

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

**en**

**Biología y Tecnología Aplicada a la  
Reproducción Humana Asistida**

**Análisis crítico del test genético  
preimplantacional para aneuploidías  
(PGT-A)**

Autor: Gisela Fauchs i Massanet

Tutor: Dr. Nicolás Prados Dodd

Alcobendas, Septiembre 2025

## ÍNDICE

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	3
2. INTRODUCCIÓN .....	4
2.1. La edad materna avanzada y la incidencia de aneuploidías embrionarias.....	4
2.2. El PGT-A: fundamentos clínicos y metodología técnica.....	5
2.3. Justificación y propósito del trabajo .....	6
3. OBJETIVOS.....	7
3.1. Objetivo principal .....	7
3.2. Objetivos secundarios .....	7
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	8
4.1. Diseño del estudio.....	8
4.2. Estrategia de búsqueda bibliográfica .....	8
4.3. Análisis de datos públicos de la SEF .....	8
4.4. Criterios de inclusión y exclusión.....	9
4.4.1. Criterios de inclusión.....	9
4.4.2. Criterios de exclusión .....	9
4.5. Consideraciones éticas .....	9
5. RESULTADOS.....	11
5.1. Impacto de las técnicas de PGT-A sobre la viabilidad embrionaria.....	11
5.1.1. Riesgos asociados a la biopsia del trofoectodermo .....	11
5.1.2. Efectos de la vitrificación sobre embriones biopsiados.....	13
5.2. Contextos clínicos clave en la evaluación del PGT-A.....	14
5.2.1. Edad materna avanzada .....	14
5.2.2. Abortos de repetición y fallos recurrentes de implantación .....	15
5.2.3. Impacto del mosaicismo embrionario en el PGT-A .....	16
5.3. Tasas teóricas frente reales del PGT-A: análisis de datos de la SEF.....	18
6. DISCUSIÓN.....	23
7. CONCLUSIONES .....	25
8. BIBLIOGRAFÍA.....	26
9. ANEXOS.....	29

## 1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El aumento progresivo de la edad materna en mujeres que recurren a técnicas de reproducción asistida (TRA) ha incrementado la prevalencia de aneuploidías embrionarias, lo que dificulta lograr embarazos evolutivos y recién nacidos vivos. Ante esta problemática, el diagnóstico genético preimplantacional para aneuploidías (PGT-A) se ha incorporado como herramienta complementaria en ciclos de fecundación in vitro (FIV) para seleccionar embriones euploides y optimizar los resultados clínicos.

Este trabajo revisa críticamente de la literatura científica y los datos públicos del Registro Nacional de Actividad de la Sociedad Española de fertilidad (SEF, 2023) para evaluar la eficacia real del PGT-A. Se consideran los posibles riesgos de la biopsia embrionaria y la vitrificación, así como su impacto en distintos contextos clínicos.

Los resultados indican que la manipulación embrionaria mediante biopsia y vitrificación puede afectar la viabilidad, especialmente en embriones de baja calidad o en número limitado, reduciendo las posibilidades de transferencia. El PGT-A puede beneficiar a mujeres de edad avanzada con buena reserva ovárica, principalmente al disminuir la tasa de aborto espontáneo. Sin embargo, su efecto sobre la tasa acumulada de nacidos vivos y el tiempo hasta lograr embarazo sigue siendo incierto. Respecto al mosaicismo, aunque los embriones mosaicos presentan menor tasa de implantación y mayor riesgo de aborto, pueden dar lugar a nacidos vivos sanos si la proporción de células aneuploides es baja. Los datos públicos de la SEF muestran unas tasas de gestación clínica mayor en ciclos con PGT-A (52%) frente a los sin PGT-A (30%), aunque inferior a la teórica esperada (68%), probablemente por factores técnicos, biológicos y clínicos.

Se concluye que la indicación del PGT-A debe individualizarse y basarse en criterios clínicos bien definidos, evitando su uso rutinario y garantizando excelencia técnica para favorecer una medicina reproductiva personalizada, eficiente y ética.

**Palabras clave:** PGT-A, reproducción asistida, aneuploidías, fecundación in vitro, medicina personalizada.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. La edad materna avanzada y la incidencia de aneuploidías embrionarias

En los últimos años, muchas mujeres han decidido retrasar la maternidad por motivos personales, sociales y económicos. Como consecuencia, cada vez son más las que recurren a técnicas de reproducción asistida (TRA), especialmente a la fecundación *in vitro* (FIV) (Practice Committees of the American Society for Reproductive Medicine and the Society for Assisted, 2024).

Uno de los principales problemas que conlleva el aumento de la edad materna es la mayor probabilidad de aparición de aneuploidías embrionarias. Las aneuploidías son alteraciones numéricas del cariotipo que implican la ganancia o pérdida de uno o más cromosomas, alterando la dotación genética normal (46, XX o XY en humanos). Este desequilibrio cromosómico puede afectar la viabilidad del embrión, dificultar su implantación, afectar su desarrollo embrionario e incluso provocar enfermedades genéticas en caso de que el embarazo llegue a término. Se ha visto que a partir de los 31 años, la prevalencia de embriones aneuploides aumenta considerablemente, alcanzando tasas cercanas al 85% en mujeres de 43 años (Franasiak et al., 2014).

La mayoría de estas alteraciones cromosómicas en embriones humanos tienen origen meiótico, especialmente durante la meiosis ovocitaria. La no disyunción meiótica genera gametos con un número anómalo de cromosomas que, al fecundarse con un gameto normal, dan lugar a embriones aneuploides. También existen aneuploidías de origen mitótico, que surgen durante las primeras divisiones celulares del embrión, estos errores pueden dar lugar a embriones mosaico, compuestos por líneas celulares euploides y aneuploides (Treff & Marin, 2021). Tanto las aneuploidías completas como los mosaicos cromosómicos pueden afectar negativamente la viabilidad embrionaria, siendo una causa frecuente de fallos de implantación, abortos espontáneos y, en algunos casos, defectos congénitos (Capalbo et al., 2022).

Este escenario plantea desafíos complejos en medicina reproductiva. El éxito de los tratamientos no solo depende de la fertilización y el desarrollo embrionario, sino también de la competencia genética del embrión para implantar y evolucionar hacia un embarazo viable. En este contexto, el test genético preimplantacional para aneuploidías (PGT-A)

surge como una estrategia destinada a mejorar los resultados clínicos de la FIV, especialmente en mujeres de edad avanzada.

## **2.2. El PGT-A: fundamentos clínicos y metodología técnica**

El PGT-A es una técnica que permite detectar alteraciones cromosómicas numéricas en embriones obtenidos mediante ciclos de FIV, antes de su transferencia. Su objetivo principal es seleccionar embriones euploides, es decir, con una dotación cromosómica normal, con el fin de mejorar las tasas de implantación, reducir el riesgo de aborto y acortar el tiempo necesario para lograr un embarazo evolutivo (Rubio et al., 2017).

Desde su introducción, el PGT-A ha evolucionado significativamente, tanto en sus indicaciones clínicas como en las técnicas empleadas. En sus primeras versiones, cuando se conocía como diagnóstico genético preimplantacional (PGD), la biopsia embrionaria se realizaba principalmente en el día 3 de desarrollo, durante la fase de segmentación, extrayendo una o dos blastómeras y realizando la transferencia en fresco en el día 5 o 6 de desarrollo. El análisis se efectuaba mediante hibridación *in situ* fluorescente (FISH), una técnica que solo permitía evaluar un número limitado de cromosomas y presentaba importantes limitaciones en cuanto a sensibilidad y fiabilidad diagnóstica (Mastenbroek et al., 2007).

Con los avances en genética molecular, se incorporaron metodologías más precisas como la hibridación genómica comparada (array-CGH) y, más recientemente, la secuenciación masiva de nueva generación (NGS), que permite analizar con alta precisión los 23 pares cromosómicos completos. Paralelamente, la biopsia se ha trasladado al estadio de blastocisto, permitiendo extraer más células del trofoectodermo, lo que aumenta la cantidad de ADN disponible para el análisis y mejora la fiabilidad del diagnóstico (Coonen et al., 2020). El uso de estas técnicas implica la vitrificación de los embriones biopsiados en espera de los resultados genéticos.

A pesar de sus ventajas teóricas, el PGT-A no está exento de controversias. La manipulación embrionaria, el proceso de biopsia, el cultivo prolongado hasta el estadio de blastocisto y la posterior criopreservación pueden comprometer la viabilidad embrionaria. Estas posibles complicaciones han motivado numerosos estudios centrados en evaluar la seguridad, eficacia y relación coste-beneficio del PGT-A, lo que refuerza la

necesidad de una indicación individualizada, basada en criterios clínicos claramente definidos.

### **2.3. Justificación y propósito del trabajo**

Dado el uso creciente del PGT-A en los tratamientos de FIV y algunas carencias en evidencia clínica sobre su eficacia y seguridad, es importante revisar de forma crítica de la literatura científica disponible.

Este trabajo tiene como objetivo analizar los beneficios reales del PGT-A, sus posibles limitaciones clínicas y técnicas, así como los posibles riesgos asociados al procedimiento como la biopsia embrionaria y la vitrificación.

Asimismo, se quiere destacar la necesidad de individualizar las indicaciones del PGT-A, evitando un uso rutinario y estandarizado que podría no ser coste-efectivo ni clínicamente beneficioso en todos los casos.

El propósito final de esta revisión es aportar información útil para avanzar hacia una medicina reproductiva más basada en la evidencia y centrada en el paciente. Finalmente, se señalarán las principales áreas en las que se requiere mayor investigación para optimizar el uso del PGT-A en el contexto clínico actual.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1.Objetivo principal**

El objetivo principal de este trabajo es hacer una revisión crítica de la literatura científica sobre el PGT-A, con el fin de evaluar la evidencia clínica actual sobre su eficacia en los tratamientos de FIV.

#### **3.2.Objetivos secundarios**

- Evaluar los posibles efectos adversos de la biopsia embrionaria sobre la viabilidad y el desarrollo embrionario.
- Revisar el impacto de la vitrificación en embriones biopsiados.
- Analizar la eficacia del PGT-A en diferentes perfiles clínicos, especialmente en mujeres de edad avanzada o con fallos recurrentes.
- Evaluar el impacto del mosaicismo embrionario en el manejo clínico del PGT-A.
- Analizar los resultados globales del uso del PGT-A según los datos públicos recogidos por la Sociedad Española de Fertilidad (SEF).
- Reflexionar sobre la necesidad de un uso individualizado y basado en la evidencia del PGT-A en la práctica clínica.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Diseño del estudio**

Este trabajo consiste en una revisión bibliográfica narrativa de carácter crítico sobre el PGT-A. Su objetivo es recopilar y sintetizar el conocimiento científico más relevante, analizar los avances técnicos, las limitaciones metodológicas de la técnica y valorar los posibles riesgos asociados a su aplicación, especialmente los relacionados con la biopsia embrionaria y la vitrificación de embriones.

Además, se ha incluido un análisis de los datos públicos disponibles de la Sociedad Española de Fertilidad (SEF), con el fin de ofrecer una visión general sobre los resultados reproductivos globales del PGT-A en la práctica clínica en España. Esta información permite comparar los resultados reales de centros españoles que aplican la técnica con la información publicada con la literatura científica.

### **4.2. Estrategia de búsqueda bibliográfica**

La búsqueda de literatura científica se realizó entre los meses de febrero y julio de 2025, incluyendo estudios publicados desde 2007 hasta la fecha, con el fin de recoger la información más actualizada sobre el PGT-A.

Se utilizaron bases de datos científicas de alto impacto, como PubMed, Web of Science y Scopus. Para identificar los estudios se emplearon palabras clave y descriptores médicos (MeSH), entre ellos: “Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy” OR “PGT-A”, “embryo biopsy”, “blastocyst vitrification”, “advanced maternal age”, “mosicism”, entre otros términos relacionados.

### **4.3. Análisis de datos públicos de la SEF**

Como complemento a la revisión bibliográfica, se analizaron los datos públicos disponibles de la SEF (Sociedad Española de Fertilidad, 2023). En concreto, se recogieron los datos de 2023 correspondientes a las 43 clínicas de Madrid y Barcelona que aplican el PGT-A.

La información recopilada incluye indicadores reproductivos como la tasa de gestación clínica con y sin PGT, que se organizaron en una tabla de Excel (*Tabla A1*, en anexos). En esa tabla también se calculó la diferencia teórica-real de las tasas de gestación asociadas al uso del PGT-A, es decir, la tasa esperada frente a la observada en la aplicación real de la técnica. Se ha asumido que todas las transferencias son únicas. Se tomó como referencia una tasa de aneuploidía del 60% que es la que muestran las pacientes con 40 años en el trabajo de Franasiak y colaboradores (Franasiak et al., 2014).

#### **4.4.Criterios de inclusión y exclusión**

##### **4.4.1. Criterios de inclusión**

Se incluyeron los artículos que cumplieran con los siguientes criterios:

- Publicados entre 2007 y 2025.
- Escritos en inglés o español.
- Estudios originales (ensayos clínicos, estudios observacionales, de cohortes).
- Revisiones sistemáticas y metaanálisis.
- Trabajos alineados con los objetivos del presente estudio.

##### **4.4.2. Criterios de exclusión**

Se excluyeron los siguientes trabajos:

- Publicados antes de 2007.
- Escritos en idiomas distintos al inglés o español.
- Duplicados entre bases de datos.

#### **4.5.Consideraciones éticas**

Dado que este trabajo es una revisión bibliográfica narrativa basada exclusivamente en literatura científica previamente publicada o datos públicos de una sociedad científica, no ha sido necesario solicitar la aprobación de ningún Comité de Ética en Investigación. Todos los estudios incluidos ya fueron publicados previamente y, por tanto, se asume han cumplido con los procedimientos éticos correspondientes por parte de sus autores e instituciones. Asimismo, al no implicar la participación directa de personas ni el manejo de datos personales, no ha sido necesaria la redacción de un consentimiento informado.

Todas las fuentes empleadas han sido debidamente referenciadas según las normas de citación, evitando cualquier forma de plagio. Además, se ha realizado una selección rigurosa y una lectura crítica de los artículos incluidos, respetando siempre la autoría original.

Finalmente, se declara no tener ningún conflicto de interés relacionado con este estudio.

## 5. RESULTADOS

La literatura científica actual sobre el PGT-A muestra resultados heterogéneos. Esta variabilidad depende principalmente del perfil reproductivo de los pacientes, de las indicaciones clínicas y los protocolos técnicos empleados. A continuación, se resumen los principales hallazgos agrupados en dos secciones: el impacto técnico sobre los embriones y el contexto clínico en el que se aplica.

### 5.1. Impacto de las técnicas de PGT-A sobre la viabilidad embrionaria

El procedimiento de PGT-A implica intervenciones directas sobre el embrión, principalmente la biopsia del trofoectodermo y la vitrificación posterior. Ambos procesos pueden afectar la viabilidad embrionaria y, por tanto, influir en los resultados reproductivos.

#### 5.1.1. Riesgos asociados a la biopsia del trofoectodermo

En las primeras versiones del PGT-A, la biopsia embrionaria se realizaba extrayendo una o dos blastómeras en día 3 de desarrollo, seguida de una transferencia en fresco en día 5 o 6 sin vitrificación. El análisis genético se llevaba a cabo mediante hibridación in situ fluorescente (FISH), una técnica que solo permitía examinar un número limitado de cromosomas y que presentaba limitaciones en sensibilidad y especificidad.

Diversos estudios, demostraron que intervenir en etapas tan tempranas podía comprometer la viabilidad embrionaria, reduciendo las tasas de implantación y de recién nacidos vivos. La causa principal consistía en que, en día 3, el embrión contiene un número muy reducido de células y la extracción de una o dos supone una pérdida significativa de material celular y una manipulación embrionaria que podía interferir en su desarrollo normal (Mastenbroek et al., 2007).

Estas evidencias impulsaron un cambio en el protocolo, trasladando la biopsia al estadio de blastocisto (día 5 o 6) con la extracción de células del trofoectodermo (TE). Esto permitió el análisis genético sin comprometer la masa celular interna (ICM), que dará lugar al feto. De forma paralela, el FISH fue reemplazado por técnicas de mayor resolución; primero los arrays de hibridación genómica comparada (aCGH) y después, la

secuenciación masiva de nueva generación (NGS), que mejoraron la exactitud diagnóstica.

Aunque la biopsia del TE es considerada menos invasiva que la biopsia de blastómeras en día 3 y segura cuando es realizada por personal experto, sigue implicando la manipulación directa del embrión y, por tanto, no está exenta de riesgos.

Diversos estudios señalan que la manipulación embrionaria, especialmente en embriones con un número reducido de células o con desarrollo lento o morfología subóptima, podría comprometer su viabilidad o desarrollo. Se ha observado que una biopsia prematura, realizada antes de que el trofoectodermo haya proliferado adecuadamente, puede reducir la competencia del blastocisto. Además, aunque el procedimiento de ruptura de la zona pelúcida mediante láser está estandarizado, existen variaciones significativas en el momento de la apertura (día 3-4 o 5) y en los métodos de extracción celular (láser, tracción mecánica o combinados), cuya seguridad y eficacia aún están siendo evaluadas (De Vos & De Munck, 2025).

A nivel experimental, algunas revisiones en modelos animales indican que la biopsia embrionaria puede alterar la dinámica del desarrollo embrionario. Aunque la evidencia aún es limitada, sugiere que no afecta a la viabilidad embrionaria inicial, pero si podría reducir la implantación y el desarrollo a término. Estudios en ratón reportan cambios en la expresión génica y en los patrones de metilación del ADN, lo que sugiere un posible efecto sobre el desarrollo post-natal y placentario (Rhon-Calderon et al., 2024). No obstante, se requieren más investigaciones para determinar su impacto a largo plazo en humanos.

En algunos casos excepcionales, como cuando el resultado genético es indeterminado, hay sospecha de mosaicismo o falla la técnica del análisis del ADN de la muestra biopsiada, se plantea la realización de una segunda biopsia (rebiopsia) del embrión. Aunque es clínicamente viable, implica una segunda manipulación embrionaria, además de una desvitrificación y revitrificación, que podría acumular daño adicional y podría intensificar los efectos adversos descritos previamente (Capalbo et al., 2022).

En resumen, el paso de la biopsia en día 3 con análisis por FISH a la biopsia en estadio de blastocisto con técnicas de alta resolución como aCGH o NGS ha supuesto un avance importante en seguridad y precisión diagnóstica, permitiendo una mejor estandarización

de la técnica. Sin embargo, no está exento de riesgos, lo que subraya la importancia de evaluar de forma individualizada la indicación del PGT-A, valorando rigurosamente beneficios y riesgos.

### **5.1.2. Efectos de la vitrificación sobre embriones biopsiados**

La vitrificación es esencial en el contexto del PGT-A, ya que permite conservar los embriones biopsiados mientras se obtiene el resultado del análisis genético, un proceso que suele requerir varios días. Esta técnica es altamente eficiente, con tasas de supervivencia superiores al 90% en centros especializados, aunque no está completamente libre de riesgos.

Diversos estudios han evidenciado que, a pesar de su gran eficiencia, existe una pequeña proporción de embriones que no sobreviven al proceso de desvitrificación, lo cual puede tener un impacto clínico relevante, especialmente en pacientes con baja respuesta ovárica o con un número limitado de embriones euploides. Además, los blastocitos de menor calidad morfológica parecen más susceptibles al daño por el ciclo de vitrificación y desvitrificación (Nagy et al., 2020).

El alto rendimiento de la vitrificación ha impulsado el uso generalizado de transferencias diferidas, es decir, en un ciclo posterior al de la estimulación ovárica. Esta estrategia puede ofrecer ventajas, como una mejor sincronización endometrial y un entorno uterino más receptivo. Sin embargo, también se asocia a mayores costes, una mayor duración del tratamiento y, en algunos estudios, una mayor incidencia de complicaciones obstétricas como trastornos hipertensivos (Ji et al., 2023).

Adicionalmente, en casos clínicos que pueda ser necesario revitrificar un embrión previamente vitrificado, ya sea porque el análisis genético resulte fallido o porque la transferencia no pudo realizarse por causas médicas, logísticas o de planificación. Esta revitrificación implica exponer al embrión a un segundo ciclo de congelación, lo que permite rescatar embriones, pero podría afectar negativamente a su viabilidad y reducir la tasa de éxito (Capalbo et al., 2022).

En perspectiva, aunque la vitrificación tras biopsia es considerada segura y eficaz, debe aplicarse de forma individualizada, optimizando las condiciones de laboratorio y evitando procedimientos repetidos como la rebiopsia o revitrificación, para maximizar las posibilidades de éxito reproductivo.

## **5.2. Contextos clínicos clave en la evaluación del PGT-A**

La utilidad del PGT-A depende en gran medida del contexto clínico en el que se aplica. Situaciones como la edad materna avanzada, los abortos de repetición, los fallos recurrentes de implantación o la detección del mosaicismo embrionario pueden influir tanto en la indicación del test como en la interpretación de sus resultados.

Este apartado analiza los principales escenarios clínicos en los que el PGT-A plantea beneficios potenciales, así como sus limitaciones y controversias.

### **5.2.1. Edad materna avanzada**

En mujeres con edad materna avanzada, el riesgo de aneuploidías embrionarias aumenta significativamente, lo que ha motivado el uso del PGT-A como estrategia para seleccionar embriones euploides y, teóricamente, mejorar los resultados reproductivos. No obstante, la evidencia disponible sigue siendo controvertida.

Un ensayo clínico aleatorizado realizado en mujeres de entre 38 y 41 años mostró una mayor tasa de nacidos vivos por transferencia embrionaria y una menor tasa de aborto espontáneo en el grupo tratado con PGT-A. Sin embargo, al considerar la tasa acumulada de nacidos vivos, incluyendo transferencias diferidas durante los seis meses posteriores, no se observaron diferencias significativas entre grupos. Tampoco se hallaron diferencias significativas en el tiempo hasta lograr el embarazo. Cabe destacar que solo el 68% de las pacientes del grupo que se realizó PGT-A se sometieron a una transferencia, frente al 95% del grupo control (Rubio et al., 2017).

El análisis post hoc del ensayo STAR (Single Embryo Transfer of Euploid Embryo), un ensayo clínico multinacional, multicéntrico y aleatorizado que comparó en mujeres de 25 a 40 años la selección de embriones por PGT-A frente a la selección morfológica en ciclos de FIV con transferencia única de blastocisto, también sugirió un beneficio del PGT-A en mujeres de 35 a 40 años, con una mayor tasa de implantación y nacidos vivos por ciclo iniciado (Munné et al., 2019).

Asimismo, estudios retrospectivos han mostrado resultados positivos. En uno de ellos, realizado en mujeres de hasta 43 años, se observó una tasa de implantación del 50,9% en aquellas que se sometieron a PGT-A, frente al 23,8% en mujeres que no lo hicieron. No

obstante, el estudio presentaba limitaciones metodológicas relevantes, como el bajo tamaño muestral y posibles sesgos de selección (Lee et al., 2015).

En otro estudio observacional prospectivo, realizado en un único centro con mujeres de entre 38 y 44 años, el uso del PGT-A se asoció con una menor tasa de aborto espontáneo y de embarazo múltiple, pero no con una mejora significativa en la tasa acumulada de nacidos vivos. Entre las limitaciones se incluyó la retirada del consentimiento por parte de aproximadamente el 25% de las pacientes asignadas al grupo de PGT-A, debido al bajo número de ovocitos fecundados obtenidos (Sacchi et al., 2019).

En conjunto, los datos sugieren que el PGT-A podría aportar cierto beneficio clínico en mujeres con edad materna avanzada y buena reserva ovárica, especialmente en la reducción de la tasa de aborto espontáneo. Sin embargo, la magnitud de este beneficio sigue siendo objeto de debate y parece depender en gran medida del diseño del estudio, los criterios de inclusión y la metodología empleada. Se requieren ensayos clínicos bien diseñados, que incluyan análisis con intención de tratar de valorar adecuadamente la utilidad del PGT-A.

### **5.2.2. Abortos de repetición y fallos recurrentes de implantación**

El PGT-A se ha propuesto como una herramienta útil en casos de aborto espontáneo recurrente y fallo recurrente de implantación, dado que muchas de estas pérdidas gestacionales tempranas se atribuyen a aneuploidías embrionarias. Sin embargo, la evidencia actual sobre su utilidad en estos contextos sigue siendo limitada.

En un estudio retrospectivo con 306 pacientes, 118 con PGT-A y 188 sin él, no se encontraron diferencias significativas en las tasas de embarazo ni de aborto espontáneo entre ambos grupos. Curiosamente, el grupo sin PGT-A alcanzó el embarazo exitoso en un tiempo menor, 3 meses, en comparación con el grupo que se realizó el test, 6,5 meses. Además, en el grupo PGT-A, el 77 % consiguió embriones analizables, y de estos, el 74 % tuvo al menos un embrión euploide disponible para transferencia (Murugappan et al., 2016).

Otro estudio, basado en la base de datos estadounidense SART-CORS, que incluyó más de 8.000 ciclos en mujeres con antecedentes de abortos recurrentes, comparó los resultados de ciclos de FIV con y sin PGT-A. Se observó una mayor tasa de nacidos vivos en todos los grupos de edad que realizaron PGT-A, especialmente en mujeres mayores de

40 años. También se registró una leve reducción en la tasa de aborto en el grupo con PGT-A (10,8%) frente al grupo control (12,6%), diferencia que resultó estadísticamente significativa ( $p=0,02$ ). No obstante, el impacto clínico de esta diferencia fue discreto. Además, el carácter retrospectivo del estudio y la ausencia de datos sobre los ciclos que no llegaron a transferencia embrionaria limitan la interpretación de los resultados (Bhatt et al., 2021).

Un metaanálisis que incluyó 13 ensayos con más de 2.700 mujeres tampoco mostró diferencias significativas en la tasa de aborto entre los ciclos con y sin PGT-A. La heterogeneidad metodológica y el uso de diferentes tecnologías de PGT-A constituyen limitaciones importantes (Cornelisse et al., 2020).

Es importante tener en cuenta que el aborto espontáneo es un fenómeno multifactorial que no depende únicamente del estado cromosómico del embrión. Se estima que aproximadamente el 50% de las pérdidas gestacionales, tanto en la población general como en mujeres con abortos espontáneos recurrentes, se producen con embriones euploides (Zhu et al., 2023). En estos casos, factores como la calidad del blastocisto, alteraciones del endometrio, causas inmunológicas o metabólicas también pueden influir, lo que limita el impacto del PGT-A en la prevención del aborto.

En conclusión, aunque el PGT-A puede ayudar a seleccionar embriones cromosómicamente normales, su eficacia para mejorar los resultados en casos de aborto recurrente o fallo de implantación no está suficientemente demostrada. Se necesitan estudios con criterios de inclusión homogéneos para definir su verdadero valor clínico.

### **5.2.3. Impacto del mosaicismo embrionario en el PGT-A**

Uno de los aspectos más debatidos en el PGT-A es la detección e interpretación del mosaicismo embrionario, definido como la presencia simultánea de células euploides y aneuploides dentro del mismo embrión. Gracias a tecnologías como la NGS, esta condición se detecta con mayor frecuencia, aunque su significado clínico sigue siendo controvertido.

Se estima que entre el 2% y el 13% de los blastocistos biopsiados presentan mosaicismo cromosómico, dependiendo de la plataforma de análisis utilizada y los umbrales de interpretación empleados por cada laboratorio (Popovic et al., 2020).

Su interpretación es compleja, debido a que la biopsia del trofoectodermo representa sólo una porción del embrión, lo que puede no reflejar fielmente el estado cromosómico de la masa celular interna. Este hecho plantea dudas sobre la fiabilidad diagnóstica del PGT-A, dado que los resultados podrían deberse a limitaciones técnicas, de sensibilidad de la NGS o errores en la estimación de porcentajes celulares, con riesgo de falsos positivos y falsos negativos (Treff & Marin, 2021).

En la práctica, el manejo del mosaicismo sigue siendo heterogéneo. En muchos ensayos clínicos y laboratorios, como el ensayo multicéntrico STAR, los embriones mosaicos se excluyen sistemáticamente, lo que limita el número de embriones transferibles, especialmente en pacientes de edad avanzada o con baja reserva ovárica (Munné et al., 2019). Esta exclusión puede tener implicaciones éticas y reproductivas relevantes, al descartar opciones potencialmente viables sin evidencia concluyente de daño.

Pese a las incertidumbres en torno al mosaicismo embrionario, se han documentado numerosos casos de nacimientos sanos tras la transferencia de embriones diagnosticados como mosaicos, especialmente cuando la proporción de células aneuploides es baja o moderada, generalmente menor al 50%. Estudios clínicos observacionales han mostrado que la transferencia selectiva de esos embriones puede dar lugar a embarazos evolutivos y recién nacidos con buena salud perinatal. Por ello, se recomienda un enfoque que contemple la transferencia de embriones mosaicos bajo criterios bien definidos, evitando su descarte automático, especialmente cuando no hay embriones euploides disponibles (Practice Committees of the American Society for Reproductive Medicine and the Society for Assisted, 2024).

No obstante, los estudios indican que los embriones mosaicos presentan tasas de implantación significativamente más bajas y mayores tasas de aborto espontáneo que los embriones euploides (Capalbo et al., 2022).

Por tanto, aunque el PGT-A ha permitido un avance significativo en la selección embrionaria, el manejo del mosaicismo embrionario requiere un enfoque individualizado, con asesoramiento genético adecuado para la toma de decisiones reproductivas.

### **5.3.Tasas teóricas frente reales del PGT-A: análisis de datos de la SEF**

Además de la revisión bibliográfica, se realizó un análisis complementario basado en los datos públicos del Registro Nacional de Actividad de 2023 de la SEF (Sociedad Española de Fertilidad, 2023), con el objetivo de evaluar el impacto real del PGT-A en la práctica clínica.

Se recopilaron las tasas de gestación clínica en ciclos de FIV/ICSI sin PGT-A de 3.226 mujeres de 40 años o más de 43 clínicas de Madrid y Barcelona que aplicaron PGT-A en 2023 incluyendo la transferencia en fresco y de embriones criopreservados. La tasa de gestación media es del 30,2%.

Para este grupo de pacientes se calculó la tasa de gestación teórica con PGT-A para cada clínica. Elegimos este grupo porque es la indicación más frecuente de PGT-A.

Si consideramos que todo embrión aneuploide tiene una posibilidad nula de gestar (no es totalmente cierto, pero las tasas de aborto de pacientes sin y con PGT-A no son muy diferentes), podemos considerar que la tasa teórica de gestación queda diluida por los embriones aneuploides.

$$Tasa\ gestación\ sin\ PGTA = Tasa\ gestación\ teórica\ PGTA * Tasa\ euploides$$

#### ***Ecuación 1. Cálculo de la tasa de gestación sin PGT-A.***

Como no conocemos la tasa de aneuploidía por centro en los resultados por clínica de la SEF, podemos asumir una tasa de aneuploidía del 60% en mujeres con 40 años o más (Franasiak et al., 2014). Este valor estará infravalorado cuanto mayor sea la media de edad de la clínica. De esta manera calculamos la tasa de gestación teórica con PGTA por clínica como:

$$Tasa\ teórica\ PGTA = \frac{Tasa\ gestación\ sin\ PGTA}{0,4}$$

#### ***Ecuación 2. Cálculo de la tasa teórica del PGT-A.***

El promedio de la tasa de gestación media teórica de las clínicas para estas pacientes si hicieran PGT-A con una tasa de aneuploidía del 60% sería del 68,6%.

Estas tasas teóricas las hemos comparado con los resultados de 5.501 ciclos de pacientes que sí realizaron PGT-A, independientemente de su edad o indicación clínica, y en las

que todas las transferencias embrionarias fueron diferidas tras vitrificación. Las tasas analizadas corresponden al promedio notificado por cada clínica al registro. Si bien en el registro de la SEF no distingue grupos de edad en el PGT-A, asumimos que los resultados son aplicables al mismo grupo de edad ya que es la indicación mayoritaria en la práctica y los resultados son similares en las distintas indicaciones de PGT-A. En este grupo la tasa promedio es del 52,0%.

A continuación, se presenta una tabla con los principales resultados obtenidos del análisis:

**Tabla 2. Comparación de tasas de gestación clínica en ciclos con y sin PGT-A (Promedio de clínicas, SEF 2023).**

Indicador	Ciclos sin PGT-A ( $\geq 40$ años, ovocitos propios)	Ciclos con PGT-A (Todas las pacientes)
<b>Nº de pacientes</b>	3.226	5.501
<b>Tasa de gestación clínica observada</b>	30%	52%
<b>Tasa de gestación clínica teórica</b>	-	68%
<b>Diferencia respecto a la tasa esperada</b>	-	16%

**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos públicos del Registro SEF (2023).

Como se puede observar en la *Tabla 1*, la tasa de gestación clínica fue del 30% en las pacientes sin PGT-A y del 52% en aquellas que sí utilizaron esta técnica. Esto sugiere que el PGT-A puede mejorar las probabilidades de gestación.

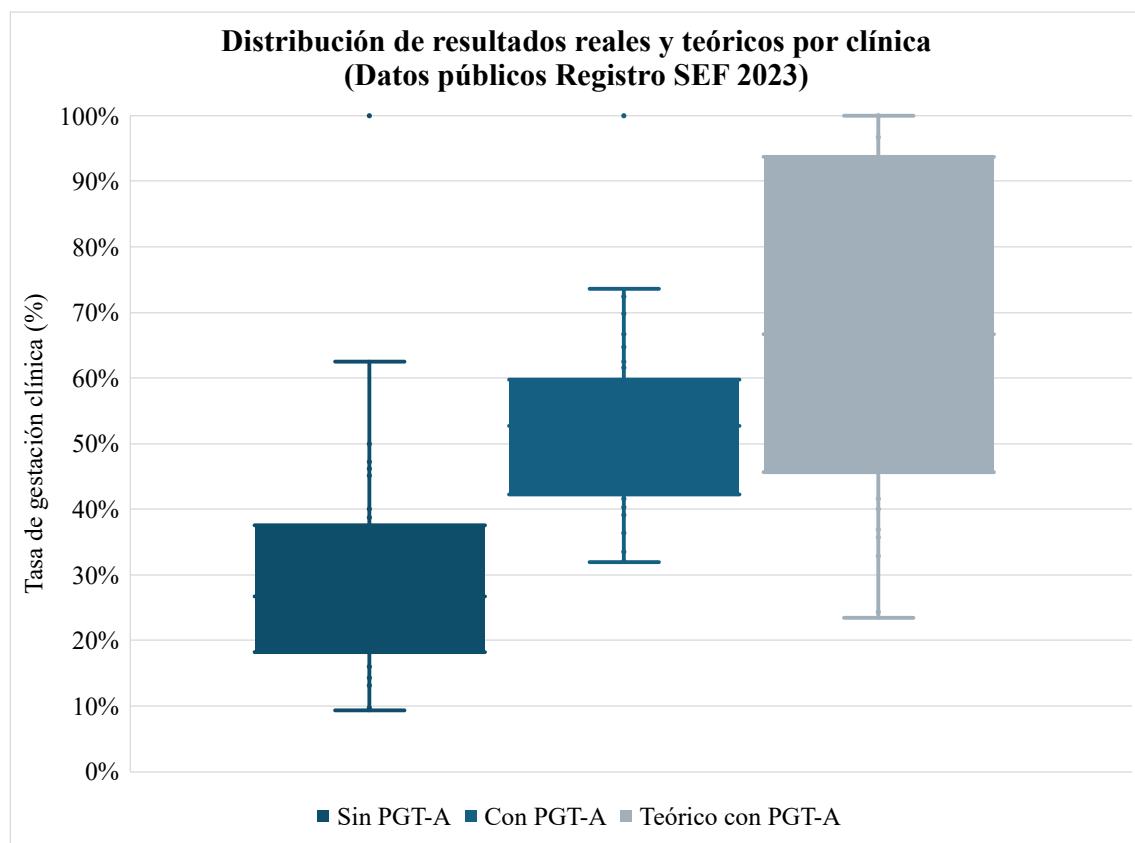
Para valorar adecuadamente el rendimiento real de esta herramienta es necesario comparar los datos reales de gestación clínica con la tasa teórica esperada. Esta tasa teórica (68%) se basa en dos supuestos: por un lado, que en mujeres de 40 años aproximadamente el 40% de los embriones son euploides (Franasiak et al., 2014), y por otro, que un embrión euploide, cuando se transfiere en un entorno clínico óptimo, puede alcanzar una tasa de gestación cercanas al 68%. Por tanto, si el PGT-A funcionara de forma eficaz, se esperaría que los resultados reales se aproximarán a ese valor.

Sin embargo, al comparar esta tasa teórica (68%) con la tasa observada en los ciclos con PGT-A (52%), se observa una diferencia de un 16%. Esta diferencia puede deberse a

varios factores: el posible daño al embrión durante la biopsia, los efectos del proceso de vitrificación, la transferencia de embriones mosaicos, errores diagnósticos o factores relacionados con la receptividad endometrial.

También hay que tener en cuenta algunas limitaciones importantes del análisis. Los dos grupos de pacientes no son homogéneos: el grupo sin PGT-A solo incluye mujeres de 40 años o más, mientras que el grupo con PGT-A incluye pacientes de todas las edades. Además, las condiciones de transferencia embrionaria no son comparables, ya que el grupo sin PGT-A se incluyen tanto transferencias en fresco como vitrificadas, mientras que en el grupo con PGT-A todas las transferencias fueron diferidas tras vitrificación.

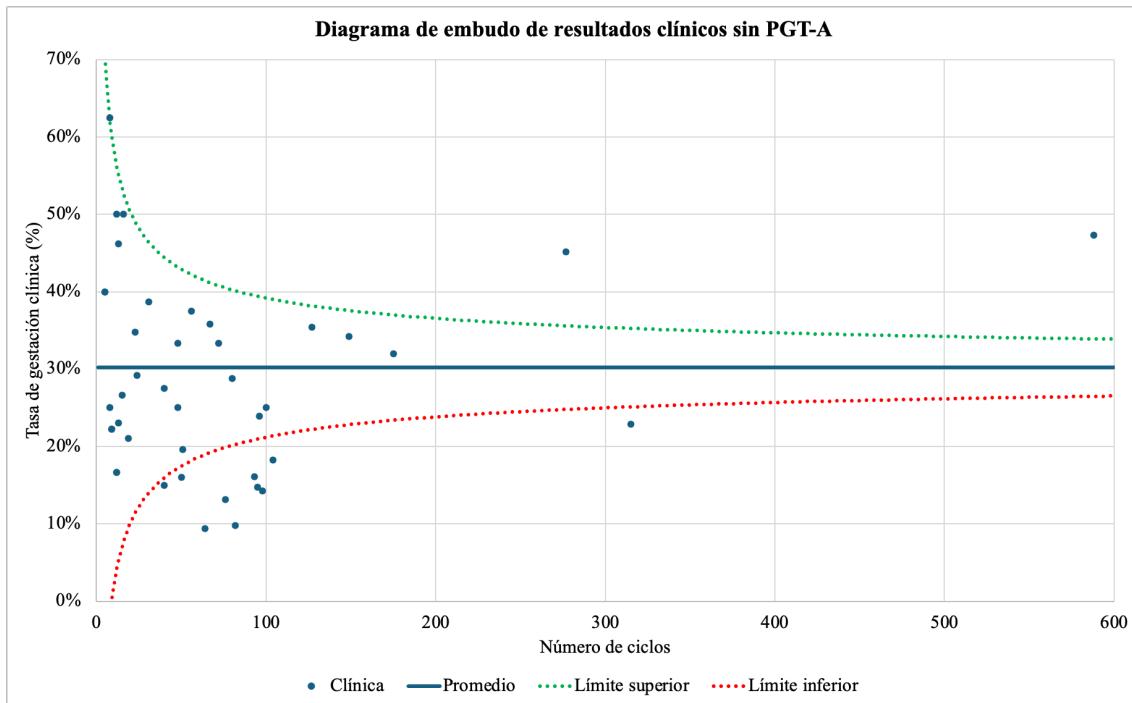
El siguiente diagrama de cajas muestra la gran dispersión de resultados en ciclos con y sin PGT-A en las clínicas en España, donde se muestra que la mejora esperada por clínica debería ser mayor que la observada.



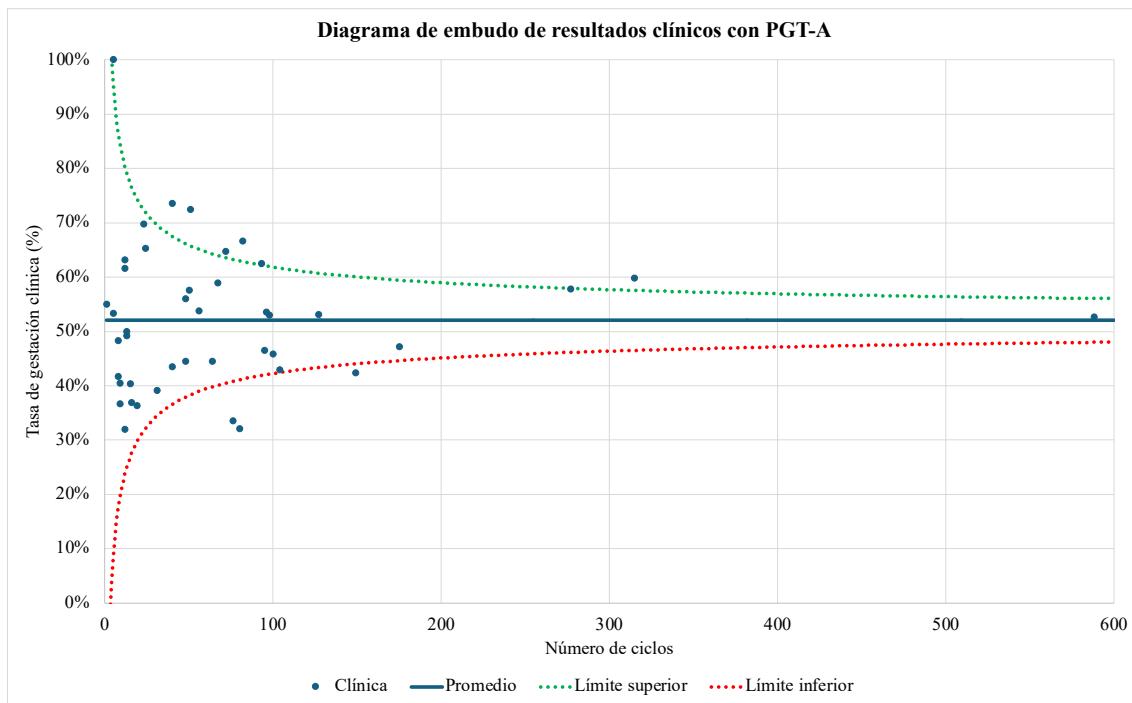
**Figura 1.** Diagrama de cajas de los resultados clínicos observados y teóricos en ciclos con y sin PGT-A.

Las siguientes gráficas muestran unos diagramas en embudo (*funnel plot*) para valorar la significancia (al 95%) de estas diferencias entre clínicas. Se observa claramente como

hay clínicas con resultados significativamente por encima y debajo del promedio de las clínicas, pero la gran mayoría de las clínicas (los puntos de las gráficas) permanecen dentro del embudo.



**Figura 2.** Diagrama de embudo de los resultados de las clínicas en el grupo sin PGT-A.



**Figura 3.** Diagrama de embudo de los resultados de las clínicas en el grupo con PGT-A.

A pesar de estas limitaciones, los datos sugieren que el uso del PGT-A puede mejorar los resultados reproductivos, aunque su efectividad en la práctica real parece inferior a la estimada teóricamente. Esto refuerza la necesidad de indicaciones individualizadas y de un análisis crítico sobre su beneficio en función del perfil de cada paciente y las condiciones de cada clínica.

## 6. DISCUSIÓN

El presente estudio lleva a cabo un análisis crítico de la evidencia disponible sobre el PGT-A, junto con datos recientes del Registro Nacional de Actividad del 2023 de la Sociedad Española de Fertilidad (SEF), con el objetivo de evaluar su impacto técnico y clínico.

Los resultados muestran que, aunque el PGT-A ha experimentado avances significativos desde sus primeras aplicaciones, con la transición de la biopsia en día 3 con FISH a la biopsia de trofoectodermo combinada con el uso de técnicas de alta resolución como aCHG y NGS, el procedimiento sigue implicando riesgos potenciales. La manipulación directa del embrión, la vitrificación y la posible rebiopsia o revitrificación pueden afectar a la viabilidad embrionaria y, en consecuencia, a los resultados clínicos. Estos riesgos parecen especialmente relevantes en embriones con baja calidad morfológica, desarrollo lento o en pacientes con un número reducido de embriones disponibles, situaciones frecuentes en mujeres de edad avanzada o con baja reserva ovárica.

En cuanto a la indicación clínica, los datos revisados sugieren que el PGT-A podría aportar beneficios en subgrupos específicos, como mujeres de edad avanzada con buena reserva ovárica, principalmente al reducir la tasa de aborto espontáneo. Sin embargo, su impacto sobre la tasa acumulada de nacidos vivos y el tiempo hasta el embarazo no es concluyente, ya que los ensayos clínicos disponibles muestran resultados dispares y presentan limitaciones metodológicas.

En el contexto del fallo recurrente de implantación, la utilidad del PGT-A es aún más controvertida. Aunque la selección de embriones euploides puede reducir el riesgo de pérdidas por aneuploidías, estas no explican la totalidad de los casos. Factores endometriales, inmunológicos o metabólicos pueden influir de manera significativa, lo que limita el impacto global de esta herramienta diagnóstica.

El manejo del mosaicismo embrionario representa uno de los retos actuales más importantes. Si bien la NGS ha mejorado su detección, existen dudas sobre la correlación entre el resultado de la biopsia del trofoectodermo y el estado cromosómico real de la masa celular interna. La exclusión sistemática de embriones mosaicos puede reducir las opciones reproductivas sin que exista evidencia clara de un riesgo inaceptable. Por ese

motivo, la literatura actual respalda el abordaje individualizado, que incluya asesoramiento genético y considere la transferencia de estos embriones en ausencia de embriones euploides.

Por otro lado, el análisis de datos del registro SEF muestra una diferencia positiva en las tasas de gestación clínica entre ciclos con y sin PGT-A (52% frente a 30%), lo que sugiere un posible beneficio. Sin embargo, la tasa observada con PGT-A se mantiene un 16% por debajo de la tasa teórica esperada, lo que podría atribuirse a factores técnicos, biológicos y clínicos no controlados. Además, las diferencias en la composición de los grupos comparados (edad, tipo de transferencia y tamaño muestral), dificulta sacar conclusiones definitivas.

En conclusión, estos hallazgos confirman que el PGT-A es una herramienta valiosa, pero cuyo rendimiento óptimo depende de una adecuada selección de pacientes, la excelencia técnica en laboratorio y una interpretación cuidadosa de los resultados. Por ello, su indicación debe ser individualizada, valorando de forma equilibrada los posibles beneficios frente a los riesgos y costes asociados.

A modo de síntesis, en la *Tabla 2* se recogen las principales estrategias descritas.

**Tabla 2.** Resumen de estrategias en pacientes con tasas altas de aneuploidías.

Estrategia	Ventajas	Desventajas	Equivalencias
<b>Transferencia en fresco</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor tasa de implantación de embriones euploides.</li> <li>- Menor manipulación (vitrificación, biopsia).</li> <li>- Menor coste del ciclo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transferencia de embriones aneuploides.</li> <li>- Menor éxito por transferencia.</li> <li>- Mayor tasa de abandono.</li> <li>- Más tiempo hasta éxito (RNV).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Misma tasa de éxito por ciclo</li> <li>- Tasas de aborto similares.</li> </ul>
<b>Transferencia diferida de embriones euploides</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor éxito por transferencia.</li> <li>- Menor tiempo hasta éxito (RNV).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor manipulación.</li> <li>- Riesgo de daño (vitrificación o biopsia).</li> <li>- Mayor coste por ciclo.</li> </ul>	

## 7. CONCLUSIONES

El PGT-A es una herramienta con mucho potencial para mejorar los resultados de reproducción asistida, especialmente en mujeres de edad avanzada con buena reserva ovárica. Sin embargo, su aplicación conlleva riesgos que pueden afectar la viabilidad del embrión, sobre todo en casos de baja calidad embrionaria o número reducido de embriones.

Si bien esta técnica puede reducir la tasa de abortos espontáneos, la evidencia sobre su impacto en la tasa total de nacidos vivos y el tiempo hasta el embarazo no es definitiva. Su utilidad en casos de fallo recurrente de implantación sigue siendo incierta debido al carácter multifactorial de estas situaciones.

El manejo del mosaicismo continúa siendo un desafío, requiere un enfoque personalizado, incluyendo asesoramiento genético y la consideración de la transferencia de embriones mosaicos cuando no haya embriones euploides disponibles.

Los datos del Registro Nacional de la SEF muestran un beneficio del PGT-A en tasas de gestación clínica; sin embargo, las limitaciones metodológicas impiden establecer conclusiones definitivas.

Por tanto, la indicación del PGT-A debe ser cuidadosa y adaptada a cada paciente, valorando de manera equilibrada los beneficios, riesgos y costes, garantizando la calidad técnica y una interpretación rigurosa de los resultados.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Bhatt, S. J., Marchetto, N. M., Roy, J., Morelli, S. S., & McGovern, P. G. (2021). Pregnancy outcomes following *in vitro* fertilization frozen embryo transfer (IVF-FET) with or without preimplantation genetic testing for aneuploidy (PGT-A) in women with recurrent pregnancy loss (RPL): A SART-CORS study. *Human Reproduction*, 36(8), 2339-2344. <https://doi.org/10.1093/humrep/deab117>
- Capalbo, A., Poli, M., Jalas, C., Forman, E. J., & Treff, N. R. (2022). On the reproductive capabilities of aneuploid human preimplantation embryos. *The American Journal of Human Genetics*, 109(9), 1572-1581. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2022.07.009>
- Coonen, E., Van Montfoort, A., Carvalho, F., Kokkali, G., Moutou, C., Rubio, C., De Rycke, M., & Goossens, V. (2020). ESHRE PGT Consortium data collection XVI–XVIII: Cycles from 2013 to 2015†. *Human Reproduction Open*, 2020(4). <https://doi.org/10.1093/hropen/hoaa043>
- Cornelisse, S., Zagers, M., Kostova, E., Fleischer, K., Van Wely, M., & Mastenbroek, S. (2020). Preimplantation genetic testing for aneuploidies (abnormal number of chromosomes) in in vitro fertilisation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd005291.pub3>
- De Vos, A., & De Munck, N. (2025). Trophectoderm Biopsy: Present State of the Art. *Genes*, 16(2), 134. <https://doi.org/10.3390/genes16020134>
- Franasiak, J. M., Forman, E. J., Hong, K. H., Werner, M. D., Upham, K. M., Treff, N. R., & Scott, R. T. (2014). The nature of aneuploidy with increasing age of the female partner: A review of 15,169 consecutive trophectoderm biopsies evaluated with comprehensive chromosomal screening. *Fertility and Sterility*, 101(3), 656-663.e1. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2013.11.004>
- Ji, H., Zhang, M.-Q., Zhou, Q., Zhang, S., Dong, L., Li, X.-L., Zhao, C., Ding, H., & Ling, X.-F. (2023). Trophectoderm biopsy is associated with adverse obstetric outcomes rather than neonatal outcomes. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 23(1), 141. <https://doi.org/10.1186/s12884-023-05466-z>
- Lee, H.-L., McCulloh, D. H., Hodes-Wertz, B., Adler, A., McCaffrey, C., & Grifo, J. A. (2015). In vitro fertilization with preimplantation genetic screening improves implantation and live birth in women age 40 through 43. *Journal of Assisted*

*Reproduction and Genetics*, 32(3), 435-444. <https://doi.org/10.1007/s10815-014-0417-7>

Mastenbroek, S., Twisk, M., & Sikkema-Raddatz, B. (2007). In Vitro Fertilization with Preimplantation Genetic Screening. *The New England Journal of Medicine*.

Munné, S., Kaplan, B., Frattarelli, J. L., Child, T., Nakhuda, G., Shamma, F. N., Silverberg, K., Kalista, T., Handyside, A. H., Katz-Jaffe, M., Wells, D., Gordon, T., Stock-Myer, S., Willman, S., Acacio, B., Lavery, S., Carby, A., Boostanfar, R., Forman, R., ... Alfarawati, S. (2019). Preimplantation genetic testing for aneuploidy versus morphology as selection criteria for single frozen-thawed embryo transfer in good-prognosis patients: A multicenter randomized clinical trial. *Fertility and Sterility*, 112(6), 1071-1079.e7. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2019.07.1346>

Murugappan, G., Shahine, L. K., Perfetto, C. O., Hickok, L. R., & Lathi, R. B. (2016). Intent to treat analysis of *in vitro* fertilization and preimplantation genetic screening versus expectant management in patients with recurrent pregnancy loss. *Human Reproduction*, 31(8), 1668-1674. <https://doi.org/10.1093/humrep/dew135>

Nagy, Z. P., Shapiro, D., & Chang, C.-C. (2020). Vitrification of the human embryo: A more efficient and safer *in vitro* fertilization treatment. *Fertility and Sterility*, 113(2), 241-247. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2019.12.009>

Popovic, M., Dhaenens, L., Boel, A., Menten, B., & Heindryckx, B. (2020). Chromosomal mosaicism in human blastocysts: The ultimate diagnostic dilemma. *Human Reproduction Update*, 26(3), 313-334. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmz050>

Practice Committees of the American Society for Reproductive Medicine and the Society for Assisted. (2024). The use of preimplantation genetic testing for aneuploidy: A committee opinion. *Fertility and Sterility*, 122(3), 421-434. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2024.04.013>

Rhon-Calderon, E. A., Hemphill, C. N., Vrooman, L. A., Rosier, C. L., Lan, Y., Ord, T., Coutifaris, C., Mainigi, M., Schultz, R. M., & Bartolomei, M. S. (2024). Trophectoderm biopsy of blastocysts following IVF and embryo culture increases epigenetic dysregulation in a mouse model. *Human Reproduction*, 39(1), 154-176. <https://doi.org/10.1093/humrep/dead238>

Rubio, C., Bellver, J., Rodrigo, L., Castillón, G., Guillén, A., Vidal, C., Giles, J., Ferrando, M., Cabanillas, S., Remohí, J., Pellicer, A., & Simón, C. (2017). In vitro

- fertilization with preimplantation genetic diagnosis for aneuploidies in advanced maternal age: A randomized, controlled study. *Fertility and Sterility*, 107(5), 1122-1129. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2017.03.011>
- Sacchi, L., Albani, E., Cesana, A., Smeraldi, A., Parini, V., Fabiani, M., Poli, M., Capalbo, A., & Levi-Setti, P. E. (2019). Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy Improves Clinical, Gestational, and Neonatal Outcomes in Advanced Maternal Age Patients Without Compromising Cumulative Live-Birth Rate. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 36(12), 2493-2504. <https://doi.org/10.1007/s10815-019-01609-4>
- Sociedad Española de Fertilidad. (2023). *Registro Nacional de Actividad 2023—SEF*. Sociedad Española de Fertilidad. <https://www.registrosef.com/index.aspx?ReturnUrl=%2f#Publicos23>
- Treff, N. R., & Marin, D. (2021). The “mosaic” embryo: Misconceptions and misinterpretations in preimplantation genetic testing for aneuploidy. *Fertility and Sterility*, 116(5), 1205-1211. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2021.06.027>
- Zhu, D., Wei, X., Zhou, X., Deng, L., Xiong, S., Chen, J., Chen, G., Zou, G., & Sun, L. (2023). Chromosomal abnormalities in recurrent pregnancy loss and its association with clinical characteristics. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 40(7), 1713-1720. <https://doi.org/10.1007/s10815-023-02816-w>

## 9. ANEXOS

**Tabla A3.** Tasas de gestación clínica con y sin PGT-A y tasa teórica esperada (PGT Teórico) en clínicas de Madrid y Barcelona según el Registro Nacional SEF 2023.

Clínica	Sin PGT	Con PGT	PGT Teórico
33	9%	44%	23%
21	10%	67%	24%
37	13%	34%	33%
30	14%	53%	36%
7	15%	46%	37%
41	15%	74%	38%
31	16%	58%	40%
35	16%	63%	40%
8	17%	63%	42%
29	17%	62%	42%
40	18%	43%	46%
43	20%	72%	49%
19	21%	36%	53%
27	22%	37%	56%
42	22%	40%	56%
4	23%	60%	57%
32	23%	49%	58%
28	24%	54%	60%
5	25%	56%	63%
12	25%	42%	63%
15	25%	46%	63%
3	27%	40%	67%
13	28%	43%	69%
24	29%	32%	72%
9	29%	65%	73%
1	32%	47%	80%
22	33%	65%	83%

<b>34</b>	33%	44%	83%
<b>14</b>	34%	42%	86%
<b>11</b>	35%	70%	87%
<b>16</b>	35%	53%	89%
<b>6</b>	36%	59%	90%
<b>36</b>	38%	54%	94%
<b>18</b>	39%	39%	97%
<b>2</b>	40%	100%	100%
<b>25</b>	40%	53%	100%
<b>38</b>	45%	58%	100%
<b>20</b>	46%	50%	100%
<b>39</b>	47%	53%	100%
<b>10</b>	50%	37%	100%
<b>23</b>	50%	32%	100%
<b>17</b>	63%	48%	100%
<b>26</b>	100%	55%	100%

**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos públicos del Registro SEF (2023).