.



En el siguiente gráfico se observa una diferencia esquemática entre ambas técnicas:

Etapas de una técnica de alta complejidad

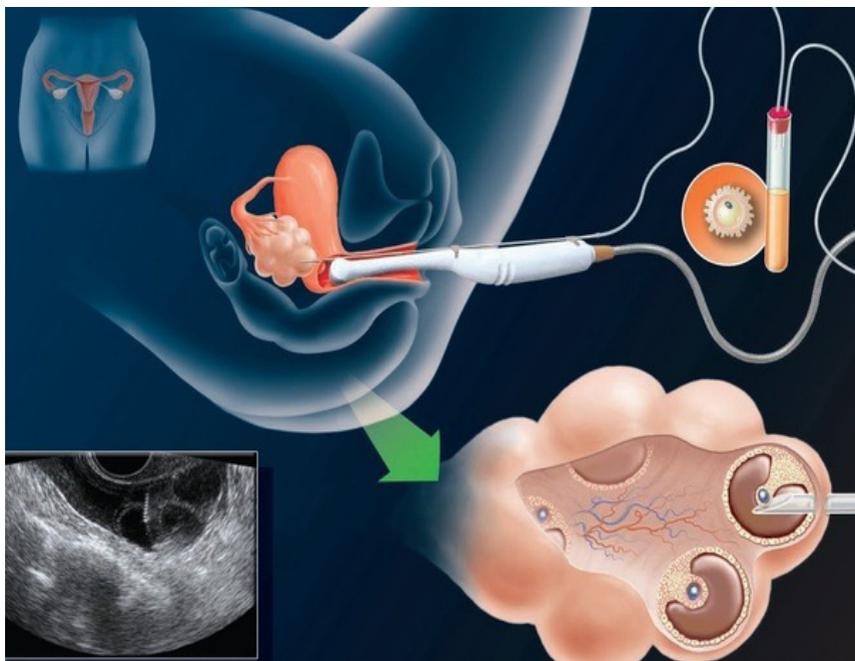
Con la paciente ya seleccionada, previamente estudiada y preparada en un día determinado del ciclo, se realiza una hiperestimulación ovárica controlada con medicación. El objetivo en esta instancia es reclutar y madurar el mayor número de folículos posible, para luego aspirarlos y recuperar de su interior los ovocitos maduros, que serán luego evaluados en el laboratorio de embriología y seleccionados para su posterior fertilización con el espermatozoide, esperando horas después la fecundación, es decir la formación del embrión.

Por lo tanto, lo que buscamos es una respuesta *“suprafisiológica”*, ya que fisiológicamente en cada ciclo natural de la mujer solo un folículo, el más apto, será el que crecerá y madurará hasta finalizar con la expulsión del ovocito maduro. A lo largo de la estimulación de cada paciente, monitoreamos el crecimiento de los folículos con ecografía transvaginal de manera seriada. Cuando la paciente presenta folículos de más de 17-18 mm se indica la maduración folicular final con gonadotrofina coriónica humana, llamada HCG o con *Análogo Agonista* según corresponda.

Es decir, se completa la maduración final, lo que permite su recuperación durante la aspiración, la cual se programa entre las 34-36 horas post maduración folicular.

Aspiración folicular

Se realiza una ecografía transvaginal cuyo transductor lleva montado una guía en la cual se introduce una aguja con la que se van punzando y aspirando los folículos. Este líquido folicular es analizado en el laboratorio para identificar la presencia de los ovocitos. Es un procedimiento ambulatorio.



Recolección del semen

La muestra se obtiene por masturbación, sin el uso de lubricantes, en un frasco estéril. Se recomienda una abstinencia sexual de 3-5 días y entregar la muestra al laboratorio de embriología dentro de la hora de su recolección.

Cuando no hay espermatozoides en el eyaculado (azoospermia), los mismos pueden obtenerse, según el caso, mediante punción epididimaria (PESA) o biopsia de testículo (TESE). No en todos los casos será posible la recuperación espermática, ya que existen condiciones en las cuales no se producen espermatozoides.

Fecundación

FIV: inseminación. Se incuban en medio de cultivo a cada ovocito con una población determinada de espermatozoides móviles previamente capacitados en el laboratorio.

ICSI: inyección intracitoplasmática de un único espermatozoide con la ayuda de un micromanipulador.

Evaluación de fertilización

Se evidencia la fecundación por la visualización al microscopio de los pronúcleos (PN) masculino y femenino, a las 16 a 18 horas de la inseminación de los ovocitos. La tasa de fertilización ronda el 70%. Esta tasa varía de acuerdo a las características morfológicas de los gametos, la edad, causa de infertilidad y factores variables del laboratorio (temperatura, medios de cultivo, incubadoras).

Transferencia embrionaria

Los embriones son transferidos por vía transcervical sin anestesia. Se realiza bajo control ecográfico por vía abdominal para visualizar la zona de descarga de la gota que corresponde al medio de cultivo que contiene al embrión. Se utiliza un catéter blando que se introduce a través del orificio cervical externo hasta 1,5-2 cm del fondo uterino teniendo la precaución de no tocar el fondo y que sea lo menos traumática posible.

Los factores más frecuentes de esterilidad

Un punteo de los factores más frecuentes de esterilidad puede ser útil para visualizar por qué estos tratamientos resultan la mejor opción.

A. FACTOR TUBOPERITONEAL

25-35% de las causas de esterilidad se deben a una afección tuboperitoneal, por obstrucción, por adherencias pélvicas;

hidrosalpinx (en el caso de hidrosalpinx se recomienda la salpingectomía previo al FIV, es decir, retirar la trompa dañada o eventualmente desvincularla ya que se sabe que éste tiene un efecto deletéreo sobre la implantación); endometriosis, cirugía pélvica previa, etcétera.

B. ENDOMETRIOSIS MODERADA O SEVERA

25 a 50% de las pacientes infértiles tienen endometriosis.

30 a 50% de las mujeres con endometriosis son infértiles. Esta patología puede alterar la calidad ovocitaria, la tasa de fertilización y la implantación.

C. FACTOR MASCULINO MODERADO A SEVERO

35 a 50% de los casos se deben a los hombres (el problema se clasifica en varios grados dependiendo de la calidad espermática). En los casos de factor masculino severo se recomienda realizar ICSI.

D. INSEMINACIONES INTRAUTERINAS FALLIDAS

Es discutible el número recomendado de IIU a realizar, ya que depende de muchos factores pero, según cuenta la literatura, se pueden realizar de 3 a 6 inseminaciones. Luego de esto, si no se logra el embarazo se recomienda pasar a una técnica de reproducción asistida de alta complejidad.

E. DISMINUCIÓN DE LA RESERVA OVÁRICA POR CAUSAS FISIOLÓGICAS, PATOLÓGICAS O POR EDAD REPRODUCTIVA AVANZADA

Según el tiempo de búsqueda, la edad de la paciente y los tratamientos previos.

F. ESTERILIDAD SIN CAUSA APARENTE (ESCA)

En aquellas pacientes y parejas que tras realizar diferentes estudios de diagnóstico no se determinó una causa por la cual no se está logrando el embarazo y cuando ya se intentó el embarazo por técnicas más sencillas como relaciones sexuales programadas, con o sin estimulación de la ovulación, y cuan-

do ya se realizaron tratamientos de baja complejidad como inseminaciones intrauterinas y aun así el embarazo no se logra.

Cómo saber si el tratamiento resultó exitoso

Se realiza una determinación en sangre de la hormona HCG subunidad β cualitativa o cuantitativa a los 14 a 16 días de la aspiración folicular ó 12 días posterior a la transferencia embrionaria. Es de preferencia la medición cuantitativa, ya que se puede realizar un seguimiento seriado para evaluar su aumento en siguientes determinaciones. Luego se lleva a cabo una ecografía transvaginal: se indica aproximadamente a las 2 semanas del test de embarazo positivo.

Sea cual sea el resultado final en cada caso, lo cierto es que la medicina reproductiva sigue avanzando en el rescate de las células esenciales, aquellas de donde surge la vida, brindando estrategias y herramientas que pueden aumentar las tasas de embarazo a un nivel que pocos pueden llegar todavía a imaginar.

Tratamientos de Alta Complejidad I Ovodonación y epigenética



“¡Pero Doctor, ese hijo no sería mío!”

Estas palabras las escucho a menudo cada vez que les sugiero a mis pacientes realizar un tratamiento con gametos donados (ovocitos donados). Entonces yo les explico que las personas sin duda son el resultado de numerosos estímulos los cuales actúan todos ellos en forma sinérgica determinando el nuevo ser. Entre estos factores encontramos el ambiente, la incidencia de la familia, las vivencias, la alimentación, determinando un tema del que se habla cada día más, la epigenética. Es decir, que todos estos estímulos en su conjunto van moldeando a la nueva persona.

Diálogo madre-embrión

En 2015 el *Instituto Valenciano de Infertilidad (IVI)* publicó que los niños nacidos por tratamientos de Ovo Donación comparten muchos rasgos fenotípicos con su madre gestante, independientemente del origen del ovocito. Investigaciones iniciales realizadas en ratones los alentaron a seguir indagando en esta línea al comprobar cómo el ambiente uterino de los roedores era realmente capaz de modificar la epigenética del embrión. En efecto, cada célula que constituye el embrión en sus primeros días es pluripotencial, esto quiere decir que estas células por sí mismas son capaces de originar diferentes seres vivos partiendo de un mismo embrión. Un claro ejemplo es la división de un mismo embrión en los primeros días de la gestación dando origen a más de un individuo, tal es el caso de un embarazo gemelar donde cada uno de esos bebés resulta un ser irrepetible pese a partir de un mismo común origen genético. Es decir que por más que sean gemelos son personas diferentes, con rasgos y modismos distintivos.

Posteriormente en el centro IVI de *España* comprobaron algo sorprendente: la ‘comunicación’ entre gestante y embrión era suficiente

para modificar el genoma del futuro bebé. Pioneros en esta línea de trabajo fueron los doctores *Felipe Vilella* y *Carlos Simón* (activos investigadores del IVI) quienes así confirmaban la llamada ‘hipótesis de *Barker*’ que formuló el epidemiólogo inglés *David Barker* en 1990 al afirmar que “*lo que sucede en el útero materno es más importante que lo que sucede tras el nacimiento*”.

La confirmación de que la madre puede variar la información genética del hijo, incluso si el óvulo es de una donante, fue publicada por los investigadores españoles en la prestigiosa revista *Development* en el mes de setiembre de 2015 bajo el título “*Hsa-miR-30-d, secreted by the human endometrium, is taken up by the pre-implantation embryo and might modify its transcriptome (Hsa-miR-30-d, secretado por el endometrio humano, es absorbido por el embrión de preimplantación y podría modificar su transcriptoma).*”¹

Algo tan asombroso tiene una explicación en verdad sencilla.

Y es que la transmisión de moléculas entre gestante y embrión se produce antes de que éste se implante en el endometrio. Durante ese periodo de tiempo la gestante secreta líquido endometrial con información que es tomada por el embrión, modificando así su desarrollo. Una de las hipótesis más perseguidas y fascinantes en el campo de la genética reproductiva: la existencia de comunicación entre la madre gestante y su embrión, previo al momento de ser implantado en el

1. “Durante la implantación del embrión, el blastocisto interactúa con el endometrio y lo regula, y el líquido endometrial secretado por el epitelio endometrial nutre al embrión. Aquí, proponemos que los microARN maternos (miARN) podrían actuar como modificador transcriptómico del embrión preimplantacional. El perfil de microarrays reveló que seis de 27 miARN maternos específicos se expresaron de manera diferencial en el epitelio endometrial humano durante la ventana de implantación. Una breve fase de receptividad endometrial al blastocisto, y se liberaron en el líquido endometrial. Investigaciones posteriores revelaron que *hsa-miR-30d*, cuyos niveles de expresión estaban regulados positivamente de manera más significativa, se secretaba como una molécula asociada a exosomas. El *hsa-miR-30d* libre y asociado al exosoma fue internalizado por embriones de ratón a través del trofotodermo, lo que resultó en una sobreexpresión indirecta de genes que codifican ciertas moléculas involucradas en el fenómeno de adhesión embrionaria murina: *Itgb3*, *Itga7* y *Cdh5*. De hecho, este hallazgo fue apoyado por evidencia *in vitro*: el tratamiento de embriones murinos con *miR-30d* resultó en un aumento notable en la adhesión de embriones. Nuestros resultados sugieren un modelo en el que los miARN del endometrio materno actúan como modificadores transcriptómicos del embrión preimplantacional.” Abstract del artículo tomado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26395145/>

útero, dando lugar a modificaciones en el genoma del futuro bebé. La madre puede, pues, modificar la información epigenética del hijo, aun cuando el óvulo es de una donante.

Independientemente del origen de los ovocitos durante los tratamientos de fertilidad, el futuro bebé será el resultado de un sinnúmero de estímulos partiendo todos ellos desde la vida intrauterina.

En «*Un mundo feliz*», la clásica novela distópica de *Aldous Huxley*, se planteaba un mundo donde todos los seres humanos eran concebidos en laboratorios, los cuales previos a su creación eran subdivididos por clases sociales y sus funciones futuras dentro de la sociedad. De este modo la humanidad no tenía conflictos y, como menciona irónicamente el título, todos eran “*felices*”.

¿Cómo entraría este pensamiento tomando en cuenta los descubrimientos de la genética y la epigenética actual?

Luego del nacimiento la acción del ambiente sigue actuando sobre el desarrollo de la persona y su epigenética. Como bien señala el pediatra argentino *Abel Albino*, la importancia de la nutrición es esencial en los primeros años de desarrollo psicointelectual y la estructura de la personalidad. Es un ambiente feliz lo que genera niños y niñas felices. Los seres humanos somos el resultado de la suma de estímulos presentes desde antes de la implantación del embrión en un vientre y una vez en él. Pocos podrían poner en duda que hoy lo que prevalece es el factor humano, por lo tanto, hoy no se podría cumplir la ficción escrita por *Huxley* en los años '30 del siglo pasado. Sencillamente, porque los seres humanos somos únicos e irrepetibles.

¿Qué es exactamente la Ovo donación?

La donación de ovocitos o (como se conoce popularmente) de óvulos es el procedimiento por el cual una mujer dona sus óvulos a otra persona para su posterior fertilización en un laboratorio de reproducción con un espermatozoide con el fin de obtener la formación de

un embrión, es decir lograr la fecundación (entendiendo como fecundación el proceso por el cual dos gametos: óvulo y espermatozoide, se fusionan con el fin de formar un “*embrión*” cuyo genoma deriva de ambos gametos), el cual luego será transferido al útero de su futura madre o como se dice en la jerga reproductiva transferido al útero receptor.

Dicha técnica se realiza en Argentina hace más de 20 años, y en el mundo desde los años 80, permitiendo a muchas personas, mujeres, hombres y parejas poder lograr el objetivo tanpreciado de ser padres, consiguiendo un embarazo cuando no pueden utilizarse los propios óvulos.

En lo que respecta a la muestra de semen que se utiliza para fertilizar los ovocitos, la misma puede ser de su propia pareja (homóloga) o se puede recurrir a muestras de semen de Banco (heteróloga) en aquellos casos que por diferentes razones no se pueda utilizar el semen propio o porque se trate de un tratamiento monoparental (una sola persona) o en parejas de unión igualitaria.

¿En quién está indicada la Ovo Donación?

Algunas mujeres pueden presentar problemas para reproducirse con sus propios óvulos. Esto puede ser debido a una ausencia o insuficiencia de sus ovarios como puede ocurrir por extirpación quirúrgica, radio/quimio terapia, o por diferentes situaciones que afectan el número y calidad de sus óvulos como ocurre en el agotamiento ovárico fisiológico por edad (menopausia) o porque se produce un agotamiento temprano de la reserva ovárica por diferentes causas, por ejemplo genéticas, inmunológicas o idiopática como es el caso de la Insuficiencia Ovárica Temprana.

También pueden recurrir a un tratamiento de donación de ovocitos aquellas mujeres que tras varios tratamientos de Fertilidad FIV/ICSI con óvulos propios no logran el embarazo, por nombrar solamente las causas más frecuentes que indican este tratamiento.

¿Hasta qué edad puede recibir una donación la paciente llamada receptora?

A medida que aumenta la edad de la mujer, los riesgos obstétricos y perinatales se incrementan (diabetes gestacional, hipertensión inducida por el embarazo, preeclampsia, desprendimiento de placenta normoinserta, restricción de crecimiento intrauterino, parto prematuro, etc.) por este motivo, se considera la edad límite de 51 años para recibir óvulos donados, previa evaluación de cada caso. Así lo establecen las normativas del *Ministerio de Salud*, en cuanto a lo que respecta a la Ley de cobertura, en la resolución 1044/2018 publicada en el *Boletín Oficial*, Ley N° 26.862.

¿Qué requisitos debe cumplir la paciente llamada donante?

- ✓ Tener entre 18 y 29 años, aunque el *Comité de Opinión «Fertility»* de los *Estados Unidos* en 2013 recomendó que la edad sea de entre 21 y hasta 34 años.
- ✓ No es una recomendación excluyente tener hijos sanos ya que pueden donar mujeres sin haber tenido hijos.
- ✓ No tener antecedentes de ninguna enfermedad.
- ✓ Índice de Masa Corporal (BMI de 18.5 hasta 29).
- ✓ No tener más de 10 kilos de sobrepeso, ni estar muy por debajo de tu peso ideal.
- ✓ No tener chip hormonal.
- ✓ El DIU y la ligadura de trompas de Falopio no contraindican donar ovocitos.
- ✓ Evaluación psicológica de la donante.
- ✓ Estudios: dosaje hormonal basal; hemograma, coagulograma; función renal, glucemia, grupo y factor sanguíneo,

estudio genético (cariotipo); estudio molecular para la enfermedad fibrosis quística (el comité de opinión «*Fertility*» 2013 recomienda un mínimo 29 mutaciones); electroforesis de hemoglobina para descartar anemia falciforme, talasemia; serología (HIV, hepatitis B y C, sífilis); ecografía transvaginal con recuento de microfolículos para evaluación de la reserva ovárica.

¿Qué estudios debe realizar la paciente llamada receptora?

Debe tener un control ginecológico completo y actualizado que incluya la prueba de Papanicolaou y colposcopia, estudio mamario, ecografía transvaginal (todos estos del último año); también estudios de laboratorio con:

- Hemograma completo.
- Grupo y Factor sanguíneo.
- Función hepática y renal.
- Control tiroideo.
- Serologías con Rubeola, Chagas, Toxoplasmosis, Citomegalovirus, HIV, Hepatitis B y C, Sífilis (de los últimos 6 meses).
- Histerosalpingografía.
- ECG y riesgo.
- Ecografía abdominal y renal.

¿Qué estudios debe realizar la pareja de la paciente llamada receptora?

En caso de utilizar semen propio, se solicitará un espermograma completo para definir la técnica de fertilización más adecuada (FIV o ICSI) o para determinar si es necesario algún estudio adicional a la muestra de semen.

- ✓ Serología: HIV, HbsAg (Hepatitis B), HCV (Hepatitis C), VDRL (sífilis).
- ✓ Grupo y Factor sanguíneo.
- ✓ Rutina de laboratorio.
- ✓ Cariotipo, (estudio genético para descartar alteraciones cromosómicas de número o estructura). No normatizado, se puede solicitar estudios génicos para descartar y pesquisar la presencia de mutaciones recesivas. Entre las más frecuentes se destaca la Fibrosis quística (FQ).

También existen paneles genéticos multigénicos que permiten evaluar la portación de diferentes genes alterados o “*mutados*” en ambos miembros de una pareja.

Muchos de estos genes pueden no presentar expresión clínica ni fenotípica, especialmente aquellos genes recesivos, que no suelen dar síntomas en los portadores pero que podrían transmitirse a la descendencia y, si se combinan con una segunda copia alterada del mismo gen, proveniente de la otra gameta, podrían causar un síndrome genético en el bebé.

Si estos paneles multigénicos identifican que ambos miembros de una pareja comparten un mismo gen alterado, es posible evaluar genéticamente los embriones con el fin de disminuir el riesgo de tener un hijo afectado por dicho síndrome.

En caso de utilizarse semen donado, se realizará una entrevista en el banco de semen para detallar las características fenotípicas del donante seleccionado.

¿La donación de gametos ovocitos/semen es anónima?

La donación de óvulos es anónima, esto significa que la donante no recibirá ningún tipo de información de la receptora, como así tam-

poco la receptora podrá obtener datos relacionados a la identidad de la donante.

La receptora puede recibir información de la donante respecto a características fenotípicas y generales como: edad, grupo y factor sanguíneo, características físicas (color de cabello, de ojos, altura, peso) y actividad (si trabaja, estudia, etcétera).

En algunos países se puede aplicar un programa de identidad abierta. Es el caso de:

- ☑ *Estados Unidos.*
- ☑ *Dinamarca* (desde 2012).
- ☑ *Argentina* (desde 2015) aunque es opcional en determinados centros de reproducción y bancos de gametos.

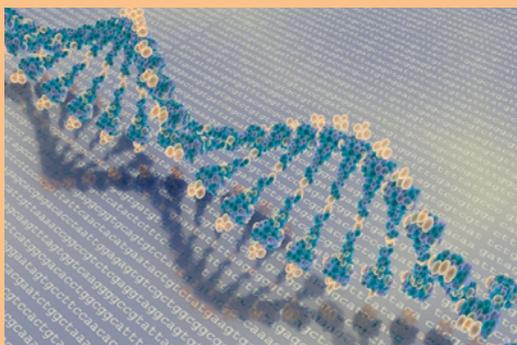
Los genes también se expresan²

Cuando se interpreta una canción conocer y leer las notas musicales es tan importante como hacerlo con el ritmo adecuado. En la partitura, las notas musicales se colocan de forma secuencial y diferentes marcas informan sobre el registro, la velocidad o la intensidad con que se deben hacer sonar.

2. Tomado de <https://genotipia.com>

La secuencia de ADN
constituye las instrucciones
de nuestro organismo.
El epigenoma permite
interpretarlas.

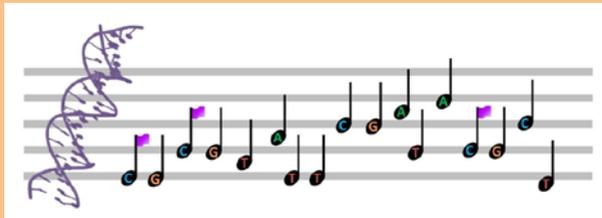
IMAGEN: MEHMET PINARCI.



El genoma humano funciona de forma similar a una partitura, en la que la secuencia de ADN contiene las instrucciones para producir las proteínas y otros elementos funcionales, y los mecanismos epigenéticos regulan cómo y en qué grado tienen que expresarse.

Así, si el genoma incluye la secuencia completa del ADN, el epigenoma, se refiere al conjunto de elementos que regulan la expresión de los genes sin alterar la secuencia de ADN.

Los mecanismos epigenéticos son como las marcas que acompañan a las notas en una partitura.



¿Qué hace la epigenética?

En esencia, todas las células del cuerpo humano contienen el mismo material genético (o la misma partitura), si seguimos comparando genética y música. Sin embargo, todas ellas no expresan los mismos genes.

Cada tipo celular, dentro de cada tejido, tiene un programa genético diferente, de modo que únicamente se expresan los genes que necesitan. Por ejemplo, además de los genes encargados de las funciones básicas, las neuronas necesitan expresar todos aquellos genes relacionados con emisión y recepción de señales nerviosas. Estos genes, por el contrario, no son necesarios en otros tipos celulares, como las células encargadas de almacenar grasa. Los diferentes tipos celulares contienen la misma secuencia de ADN. No obstante, su epigenoma es diferente.

Además, cuando las células expresan los genes, necesitan hacerlo en el momento y cantidad adecuada. ¿Cómo? Uno de los métodos por los que lo consiguen es a través de los mecanismos epigenéticos.

Las marcas epigenéticas actúan como una memoria para la célula y son reversibles

Una de las características del epigenoma es que no es estático y puede modificarse. A lo largo de nuestra vida, el epigenoma registra las experiencias de la célula, así como la influencia del ambiente sobre las mismas.

Por lo tanto, el epigenoma es diferente en los distintos tejidos y tipos celulares del organismo, cambia a lo largo de la vida o momento del desarrollo e incluso en los distintos estados de salud.