

Disrupciones, continuidades y determinismos en la gametogénesis *in vitro**

Natalia Fernández-Jimeno
Universidad de Oviedo
nataliafernandezjimeno@gmail.com

ISSN 1989-7022

Disruptions, Continuities and Determinisms in *in Vitro* Gametogenesis

RESUMEN: En este trabajo he tratado de cubrir el vacío dejado por la discusión bioética sobre la gametogénesis *in vitro* (GIV) en lo que respecta a los factores contextuales del desarrollo de esta tecnología. Partiendo de la comprensión de la GIV dentro del sistema sociotécnico de las tecnologías de reproducción asistida (TRA) trato de explicar, desde un punto de vista de la co-producción, el papel desempeñado por los agentes y los factores contextuales en la configuración de la GIV. Para ello, empleo entrevistas semiestructuradas realizadas a especialistas en embriología, así como fuentes bibliográficas científicas y filosóficas sobre GIV. Finalmente, valoro la capacidad disruptiva de la GIV dentro de este contexto.

ABSTRACT: In this work I have tried to fill the gap left by the bioethical discussion on *in vitro* gametogenesis (IVG) with regard to the contextual factors of the development of this technology. Starting from the understanding of IVG within the sociotechnical system of assisted reproductive technologies (ART), I try to explain, from a co-production point of view, the role played by agents and contextual factors in the configuration of the IVG. To do this, I use semi-structured interviews with specialists in embryology, as well as scientific and philosophical bibliographic sources on IVG. Finally, I examine the disruptive capacity of IVG within this context.

PALABRAS CLAVE: tecnologías socialmente disruptivas, gametogénesis *in vitro*, tecnologías de reproducción asistida, determinismo, valores, co-producción

KEYWORDS: socially disruptive technologies, *in vitro* gametogenesis, assisted reproductive technologies, determinism, values, co-production

1. Introducción

Cada vez es más difícil ignorar el papel re-estructurante y socialmente disruptivo de ciertas innovaciones tecnológicas en nuestra sociedad. El desarrollo del automóvil cambió radicalmente nuestra forma de desplazarnos y la forma en que se diseñaron nuestras ciudades. Los televisores introdujeron la transmisión en directo en los hogares y cambiaron nuestras formas de sociabilidad. Algunas de estas tecnologías no solo han reorganizado ciertos aspectos de nuestra sociedad, sino que han afectado a conceptos fundamentales como son la privacidad (ej. desarrollo de las redes sociales) o la autonomía y libertad reproductiva (ej. píldora anticonceptiva). Este tipo de tecnologías han sido denominadas como «tecnologías socialmente disruptivas» en la medida en que son «capaces de interferir o modificar los patrones de la comunicación y la interacción humana» (Carlsen, Dreborg, Hansson, Johansson y Wikman-Svanhn 2010, 221)¹.

En el campo de la reproducción asistida han sido muchas las innovaciones desde la irrupción de la fecundación *in vitro* (FIV) y su éxito clínico en 1978. La FIV supuso un antes y un después en los tratamientos de infertilidad, pero también fue una plataforma tecnológica para el desarrollo de otras tecnologías (Franklin 2013). Para Cohen, Daley y Adashi

* Este trabajo ha sido posible gracias al Programa de ayudas «Severo Ochoa» para la formación en investigación y docencia del Principado de Asturias (ref. BP19-119) así como al proyecto Praxeología de la cultura científica: concepto y dimensiones (ref. MINECO-18-FFI2017-82217-C2-1-P). También quisiera agradecer la colaboración de Abel Gayo, David Llana, Lourdes Sánchez y Vicente Badajoz por su tiempo y disposición. Finalmente me gustaría dar las gracias a las personas que revisaron anónimamente mi trabajo y a Marta I. González García por sus comentarios constructivos. 

Received: 08/12/2020
Accepted: 10/01/2021



(2017) la gametogénesis *in vitro* (GIV) en un futuro próximo supondrá un revulsivo similar al que tuvo en el siglo pasado la FIV, transformando «los campos de la reproducción asistida y la medicina regenerativa de múltiples formas» (Cohen et. al. 2017, 1). La GIV busca la «generación de óvulos y espermatozoides a partir células madres en una placa de cultivo» (Cohen et al. 2017, 1). La gametogénesis es el proceso que tiene lugar en nuestro organismo para la formación de células sexuales (espermatogénesis y ovogénesis). Cuando nuestra capacidad de producir gametos (óvulos y espermatozoides) se encuentra alterada no es posible concebir de forma espontánea. Ante esta situación, quienes desean concebir pueden optar por la donación de gametos o embriones. El desarrollo de la GIV permitirá obtener gametos funcionales a partir de células diferenciadas, como las células de la piel o las células sanguíneas. A través de la reprogramación celular, esta tecnología aspira a generar espermatozoides y óvulos funcionales de cualquier persona adulta. El desarrollo de la GIV permitiría obtener gametos funcionales a partir de células somáticas por lo que cualquier persona podría tener descendencia biológicamente relacionada. Tal innovación no solo supondría un cambio disruptivo en la medicina reproductiva, sino que podría aplicarse a muchas más áreas. Estas transformaciones plantean retos legislativos, éticos y conceptuales todavía mayores con la fusión de la genética humana, medicina regenerativa y reproducción asistida en la medida en que reescriben «las reglas de lo que puede ser posible» (Adashi y Cohen 2020, 8) por lo que regular y abordar estos problemas resulta una tarea necesaria.

La discusión sobre el potencial disruptivo que este tipo de desarrollo tecnocientífico puede generar se ha centrado especialmente en las posibles consecuencias de sus aplicaciones en la práctica clínica de la medicina reproductiva. Para Notini, Gygenll y Savulescu (2020) una parte importante de la controversia tiene que ver con quiénes deberían tener acceso a esta tecnología. Mientras que el uso de GIV por parejas heterosexuales infértiles no es cuestionado desde el entendimiento de que en ese contexto la GIV tiene un fin «terapéutico», los usos considerados como «no terapéuticos» requieren de evaluación ética². Estos autores sitúan gran parte de la discusión en los usos considerados como «no terapéuticos». En este sentido, la literatura filosófica aborda la justicia, la autonomía reproductiva y las posibilidades de acceso igualitario a la paternidad y maternidad genéticamente relacionadas para diferentes grupos que con anterioridad al desarrollo de las tecnologías reproductivas no podían tener descendencia genéticamente relacionada (ej. Smajdor y Cutas 2015; Bredenoord y Hyun 2017; Notini et. al. 2020).

Con el desarrollo de la inseminación artificial con donante (IAD) y la FIV mediante ROPA³, las tecnologías reproductivas permitieron el acceso a la maternidad a madres solteras por elección y parejas lesbianas (Martí Gual 2011; Fernández-Jimeno 2016). En el caso de las parejas lesbianas el método ROPA se presentó como una forma de maternidad biológica compartida en la que una aportaba la carga genética a través del óvulo y la otra la carga epigenética a través de la gestación. Como señala Imaz (2016) el método ROPA supone una «revigorización del valor central otorgado al vínculo biológico en la definición de qué es ser familia» (Imaz 2016, 85). Con el desarrollo de la GIV se reforzaría aún más el valor atribuido al vínculo genético tanto en parejas de lesbianas como en el caso de madres solteras por elección.

El desarrollo de la GIV ampliaría el espectro de personas usuarias a las parejas de hombres del mismo sexo⁴ (ej. Douglas, Harding, Bourne, y Savulescu 2012; Murphy 2014), las personas que quieren tener hijos genéticamente relacionados únicamente con ellas mismas⁵ (Suter

2016; Cutas y Smajdor 2017), quienes quieren formar familias con múltiples⁶ padres y madres genéticos (Palacios-González, Harris y Testa 2014; Balistreri y Hansen 2019), las mujeres que desean tener descendencia a edades avanzadas (Cutas y Smajdor 2015, Trevizo 2018) o el colectivo de personas transgénero que han perdido su capacidad reproductiva (Zussman 2020). Por supuesto, la discusión sobre la GIV aplicada a la práctica clínica no solo se limita a estos aspectos, también aborda la cuestión de la selección de gametos y embriones (ej. Bourne, Douglas y Savulescu 2012; Ilic, Ogilvie, Noli, Kolundzic y Khalaf 2017), el impacto de este desarrollo en la donación de gametos (ej. Carter-Walshaw 2017; Ilic et. al. 2017), los aspectos éticos de la investigación (Bredenoord y Hyun 2017) o la responsabilidad ética en la creación de gametos artificiales (Smajdor, Cutas y Takala 2018).

En mi opinión, gran parte de la literatura filosófica sobre GIV exhibe una visión marcadamente optimista respecto del desarrollo tecnocientífico y se centra en la consideración de los riesgos y beneficios desde una concepción artefactual e instrumentalista de la tecnología. En esta concepción, la tecnología se desarrolla de forma autónoma con respecto a la sociedad, según su propia lógica de desarrollo en la que no intervienen valores o intenciones. Así, subyace la idea de un modelo lineal en el que estos productos tecnológicos generan impactos al ser aplicados en la sociedad⁷. De acuerdo con esta concepción determinista de la tecnología, la GIV es una herramienta tecnológica más al servicio de las personas que desean tener hijos genéticamente relacionados. Este sentido, no existe un cuestionamiento de la asunción de que todas las personas desean tener descendencia biológicamente relacionada, tampoco se pregunta por sus causas ni se reflexiona sobre el papel de las tecnologías reproductivas en todo ello. Desde el planteamiento de que las tecnologías reproductivas y, en este caso, la GIV son valorativamente neutras, los análisis normalmente se reducen a una evaluación o valoración ética de los posibles riesgos y beneficios de sus usos futuros una vez dicha tecnología esté disponible, sin considerar el contexto de diseño de dicha tecnología. La visión de la práctica tecnocientífica también adolece de cierta confianza acrítica en el desarrollo progresivo y lineal de la investigación científica. Tal pareciera que se trata de una cuestión de tiempo y recursos enfocados al desarrollo de estas investigaciones cuando realmente se trata de una empresa más compleja que «se realiza en un contexto cultural concreto» (Pérez Sedeño 2005, 450) en el que intervienen distintos actores con valores e intereses no siempre convergentes que co-conforman el desarrollo de los productos tecnocientíficos.

La distancia entre las discusiones bioéticas y las de la filosofía de la tecnología o los estudios de la ciencia, así como los distintos lenguajes de ambos campos, son una de las razones de esta carencia en la literatura sobre GIV. Coincido con Melo-Martín (2018) en que la filosofía de la tecnología, y los enfoques CTS, puede contribuir a iluminar en este punto muchos aspectos antes ignorados. Por ello, el análisis del contexto de diseño es necesario para valorar la capacidad disruptiva de la GIV tanto dentro del sistema de las tecnologías de reproducción asistida (TRA) como en los campos afines.

2. Metodología

Con el ánimo de superar algunos de los problemas antes señalados, me sitúo en la filosofía de la tecnología y los estudios sociales de la ciencia para abordar el análisis de la GIV. En concreto, mi enfoque descansa en lo que denomino «filosofía feminista de la tecnología» (FTF).

Este enfoque se basa en la tesis de que ni el género ni las tecnologías son fijos sino que son sistemas abiertos y fluidos que se co-producen⁸. Entender las TRA como un sistema híbrido y complejo en el que intervienen componentes heterogéneos, tales como artefactos, agentes, aspectos culturales, organizativos, políticos y económicos, permite comprender el fenómeno de una forma más amplia. Este tipo de sistemas tecnológicos han sido denominados como sistemas sociotécnicos (Hughes 1986). Desde esta perspectiva dialéctica de la conformación de la tecnología y la sociedad, los valores sociales, incluidos los valores marcados por el género, están involucrados en la innovación y desarrollo de las tecnologías pasando a formar parte del contenido mismo de la tecnología y orientando su trayectoria (Faulkner 2001; Wacjman 2006; Sanz 2011). En ese sentido, las tecnologías que desarrollamos tienen la capacidad de producir disrupciones sociales en nuestros conceptos más fundamentales (Carlsen et. al. 2010). Así, si las tecnologías que tenemos están cargadas de valores, entonces es preciso tener en cuenta la influencia de jerarquías como la clase social, el género o la raza en su producción. Desde estos planteamientos, la GIV es entendida aquí como una tecnología en fase de diseño que responde a la escasez de gametos con la que cuentan las clínicas de reproducción asistida para satisfacer la demanda del deseo de hijos e hijas genéticamente relacionados en las sociedades capitalistas desarrolladas, como es el caso de España.

Este trabajo se centra en explicar cómo el contexto de diseño de la GIV está influido por valores y aspectos propios del desarrollo de la tecnociencia⁹. En primer lugar, me centro en revisar las principales promesas de GIV en relación con las TRA y, en concreto con la FIV. Posteriormente analizo la función de la GIV en el contexto de las TRA y explico la relación entre los límites epistémicos y éticos. Finalmente, partiendo de este repaso, valoro la capacidad disruptiva de la GIV en el contexto de las TRA.

Para ello, he realizado una revisión de la literatura científica sobre las principales contribuciones en el desarrollo de gametos *in vitro*, el potencial disruptivo de GIV, así como de las discusiones filosóficas a propósito de esta innovación tecnológica. Por otro lado, se han empleado entrevistas semiestructuradas a especialistas en Reproducción Humana Asistida. Para la muestra se han seleccionado cinco entrevistas a profesionales de la embriología, tanto de centros privados o clínicas de reproducción asistida en España, como de centros públicos (Unidad de Reproducción Asistida del Hospital Universitario Central de Asturias). La mayoría de las entrevistas han tenido que realizarse mediante videoconferencia privada debido a las restricciones de movilidad y seguridad a causa de la pandemia. También se han recogido declaraciones en prensa sobre los principales avances en la investigación de la GIV de los principales centros de investigación españoles.

3. Las promesas de la GIV

Algunas personas se plantean si, dadas sus posibles aplicaciones, la GIV tendrá un potencial transformador tan significativo como lo tuvo la FIV (Cohen et. al. 2017). La FIV ha sido caracterizada como «tecnología madre» o como «plataforma» (Franklin 2013) para toda una serie de innovaciones tecnocientíficas que no solo han revolucionado el campo de la reproducción asistida, sino también otros ámbitos. El acceso a los embriones en el laboratorio permitió el desarrollo de una serie de técnicas nuevas que abrieron la posibilidad de realizar pruebas genéticas preimplantacionales (Niederberger y Pellicer 2018, 188). La FIV no solo fue la pla-

taforma para el diagnóstico genético preimplantacional (DGP), sino también para la transferencia nuclear de células somáticas, la derivación de células madre embrionarias humanas y la medicina regenerativa. La FIV también se ha utilizado en aplicaciones agrícolas y en la investigación básica sobre desarrollo de mamíferos y biología reproductiva (Franklin 2013, 36-38). Durante todo este tiempo la FIV ha permitido un gran desarrollo de la embriología, la ingeniería de tejidos y la medicina regenerativa ya que, entre otras cosas, ha sido fuente de un suministro de embriones para la investigación (Franklin 2013). Todos estos cambios han creado también desafíos éticos y legales, y han puesto de manifiesto la importancia de la salud mental y la psicología en el campo de la reproducción asistida (Niederberger y Pellicer 2018, 188). La FIV desvinculó el sexo de la reproducción y desde entonces ha sido un revulsivo para muchas de nuestras ideas fundamentales acerca del parentesco y la filiación, la reproducción o la autonomía reproductiva, entre otras. ¿Tendrá la GIV, caso de lograrse, un impacto tan revolucionario en el campo de la reproducción, los campos afines y la sociedad? Para tratar de dar respuesta a este interrogante, en primer lugar, voy a explorar las posibles aplicaciones de la GIV, tanto en investigación básica como en la práctica clínica.

La primera aplicación importante es la generación de gametos para la FIV (Cohen et. al. 2017; Adashi y Cohen 2020). Uno de los principales problemas en la práctica clínica de la reproducción asistida es la escasez de gametos óptimos para la FIV porque las parejas deciden tener descendencia a edades avanzadas, cuando disminuye su fertilidad (Matorras y Crisol 2011). Mientras que el suministro de espermatozoides, en cuanto a cantidad, no es un problema (Bourne et. al. 2012, 33), en el caso de las mujeres es especialmente problemático. La obtención de ovocitos presenta una mayor complejidad en comparación con la de espermatozoides, además de un riesgo e incomodidades superiores para la paciente¹⁰. Esta situación y el discurso biomédico construido sobre la misma ha sido analizada ampliamente por muchas teóricas como una asimetría de género (Sánchez 2005; Tubert 2009; Martí Gual 2011). El desequilibrio que presentan el estado y disponibilidad de los gametos no solo responde a aspectos biológicos como la cantidad disponible para un determinado periodo de tiempo. Existen también factores sociales que influyen en el estado y cantidad de gametos disponibles para la fertilización. Uno de los principales factores es la tendencia sociocultural de retrasar la maternidad¹¹, lo que supone que las pacientes de reproducción asistida tengan una edad avanzada en relación con el periodo fértil (Matorras y Crisol, 2011; McVeigh et. al. 2013). Además, «los factores ambientales también han producido en los hombres más problemas de infertilidad» (Muñoz et al. 2019, 6). En España, cuando existen dificultades para la fertilización debido a la baja calidad de los gametos de alguno de los miembros de la pareja o de ambos, se emplean gametos donados¹².

De lograrse la GIV, introduciría algunos cambios en la FIV que podemos valorar positivamente en tanto en cuanto la intervención médica sobre los cuerpos de las mujeres podría disminuir. En primer lugar, la obtención de gametos sería equivalente en el caso de hombres y mujeres cuyos gametos fuesen de una calidad baja o nula¹³, por lo que la asimetría de género relativa a la obtención sería susceptible de disolverse. No sería necesario realizar estimulaciones y punciones ováricas para extraer los óvulos, lo que redundaría en una menor intervención en los cuerpos de las pacientes, reduciendo los riesgos. Dichas intervenciones tampoco se realizarían en los cuerpos de las donantes de óvulos, por lo que muchos de los dilemas éticos relacionados con la donación y la compensación económica a las donantes podrían desaparecer (Segers, Mertes, Wert, Dondorp y Pennings 2017; Julià y Medrano 2020). Además, la pro-

ducción de óvulos mediante GIV proporcionaría a las pacientes un mayor número de intentos de fertilización y, por tanto, de embriones¹⁴.

Por otro lado, además de ayudar a las personas infértiles, la GIV podría ser utilizada por personas fértiles que desean tener descendencia genéticamente relacionada pero que por circunstancias sociales no pueden (Julià y Medrano 2020). Estamos hablando de parejas del mismo sexo (Douglas et. al. 2012; Adashi y Cohen 2020) pero también de otras opciones como la filiación múltiple (Palacios-González et. al. 2014) en la que intervienen más dos progenitores y la reproducción monoparental o monomarental (Notini et. al. 2020) en la que una sola persona podría ser la única progenitora en términos genéticos¹⁵.

Otra de las principales aplicaciones de la GIV es la modificación de la línea germinal de forma intencionada, ya sea mediante edición o selección de rasgos. En combinación con la herramienta de edición genética CRISPR/Cas9 sería posible editar o corregir el genoma de cualquier célula, como es el caso de las células sexuales. Por otro lado, como han señalado Bourne et al. (2012), disponer de un número elevado de gametos facilitaría tanto seleccionar los mejores gametos para su fertilización como crear numerosos embriones con el objetivo de seleccionar aquellos de mejor calidad¹⁶. El número de embriones que se pueden generar actualmente varía dependiendo del número de óvulos maduros obtenidos. Atendiendo a la carga cromosómica y a las características morfológicas el embriólogo o la embrióloga seleccionará el «embrión con mayor probabilidad de implantación» (Matorras y Hernández 2007, 303). El DGP, y más recientemente Embroscope¹⁷, permiten detectar enfermedades cromosómicas en los embriones y malformaciones. Los embriones funcionales que no son empleados en ese ciclo se crioconservan por si en el futuro fuesen a ser transferidos.

En tercer lugar, como han señalado Julià y Medrano (2020), la promesa principal y más importante de la GIV es servir como modelo de estudio, especialmente para la investigación básica en biología, más que como fuente de gametos funcionales (Julià y Medrano 2020, 51). La GIV potencialmente podría proveer de un suministro ilimitado de gametos y embriones para la investigación básica de la gametogénesis en humanos y del desarrollo embrionario. Esto permitiría el estudio del desarrollo de las células germinales y sus anomalías (Yamashiro et al. 2018). Un mejor conocimiento de esto podría ayudar en el diagnóstico de la infertilidad (Ishii y Saitou 2017) dando explicación a algunas causas de la infertilidad de origen desconocido y promover el surgimiento de nuevas terapias reproductivas (Julià y Medrano 2020, 51). Por otro lado, disponer de un gran número de gametos facilitaría el desarrollo de investigaciones sobre enfermedades hereditarias, pudiendo estudiar también la influencia de los factores ambientales en el desarrollo de enfermedades (Segers et. al. 2017). En suma, la GIV sería la llave para el estudio de los cambios epigenéticos en el desarrollo embrionario.

Otra de las posibles aplicaciones de la GIV sería su transferencia y uso en ganadería. Como ya ocurrió con la FIV, la GIV sería susceptible de desarrollarse en la industria ganadera con el objetivo de implementar una mejora sustancial en la selección de los rasgos que se consideran deseables para la cría y su posterior consumo. En este sentido, no es ilógico pensar que esta tecnología podría implementarse en algunas industrias que utilizan animales, como son la industria alimentaria o la cosmética, si consideran que pueden obtener un mayor beneficio económico a través de la selección y edición del genoma. Por otro lado, también podría ser empleado para la conservación de especies en peligro de extinción.

4. Aproximación al contexto de diseño: factores sociales en el desarrollo tecnológico

Como he señalado en la introducción, los análisis realizados hasta ahora sobre la GIV adolecen de una visión limitada de la tecnología en la que se obvian los aspectos sociales que forman parte de la actividad tecnocientífica. Por ello, con el propósito de mejorar la comprensión del fenómeno y la evaluación de su capacidad disruptiva, me centraré en dos aspectos del contexto de diseño que considero fundamentales: la función u objetivo principal de la GIV y la relación entre los límites epistémicos, técnicos y éticos.

4.1. La función de la GIV

Para abordar el primero de los aspectos, la función de la GIV, voy a comenzar tomando en consideración la definición de sistema técnico de Miguel Ángel Quintanilla, según la cual este es «un dispositivo complejo compuesto de entidades físicas y de agentes humanos, cuya función es transformar algún tipo de cosa para obtener determinados resultados característicos del sistema» (Quintanilla 1998, 53). Considero relevante advertir la función, objetivo o intencionalidad perseguida con un determinado desarrollo tecnológico puesto que permite comprender las asunciones presentes en la fase de diseño de una tecnología. Siguiendo a Pinch y Bijker (1987) para comprender el carácter de una tecnología es también importante comprender a los grupos sociales relevantes y sus problemas. En este sentido, las ideas que orientan las prácticas en la innovación tecnocientífica de GIV aportan información relevante sobre las presuposiciones acerca de las pacientes y de los propios problemas a los que se enfrentan los y las especialistas en la práctica clínica (ej. escasez de gametos).

Carlos Simón, director de investigación del Instituto Valenciano de Infertilidad (IVI), enunciaba en el diario *El Mundo* una idea que considero que subyace al objetivo que persigue la GIV: «todos sentimos que queremos transmitir nuestra genética, no hacerlo es una idea que cuesta madurar. Si logramos nuestro objetivo [la GIV], algún día nos preguntaremos cómo es posible que utilizáramos los gametos de otras personas» (López 2016, 15 de mayo). La convicción de que existe un deseo de transmitir los genes es compartida por algunos de los embriólogos entrevistados.

«Lo primero que una paciente quiere es conservar sus gametos. Por lo que estamos en este planeta es para perpetuar la especie. Y el que perpetúa la especie lo que quiere es que los gametos sean los suyos, tanto si tienes 30 como si tienes 45 años. Porque te lo... es información genética que inconscientemente te está diciendo: tú tienes que hacer esto, ¿vale? ... Saltar esa barrera es muy duro. ¿Vale? Es decir, prescindiendo de mi aportación genética a la nueva generación es muy duro» (V. Badajoz¹⁸, videoconferencia, 25 de noviembre de 2020).

Este deseo aparentemente innato de tener bebés genéticamente relacionados se transforma en el contexto de diseño de las TRA en una demanda del mercado que el sistema de las TRA trata de satisfacer. No hay que olvidar que las TRA se suministran principalmente en el ámbito privado y son una importante industria en crecimiento.

El desarrollo de la GIV aspira a ser un refinamiento de las TRA. Hasta ahora, cuando los gametos de los progenitores no son óptimos para la fecundación se recurre con frecuencia a la donación de gametos. En estos casos, se seleccionan gametos sanos semejantes en términos fenotípicos de tal forma que el futuro bebé comparta rasgos similares a los de sus progenitores. Por medio de la coordinación fenotípica se produce una «reconstrucción del vínculo

biológico *como si* genético mediante el asegurar la continuidad de ciertos capitales encarnados» (Lafuente 2017, 282). De esta forma, las TRA no solo permiten tener bebés a parejas infértiles, sino que también preservan el secreto de la infertilidad y facilitan el reconocimiento del futuro padre o la futura madre en la descendencia. Sin embargo, las técnicas actuales no curan la infertilidad ni garantizan la tan valorada relación genética con los bebés. En este sentido, el desarrollo de la GIV permitiría una vinculación genética total de los progenitores con los descendientes, ya sea en parejas heterosexuales, homosexuales, personas solas o grupos de personas.

De esta forma, la relación genética cobra gran importancia dentro de las TRA y se sitúa como uno de sus objetivos principales. La valoración de la genética queda manifiesta cuando se denota la preferencia por la descendencia genéticamente relacionada¹⁹ sobre la paternidad y maternidad social que proporcionan los gametos y embriones donados en el sistema TRA. Como señala José Medrano, biotecnólogo de IVI, en una entrevista de la agencia EFE:

«El fin último de la generación gametos in vitro mediante reprogramación celular es dar la oportunidad de ser padres a pacientes infértiles con muy mala calidad gamética a partir de una simple biopsia de piel, sustituyendo así este procedimiento a la donación de óvulos y espermatozoides que se emplea actualmente en estos casos» (Soteras 2013, 22 de abril).

La idea de que la valoración de la genética es una pieza importante dentro de las TRA se confirma también cuando se desarrollan tratamientos enfocados a aumentar el éxito en la fertilización con gametos propios, pese a que la tasa de embarazos sea menor que con gametos donados. Así lo explica Jan Tesarik²⁰, investigador de la Clínica MARGen, al periódico *Innovaspain*: «En los últimos años hemos desarrollado diferentes tratamientos que mejoran la probabilidad de éxito en reproducción asistida de mujeres mayores con sus propios óvulos. Sin embargo, ninguno logra la tasa de embarazo de 80% que se consigue con los óvulos donados» (Martínez 2019, 31 de diciembre).

Por otro lado, frente a las elucubraciones sobre si la GIV podría reducir los costes del tratamiento (Suter 2016) tampoco parece que la GIV reduzca el coste de los tratamientos, al menos en España. Según declaraciones de Tesarik a *Innovaspain*, al coste habitual de la FIV (8.200 euros en la clínica MARGen) se le añadiría un coste adicional de 4.000 euros aproximadamente (Martínez 2019, 31 de diciembre). Así pues, si los gametos donados son una alternativa más eficaz y económica para desarrollar el proyecto de ser madre o padre, no parece razonable para las pacientes invertir esfuerzo, tiempo y dinero en buscar, además, la relación biológica. Solo desde una valoración subjetiva robusta del vínculo biológico frente al vínculo social es posible explicar los esfuerzos invertidos en lograr dicho objetivo.²¹

Dichos esfuerzos provienen de todos los agentes del sistema sociotécnico de las TRA. Desde los investigadores con su trabajo y los centros que financian con importantes sumas económicas dichas líneas de investigación, hasta los operarios y operarias del sistema que son los equipos clínicos, quienes se ocupan de ofrecer los tratamientos y administrarlos velando por cumplir los deseos de sus pacientes.

Como declara el doctor Abel Gayo²², el 80% de sus pacientes quieren tener hijos e hijas biológicamente relacionados y la subfertilidad es algo difícil de aceptar, especialmente para los hombres (A. Gayo, entrevista en la clínica ERGO, 20 de octubre de 2020). Así, se trata de un valor generalmente compartido entre quienes acuden a la reproducción asistida. Esto les

lleva a invertir grandes cantidades de dinero sin garantías de lograr su objetivo, además del esfuerzo físico y psicológico que supone (ej. Martí Gual 2011).

Como señala el doctor Gayo, la medicina reproductiva no es garantista y es muy importante saber transmitirlo a las pacientes y sus parejas.

«En la reproducción yo no puedo garantizarte un embarazo [...] va a depender de tus gametos, de cómo estén los embriones, de cómo pase... y hay un porcentaje de esterilidad de origen desconocido [...] cuesta mucho en esa entrevista que llamamos tras beta negativa porque te dicen: "hombre yo es que te he dado 5000, 10000, 15000 euros y tú no me has dado nada a cambio"». (A. Gayo, videoconferencia, 27 de noviembre de 2020).

Las pacientes y sus parejas son también un grupo social relevante dentro del sistema y sus problemas determinan en gran medida la evolución del sistema. Como señala Martí Gual (2011) para los varones es más importante que para las mujeres el vínculo genético ya que «las mujeres tienen vías y dimensiones distintas para sentirse madre de las criaturas – la genética, la biológica y la social -, en el caso de los hombres el vínculo genético se configura como el elemento central para acceder a la paternidad en términos simbólicos» (Martí Gual 2011, 311), y, en ocasiones, puede ser empleado para reclamar la filiación por vía judicial en caso de conflicto²³. Si bien el vínculo genético es un valor compartido y perseguido por los agentes del sistema, en última instancia también es cierto que no se trata del objetivo principal. El objetivo principal compartido por los agentes es «un niño nacido vivo sano» (D. Llana²⁴, videoconferencia, 27 de noviembre de 2020).

Curiosamente, las madres solteras por elección y las parejas de mujeres son dos colectivos de usuarias para quienes la relación biológica no resulta tan relevante (Autor 2016; Gayo, entrevista en la Clínica ERGO, 20 de octubre de 2020) y sin embargo la GIV se presenta como una oportunidad para ellas de tener descendencia relacionada genéticamente de una forma completa. Desde mi punto de vista, las promesas de que la GIV aportará igualdad de condiciones (ej. Notini et. al. 2020) de acceso a la reproducción a colectivos de personas que no pueden tener descendencia por razones sociales no son del todo claras. Los dos colectivos realmente beneficiados serían los hombres solteros y las parejas homosexuales masculinas, siempre y cuando utilizaran a una mujer como gestante. El peso del proceso, los tratamientos y, por supuesto, el embarazo recaería nuevamente sobre las mujeres, lo que reforzaría la asimetría de género. Además, bajo el pretexto de la igualdad en el acceso a todas las personas a las tecnologías reproductivas, se oculta el papel imprescindible y sustancial de las mujeres en la gestación y los problemas éticos relacionados con la gestación subrogada (ej. Nuño Gómez 2016).

4.2. La relación de los límites epistémicos y los límites éticos

Otro aspecto no atendido en los debates bioéticos referidos es la dinámica de los desarrollos tecnocientíficos. Como ya he señalado, los enfoques tecnooptimistas adolecen de una excesiva confianza en el desarrollo progresivo de la ciencia. Desde su perspectiva, las investigaciones tecnocientíficas necesitan principalmente de tiempo para lograr sus fines. Sin embargo, una mirada a los aspectos sociales que intervienen en la práctica tecnocientífica revela las limitaciones importantes que podrían lastrar el desarrollo de la GIV o, incluso, impedir su desarrollo.

Por un lado, los límites epistémicos para el desarrollo de la GIV no deben ser subestimados. Chika Yamashiro y su equipo han conseguido inducir células madre pluripotentes humanas

en células semejantes a células germinales primordiales, sin embargo no han logrado una diferenciación mayor hacia una célula germinal madura (Yamashiro et. al. 2018, 356). Los gametos son células altamente especializadas que se producen mediante la gametogénesis. Se trata de un proceso por el cual las células germinales primordiales (los precursores de los gametos) se especifican, pasan por una reprogramación epigenética y se diferencian en gametos adultos funcionales, a saber: espermatozoides y ovocitos. Las investigaciones de Yamashiro y su equipo permiten estudiar por primera vez el desarrollo de células germinales (Juliá y Medrano 2020), creando oportunidades para la investigación de células germinales humanas y proporcionando una base para el desarrollo de la GIV (Yamashiro et al. 2018). Aunque son avances prometedores, la diferenciación de las células madre en células maduras y en gametos funcionales todavía es ineficaz.

La información disponible sobre el desarrollo de la línea germinal humana es limitada y se centra en las primeras etapas del proceso de diferenciación (Juliá y Medrano 2020, 50), por lo que es necesario más conocimiento sobre el comportamiento celular. Existen algunas dificultades para superar este vacío epistémico como son la imposibilidad de investigar de qué forma tiene lugar la especificación de la línea germinal puesto que comienza en la fase de implantación o el hecho de que se pierdan la mayoría de las células germinales iniciales durante su cultivo en el laboratorio (Juliá y Medrano 2020, 43-50).

Uno de los principales obstáculos reside en las dificultades para que la meiosis II²⁵ se complete con éxito. Como señalan Juliá y Medrano (2020) todavía es necesario que se complete la meiosis II, reparar el ADN y que se formen los núcleos correctamente. Durante la meiosis I y II se producen intercambios de cromosomas. De forma «natural» o espontánea pueden ocurrir errores en las divisiones celulares transmitiendo más o menos información de unas células a otras. Por ejemplo, algunas enfermedades conocidas como el síndrome de Down (trisomía en el par 21) o el síndrome de Turner (no se transmite un cromosoma X) tienen esta causa. Así, durante la GIV es posible que se produzcan también fallos en la meiosis inducida artificialmente, pudiendo provocar nuevas mutaciones genéticas de efectos inesperados.

Otro de los riesgos son las posibles mutaciones de los genes debidos a fallos epigenéticos. De forma «natural» se producen mutaciones y, cabe esperar, que también tuviesen lugar cuando se usan gametos artificiales. Sin embargo, hay cuestiones inciertas sobre la GIV que responden a factores epigenéticos de las cuales todavía no existen evidencias. Sería irresponsable ignorar la posibilidad de causar errores epigenéticos durante la embriogénesis. Podrían generarse efectos adversos inesperados y transmitirse a la descendencia, provocando consecuencias imprevisibles en la línea germinal humana o provocar efectos adversos en la salud de los bebés (Ishii y Saitou 2017). Por ello sería necesario comprobar que las posibles mutaciones no se transmiten a la descendencia (Juliá y Medrano 2020).

«Me preocupa la seguridad [...] el tema [problema] de la gametogénesis es la marca epigenética. Cuando se sepa más, de la marca epigenética y de cómo controlar, eso a lo mejor puede llegar a ser una técnica también válida para intentar reproducir a las parejas. Hoy por hoy me parece ciencia ficción porque hay unos... hay unos procesos de desmetilación en la formación de los gametos, en el momento de formación de los embriones y en esos modelos no se sabe qué pasa *in vitro*. [...] La epigenética es una asignatura pendiente [...] necesitamos que avance para que las técnicas se puedan aplicar con mayor seguridad» (L. Sánchez²⁶, videoconferencia, 27 de noviembre de 2020).

A las limitaciones epistémica se suman, además, las restricciones y acuerdos éticos sobre la práctica de investigación con embriones, gametos humanos y células madre. Como explica la doctora Sánchez Castro:

«La reproducción asistida tiene un límite ético que no podemos romper. [...] siempre las vamos a tener. Se conoce muy poco de estas técnicas porque tenemos unas limitaciones que no se pueden traspasar. Investigar con embriones tiene un límite y además está la segunda parte que es el endometrio de la paciente y que no puedes intervenir. Necesitaríamos saber más sobre la implantación en el momento de la transferencia. En ese aspecto estamos a ciegas [...] y no podemos intervenir en ese momento porque si no vas a dañarlo y ya no va a haber implantación. Hay una limitación muy importante y yo creo que difícil de superar» (L. Sánchez Castro, videoconferencia, 27 de noviembre de 2020).

Así, la escasez de evidencia acerca del comportamiento epigenético en el desarrollo embrionario es un factor contextual que no debe ser menospreciado ya que como explica la doctora Sánchez Castro existen factores extraepistémicos que limitan el avance del conocimiento.

En algunos casos las limitaciones tratan de ser salvadas buscando otros lugares con una legislación más permisiva donde investigar. Como declaraba Carlos Simón en una entrevista a *El Mundo* en referencia al desarrollo de las investigaciones de su equipo:

«Lo siguiente que haremos, en Standford, es lo mismo pero con una sola célula de la piel. [...] Este último paso no lo podremos realizar en España porque la ley no permite crear embriones sino sólo su uso para investigación. Por eso estamos hablando con las autoridades de Reino Unido para hacerlo en colaboración con ellos porque este país permite la creación de embriones y es el único lugar donde se puede hacer con garantías» (López 2016, 15 de mayo).

En España, la «Ley sobre técnicas de reproducción humana asistida» no permite la creación de gametos con fines de investigación y tampoco que estos sean transferidos a una mujer (Ley 14/2006, art. 14-15). Las limitaciones legislativas y éticas españolas son más restrictivas que en otros países por lo que los equipos buscan lugares donde esté permitida la formación de embriones para la investigación, como Reino Unido (Ishii y Satou 2017). Sin embargo, más allá del día 14 no está permitido el cultivo de los embriones por lo que realmente apenas existe conocimiento sobre el desarrollo embrionario. Esta limitación epistémica es difícilmente superable sin quebrantar la legislación y los acuerdos éticos sobre la práctica científica.

Otro ejemplo de los límites legales y éticos lo explica brevemente el doctor Badajoz:

«A nivel clínico, hoy por hoy es imposible. Tú no puedes seleccionar y descartar lo que a ti te apetezca, ¿sabes? Si no estaríamos jugando a un juego peligroso. Esto en manos de otros pues vete tú a saber qué podría llegar a ser. Ya te digo que nuestro objetivo es sencillo que es conseguir embriones de buena calidad para que la pareja se quede embarazada. Mi objetivo no es miles y miles de embriones para que cromosómicamente sea perfecto [...] El azar está ahí y el azar está para bien y para mal [...] Yo puedo abordar ciertas enfermedades genéticas pero no todas y esas no todas me va a permitir transferir embriones con determinadas mutaciones que le hagan al embrión o al futuro individuo llevar una vida plena» (V. Badajoz, videoconferencia, 25 de noviembre de 2020).

Badajoz hace referencia a la necesidad de solicitar aprobación a la Comisión Nacional de Reproducción Humana Asistida en materia de selección de embriones. En la explicación del especialista se muestran también las ideas que orientan su práctica profesional: buscar un embrión sano, pese a que tenga mutaciones. Las creencias de los profesionales clínicos son relevantes también a la hora de determinar el éxito y la trayectoria de un desarrollo tecnoló-

gico. Los y las profesionales clínicos podrían ser proclives al uso de la GIV siempre que no entrase en conflicto con sus creencias acerca de sus prácticas profesionales, lo beneficioso para las pacientes y su código deontológico. Así, la GIV podría ser modelada por los operarios del sistema, los profesionales clínicos, para ser usada en casos específicos y no de forma masiva o para el mejoramiento de la especie como algunos autores plantean.

Por poner un ejemplo reciente, en el caso de las técnicas de reemplazo mitocondrial el «El 80% de los embriólogos rechaza aplicar la técnica de “los tres padres” para problemas de infertilidad» según recoge un titular de *El Mundo*. Según esta noticia, los profesionales opinan que «es necesario hacer ensayos clínicos más amplios, un mayor seguimiento a largo plazo de los bebés ya nacidos con esta técnica, y más investigación básica, para probar su seguridad y efectividad» y que «no hay suficiente nivel de evidencia para utilizar la técnica de los tres padres de forma rutinaria en los centros de reproducción asistida. Solo tiene sentido en casos muy concretos, con fines terapéuticos y para evitar la transmisión de enfermedades mitocondriales» (EL MUNDO 2019, 14 de junio).

En este ejemplo vemos también las reservas de los y las profesionales en administrar tecnologías que no tienen un suficiente respaldo empírico y su recomendación de usarlas solo en casos muy específicos.

En este sentido, serán necesarias reformas legislativas y de los acuerdos éticos en la práctica científica para poder avanzar en este campo (Ishii, Reijo Pera y Greely 2013; Ishii y Satou 2017). Además, también será necesario el respaldo de la comunidad científica, de las asociaciones científicas y profesionales y, por supuesto, el beneplácito de las pacientes.

En última instancia, para que la GIV fuese probada necesitaría ser empleada en humanos y, en consecuencia, necesitaría del consentimiento de las pacientes. Las pacientes son entonces un grupo socialmente relevante en el desarrollo y éxito de GIV. Como ya he mencionado en el punto anterior, aunque pueden compartir el valor del vínculo genético, en última instancia el deseo que orienta sus prácticas es el de ser madres, no necesariamente el de ser madres biológicas. Las pacientes podrían tener reservas justificadas en lo que respecta a las consecuencias inesperadas de un desarrollo tecnológico que no puede probar su seguridad antes de ser administrado.

5. Valoración de la capacidad disruptiva de GIV

En este trabajo he tratado de comenzar a suplir la falta de análisis filosófico sobre los factores contextuales en el análisis de la GIV entendiéndola como una tecnología dentro del sistema sociotécnico de las TRA. Considero que he podido mostrar cómo un análisis desde planteamientos co-productivos permite arrojar información relevante sobre la dinámica del desarrollo y modulación de la tecnología con la sociedad para valoración disruptiva de la GIV.

Sobre la capacidad disruptiva de la GIV, en primer lugar, me gustaría señalar que sigue teniendo la misma dinámica que otras tecnologías del sistema dentro del sistema TRA. La GIV seguiría siendo una tecnología *bypass*, como sus predecesoras, ya que no aspira a curar la infertilidad sino a obtener gametos funcionales a partir de las células somáticas. En este sentido, la espermatogénesis y la ovogénesis seguirían siendo disfuncionales. No es el caso, sin

embargo, de las tecnologías de rejuvenecimiento ovárico y espermático, que sí tratan de restaurar la gametogénesis.

Por otro lado, aunque muchos de sus defensores entusiastas enfatizan las posibilidades de elección que podrían ofrecer a «todo tipo de personas» en su propósito de ser padres y madres con vínculo genético, se oculta que quienes realmente se verían beneficiados en mayor medida serían los hombres. La IAD y FIV ya ofrecían a las mujeres individuales y a las mujeres en pareja lesbiana ser madres. Hay que destacar en este punto dos cosas: también se obvia la necesidad que tienen los hombres de que una mujer geste ese embrión y, por otro lado, que los varones atribuyen un mayor valor al vínculo genético, como ya se ha explicado. En lo que respecta al aumento de la igualdad, la GIV resolvería la simetría de género en la obtención de gametos, no así en lo referente al resto del tratamiento.

En cuanto a los cambios que podría introducir en TRA, considero que la GIV vendría a reforzar y a apuntalar el determinismo biológico presente en los discursos de los agentes del sistema. La GIV sería un refinamiento de las TRA en su propósito de «imitar a la naturaleza». Mientras que la IAD y la FIV, con gametos donados, especialmente en el caso de madres solteras por elección y parejas de lesbianas, ponían el énfasis en las relaciones sociales en la conformación de la familia, la GIV reforzaría viejos valores en formas familiares nuevas. En este sentido, considero que no supondría una disrupción social en lo que respecta al parentesco, aunque podría suponer una disrupción en cuanto a la ruptura del binarismo de género de la familia nuclear, conviviendo así valores tradicionalmente opuestos.

Por otro lado, en relación con los campos de la biología de la reproducción y la reproducción asistida, creo que sí supondrá una gran disrupción en tanto en cuanto permitirá estudiar muchos procesos del desarrollo embrionario y la gametogénesis que todavía son desconocidos. El avance en el conocimiento es sin duda uno de las mayores ventajas que esta tecnología podría ofrecer en la medida en que permita desarrollar otros tratamientos y tecnologías. Como he tratado de mostrar, las limitaciones epistémicas son un factor muy relevante a tener en cuenta, especialmente porque su estancamiento conllevará a su vez una obstrucción para el avance en la regulación y los acuerdos éticos en este campo. A su vez, el avance del conocimiento y la replicación de los experimentos contribuirá a afianzar la confianza de los y las especialistas clínicos y, en última instancia de las pacientes. Contar con la confianza y apoyo de los agentes del sistema a través de la evidencia empírica probada será fundamental para que esta tecnología prospere. Quizás las disrupciones de la GIV no sean tan suntuosas como han sido auguradas por otros, sin embargo, es posible que su disrupción consista en poner una piedra más en el avance del conocimiento.

Referencias bibliográficas

- Adashi, E.Y. y Cohen, I.G. (2020). "Reproduction reimagined". *Fertility and Sterility*, 1 (1), pp. 7-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xfre.2020.03.002>
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., y Pinch, T. (1987). *The social construction of technological systems*. Cambridge (Massachusetts), London (England), The MIT Press.

- Bourne H, Douglas T, Savulescu J. (2012). "Procreative beneficence and in vitro gametogenesis". *Monash Bioeth Rev.*30(2), pp. 29-48. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03351338>
- Bredenoord, A., Hyun I. (2017). "Ethics of stem cell-derived gametes made in a dish: fertility for everyone?". *EMBO molecular medicine*, 9, pp.396-398. DOI: <https://doi.org/10.15252/emmm.201607291>
- Carlsen, H., Dreborg, K.H., Godman, M., Hansson, S.O., Johansson, L., Wikman-Svahn, P. (2010). "Assessing socially disruptive technological change". *Technology in Society*, 32, pp. 209–218. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2010.07.002>
- Cohen, I.G., Daley, G.Q. y Adashi, E.Y. (2017). "Disruptive reproductive technologies". *Science Translational Medicine*, 9, eaag2959. DOI: <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aag2959>
- Cutas, D., y Smajdor, A. (2015). "Postmenopausal Motherhood Reloaded: Advanced Age and in vitro derived gametes". *Hypatia*, 30(2), pp. 386–402. DOI: <https://doi.org/10.1111/hypa.12151>
- Cutas, D., y Smajdor, A. (2017). "'I am your mother and your father!' In vitro derived gametes and the ethics of solo reproduction". *Health Care Analysis*, 25(4), pp. 354–369. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10728-016-0321-7>
- De la Fuente, A. (2011). "Recursos diagnósticos y terapéuticos en reproducción asistida" en *Libro Blanco Socio-sanitario. La infertilidad en España: Situación actual y perspectivas*. Madrid, Sociedad española de fertilidad. pp.209-230.
- De Melo-Martin, I. (2016). *Rethinking reprogenetics: Enhancing ethical analyses of reprogenetic technologies*. Oxford, Oxford University Press.
- De Sutter, P. (2016). "Transgender parenthood: gamete preservation and utilization for transgender people". *Médecine de la Reproduction*, 18(2), pp. 109-115. DOI: <https://doi.org/10.1684/mte.2016.0602>
- Douglas, T., Harding, C., Bourne, H., y Savulescu, J. (2012). "Stem cell research and same-sex reproduction", en M. Quigley, S. Chan y J. Harris (Eds.), *Stem Cells: New Frontiers in Science and Ethics*, World Scientific, pp. 207–228. DOI: https://doi.org/10.1142/9789814374255_0009
- El Mundo (2019). "El 80% de embriólogos rechaza aplicar la técnica de "los tres padres" para problemas de infertilidad". <https://www.elmundo.es/cataluna/2019/06/14/5d03985afc6c83b44c8b45d1.html> (última consulta: 07.12.2020).
- Fertility Madrid. "Reciprocal IVF (Shared motherhood)". <https://fertilitymadrid.com/en/fertility-treatments-and-techniques/ropa-method/> (última consulta: 07.12.2020)
- Fernández-Jimeno, N. (2016). "Desafiando la institución de la maternidad: reapropiaciones subversivas de las tecnologías de reproducción asistida (TRA)", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 11(31), pp. 119-146. <https://www.redalyc.org/pdf/924/92443623006.pdf>
- Franklin, S. (2013). *Biological Relatives. IVF, Stem Cells, and the Future of kinship*. Durham y Londres, Duke University Press.
- Godin, B. (2006). "The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework". *Science, Technology & Human Values*. 31 (6), pp. 639-667. DOI: <https://doi.org/10.1177/0162243906291865>
- González García, M. I., López Cerezo, J. A. y Luján López, J. L. (1996). *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una aproximación al estado social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos.
- Habers, H. (Ed.) (2005). *Inside the Politics of Technology. Agency and Normativity in the Co-Production of Technology and Society*. Amsterdam, Amsterdam University Press.
- Igenomix (2020). Encuesta "Conciencia y actitudes hacia la fertilidad y la Reproducción Asistida". <https://semanafertilidad.com/wp-content/uploads/2020/10/infografia-estudio-igenomix.pdf> (última consulta: 07.12.2020).
- Ihde, D. (1979). *Technology and Praxis: A Philosophy of Technology*. Dordrecht, Reidel.

- Ihde, D. (1991). *Instrumental Realms: The Interface between Philosophy of Science and Philosophy of Technology*. Bloomington (USA), Indiana University Press.
- Imaz, E. (2016). "'Igualmente madres'. Sentidos atribuidos a lo biológico, lo jurídico y lo cotidiano en las maternidades lesbianas". *Quaderns-e de l'Institut Català d'Antropologia*. 21 (2), pp. 76-87.
- Ilic, D., Ogilvie, C., Noli, L., Kolundzic, N. y Khalaf, Y. (2017). "Human embryos from induced pluripotent stem cell-derived gametes: ethical and quality considerations", *Regend Med*, 12(6), pp.681-691. DOI: <https://doi.org/10.2217/rme-2017-0052>
- Instituto Marques. "Embryoscope". <https://institutomarques.com/reproduccion-asistida/tecnologia-avanzada/embryoscope/#:~:text=El%20Embryoscope%20es%20una%20innovadora,captura%20im%C3%A1genes%20del%20desarrollo%20embrionario> (última consulta: 07.12.2020)
- Ishii, T., Reijo Pera R., Greely, H. (2013). "Ethical and Legal Issues Arising in Research on Inducing Human Germ Cells from Pluripotent Stem Cells", *Cell Stem Cell*. 13 (2), pp. 145-148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stem.2013.07.005>
- Ishii, T., Saitou, M., (2017). "Promoting In Vitro Gametogenesis Research with a Social Understanding". *Trends in Molecular Medicine*. 23(1), pp. 985-988. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2017.09.006>
- Julià, M. y Medrano, J. (2020). "When Regenerative Medicine Faces the Challenges of Reproductive Medicine: A Review Study on Recent Advances in the Strategies for Derivation of Gametes from Stem Cells", *EMJ Repro Health*. 6 (1), pp.42-52. <https://emj.emg-health.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/08/Editors-Pick-When-Regenerative-Medicine-Faces-the-Challenges.pdf>
- Lafuente, S. (2017). *Bioeconomías reproductivas: los óvulos en la biología pos fecundación in vitro*. Tesis doctoral. Madrid, Universidad Complutense de Madrid.
- Ley 14/2006 de 26 de mayo, sobre técnicas de reproducción humana asistida. *Boletín Oficial del Estado*, 126, de 27 mayo de 2006 (última actualización el 14 de julio de 2015). <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-9292-consolidado.pdf>
- Light, A. D., Zimbrunes, S. E., y Gomez-Lobo, V. (2017). "Reproductive and obstetrical care for transgender patients". *Current Obstetrics and Gynecology Reports*, 6(2), pp.149-155. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13669-017-0212-4>
- López, A. (2016). "El sueño de engendrar un hijo propio... con células de la piel". *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/salud/2016/05/15/573635d3268e3e923d8b4671.html> (última consulta: 07.12.2020)
- Martí Gual, M. (2011). *Maternidad y Técnicas de Reproducción Asistida. Un análisis, desde la perspectiva de género, de los conflictos y experiencias de las mujeres usuarias*. Castellón de la Plana, Universitat Jaume I.
- Martínez, G. (2019). "2020: el año de los espermatozoides y óvulos 'artificiales' hechos a partir de células madre". Innovaspain. <https://www.innovaspain.com/2020-espermatozoides-ovulos-artificiales-celulas-madre/> (última consulta: 07.12.2020)
- Matorras R. y Hernandez J. (Eds.) (2007). *Estudio y tratamiento de la pareja estéril: Recomendaciones de la Sociedad Española de Fertilidad, con la colaboración de la Asociación Española para el Estudio de la Biología de la Reproducción, de la Asociación Española de Andrología y de la Sociedad Española de Contracepción*. Madrid, Adalia.
- McVeigh, E., Guillebaud, J., & Homburg, R. (2013). *Oxford Handbook of Reproductive Medicine and Family Planning*. Oxford. UK, Oxford University Press.
- Muñoz, M., Abellán-García, F., Cuevas, I., de la Fuente, A., Iborra, D., Mataró, D., Núñez, R. y Roca, M. (2019). *Documento sobre posicionamiento de la Sociedad Española de Fertilidad respecto de la regla del anonimato en las donaciones de gametos*. Madrid, Fase 20.
- Murphy, T. F. (2014). "The meaning of synthetic gametes for gay and lesbian people and bioethics too". *Journal of Medical Ethics*, 40(11), pp. 762–765. DOI: <https://doi.org/10.1136/medethics-2013-101699>

- Notini, L., Gyngell, C. y Savulescu, J. (2020). "Drawing the line on in vitro gametogenesis", *Bioethics*, 34, pp. 123–134. DOI: <https://doi.org/10.1111/bioe.12679>
- Nuño Gómez, L. N. (2016). "Una nueva cláusula del Contrato Sexual: vientres de alquiler". *Isegoría*, 55, pp. 683-700. DOI: <https://doi.org/10.3989/isegoria.2016.055.15>
- Palacios-González, C. (2017). "Resource Allocation, Treatment, Disclosure, and Mitochondrial Replacement Techniques: Some Comments on de Melo-Martin and Harris". *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 26, pp.278–287. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0963180116000876>
- Palacios-González, C., Harris, J., y Testa, G. (2014). "Multiple parenting: IVG and the generations to come". *Journal of Medical Ethics*, 40(11), pp. 752–758. DOI: <https://doi.org/10.1136/medethics-2013-101810>
- Quintanilla, M. A. (1998). "Técnica y cultura". *Teorema*, 17(3), pp. 49-69.
- Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil. *Gaceta de Madrid*, 206, 25 de julio 1889 (última actualización en el *Boletín Oficial del Estado* con fecha 4 de agosto de 2018). <https://www.boe.es/buscar/pdf/1889/BOE-A-1889-4763-consolidado.pdf>
- Rodríguez, P. (2020). "Pol Galofre: 'No soy el primer hombre que se queda embarazado y como sociedad tenemos que entenderlo'". *elDiario.es*. https://www.eldiario.es/catalunya/pol-galofre-no-primer-hombre-queda-embarazado-sociedad-entenderlo_1_6386515.html (última consulta: 07.12.2020)
- Sánchez, M. (2005). "Las tecnologías de reproducción asistida y sus metáforas". *Arbor. Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 181(716), pp. 523–530. DOI: <https://doi.org/10.3989/arbor.2005.i716.409>
- Segers, S., Mertes, H., de Wert, G., Dondorp, W., Pennings G. (2017). "Balancing Ethical Pros and Cons of Stem Cell Derived Gametes". *Annals of Biomedical Engineering*. 45(13), pp. 1620-1632.
- Smajdor A, Cutas D. (2015). "Will artificial gametes end infertility?". *Health Care Anaysisl*. 23(2), pp. 134-47. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10728-013-0268-x>.
- Smajdor A, Cutas D., y Takala. T. (2018). "Artificial gametes, the unnatural and the artefactual". *Journal of Medical Ethics*, 44 (6), pp. 404-408. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/medethics-2017-104351>
- Soteras, A. (2013). "Medrano: Los gametos in vitro permitirán ser padres a infértiles". *Efe Salud*. <https://www.efesalud.com/medrano-la-generacion-de-gametos-in-vitro-permitira-ser-padres-a-pacientes-infertiles/> (última consulta: 07.12.2020)
- Suter, S. M. (2016). "In vitro gametogenesis: Just another way to have a baby?". *Journal of Law and the Biosciences*, 3(1), pp. 87–119. DOI: <https://doi.org/10.1093/jlb/lsv057>
- (2018). "The tyranny of choice: Reproductive selection in the future". *Journal of Law and the Biosciences*, 5(2), pp. 262–300. DOI: <https://doi.org/10.1093/jlb/lsv014>
- Tubert, S. (2009). "El desig de ser mare. Maternitat i tècniques reproductives". *Mètode, Revista de difusió de la investigació*, 62, pp. 53-59. https://metode.cat/wp-content/uploads/2011/06/2009_62_52.pdf
- Yamashiro, C., Sasaki, K., Yabuta, Y, Kojima, Y., Nakamura, T., Okamoto, I., Yokobayashi, S., Murase, Y., Ishikura, Y., Shirane, K., Sasaki, Yamamoto, T., Saitou, M. (2018). "Generation of human oogonia from induced pluripotent stem cells in vitro", *Science*, 362(6412), pp. 356-360. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aat1674>

Notas al final

- 1 Las traducciones han sido realizadas por la autora.
- 2 La distinción de estos autores incurre en una petición de principio porque no cuestiona los límites, los riesgos o los presupuestos de los usos de GIV por parejas heterosexuales. Este enfoque es coherente con la idea de una tecnología valorativamente neutra que «emula a la naturaleza». Como se mostrará a lo largo del artículo los fines considerados por estos autores como «terapéuticos» requieren igualmente de eva-

luación. Por otro lado, asume la que la infertilidad es una enfermedad aunque esta atribución ha sido muy cuestionada desde los estudios sociales (ej. Martí Gual 2011) y, en todo caso, sería preciso aclarar en qué términos es considerada una enfermedad.

- 3 El método ROPA, Recepción de Ovocitos de la Pareja, «es un método de maternidad compartida que permite a las parejas lesbianas sentirse totalmente involucradas en su embarazo. Una de las parejas dona los óvulos mientras que a la otra le colocan los embriones para llevar el embarazo y dar a luz. Este método se lleva a cabo mediante Fecundación In Vitro compartida entre ambas mujeres y el semen del donante». Fertility Madrid. Centro de reproducción asistida (online). Este método se ofrece a parejas de mujeres como una forma de compartir el proceso y la maternidad en términos biológicos. Se trata de una variante de la FIV en la que tras generar un embrión con espermatozoides de donante este se transfiere al útero de la mujer que no aporta el óvulo. De esta forma ambas comparten un vínculo biológico con el futuro bebé. Una aporta el óvulo mientras que la otra llevará a cabo el embarazo de tal forma que la primera se une genéticamente y la segunda epigenéticamente.
- 4 En el caso de las parejas de mujeres daría la posibilidad a que ambas mujeres aportaran gametos (la carga genética) para la formación del blastocito. Este caso sería similar al de las madres solteras por elección que usasen GIV. Es decir, el acceso a la maternidad mediante IAD y FIV ya estaba garantizado, ahora lo que se ofrecería sería una vinculación genética total.
- 5 Como se ha explicado en la nota anterior, en este caso quienes se incorporarían serían realmente los hombres (cis), siempre y cuando que además utilizasen a una mujer para la gestación. Es decir, en el caso de hombres (cis) sería necesaria además la gestación subrogada (GS) puesto que por ellos mismos no podrían gestar. No sería el caso de los hombres transgénero, que a diferencia de los hombres (cis) poseen útero. Para más información véase De Sutter (2016), Light, Zimbrunes y Gómez-Lobo (2017), Rodríguez (2020, 4 de noviembre).
- 6 Se considera paternidad y maternidad genética múltiple cuando concurren más de dos personas aportando los gametos. Actualmente un ejemplo de esto se encuentra en las Técnicas de Reemplazo Mitocondrial. Ver más sobre estas técnicas en Melo-Martín (2016), Palacio-González (2017).
- 7 Ver más sobre el modelo lineal en Godin (2006). Para una explicación más amplia de esto y de las concepciones de la tecnología ver González García, López Cerezo y Luján López (2006).
- 8 Ver más sobre esto en Harbers (2005).
- 9 Este término se emplea para referir aquellas investigaciones científicas que se desarrollan en un contexto tecnológico, pero también para aquellas tecnologías que no pueden separarse de la investigación científica. El término busca enfatizar el carácter híbrido y sistémico del desarrollo de la ciencia y la tecnología. Ver más sobre este término en Ihde (1979, 1991) o Latour (1987).
- 10 En el caso de las mujeres, para la obtención de los ovocitos el tratamiento consta de las siguientes etapas: 1. Frenación hipofisaria (consiste en un tratamiento cuya finalidad es inhibir los estímulos internos que puedan provocar una ovulación extemporánea). Tiene un control a los 15 días del tratamiento con estradiol plasmático y ecografía. 2. Estimulación ovárica con un tratamiento de gonadotropinas. Esto hace que madure más de un óvulo en ese ciclo, aumentando las posibilidades de obtener más óvulos para fecundar. 3. Control de la maduración del óvulo. Se realiza a los 4-6 días de la estimulación mediante ecografía vaginal y se miden los niveles en sangre de estradiol. Este control se realizará al menos dos veces más durante esta etapa que dura entre 8 y 14 días, dependiendo de la respuesta de la paciente. 4. Disparo de la ovulación. Se provoca la ovulación mediante una inyección de hCG-r (hormona que se produce en el embarazo) con previo control ecográfico y hormonal. 5. Aspiración folicular (punción ecográfica) con ayuda de una ecografía vaginal se utiliza una aguja fina para extraer el líquido folicular, donde se encuentran los ovocitos. En el caso de los hombres la muestra se recoge por el interesado y se entrega al laboratorio en un plazo inferior a 1 hora y salvaguardando las condiciones higiénicas en su recogida. En casos de azoospermia (ausencia de espermatozoides en el eyaculado) o trastornos relacionados con el movimiento, entre otros, se realizará una aspiración epididimaria (estructura por la que pasan los espermatozoides al salir del testículo) o una biopsia o aspirado de testículo (De la Fuente 2011).

- 11 Recientemente una encuesta realizada por Igenomix concluía que el 67% de las españolas de 28 años no descarta llegar a ser madres, aunque no es su prioridad. Por delante está desarrollar una carrera profesional, viajar y aumentar sus ingresos.
- 12 En el caso del sistema público de salud los gametos proceden de bancos que conservan óvulos y espermatozoides criopreservados. En el caso de las clínicas de reproducción asistida, los óvulos pueden proceder de donantes propias anónimas por lo que se emplean óvulos frescos (L. Sánchez, videoconferencia, 27 de noviembre de 2020).
- 13 Se incluyen en este grupo también las personas que han perdido su capacidad para generar gametos (espermatoogénesis y ovogénesis) como personas transgénero o pacientes de cáncer. No obstante, en cualquier caso sería necesario analizar si existen mutaciones o epimutaciones para evitar su transmisión a la descendencia (Julià y Medrano 2020).
- 14 Otro de los problemas frecuentes es el escaso número de embriones con el que se cuenta. Además, la calidad de los mismos es también importante a la hora de seleccionar cuál de ellos se transferirá. Los criterios para la selección de embriones se basan en sus posibilidades de implantación en base a su morfología y su carga cromosómica.
- 15 Véanse notas 3 y 4.
- 16 A este respecto, Suter (2018) explora el riesgo de la «tiranía de la elección» en el contexto del posible desarrollo de GIV. Según la argumentación de la autora la GIV tendría como consecuencia el desarrollo de múltiples opciones que dificultarían o imposibilitarían la elección. Para la autora esto supondría una gran disrupción que alteraría la experiencia reproductiva. Igualmente explora los posibles riesgos de la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en forma de algoritmos para facilitar la selección de los mejores gametos o embriones. Aunque dicho trabajo tiene un carácter especulativo, actualmente se está comenzado a utilizar la IA en el campo de la reproducción asistida para ayudar a los embriólogos y embriólogas a seleccionar los mejores embriones. No obstante, esta tecnología está sujeta a la legislación vigente y se basa en la acumulación de datos sobre la morfología de los embriones que han logrado tener éxito (A. Gayo, videoconferencia, 27 de noviembre de 2020).
- 17 «Se trata de un incubador que mantiene *in vitro* las condiciones fisiológicas que requiere el embrión *in vivo* con una peculiaridad especial: Incorpora una cámara que continuamente captura imágenes del desarrollo embrionario». Institut Marquès (online).
- 18 El doctor Vicente Badajoz es embriólogo clínico y director del laboratorio de FIV, andrología y diagnóstico de Ginefiv (Madrid). Lleva trabajando en el ámbito privado desde hace 23 años.
- 19 Otro ejemplo de la valoración de la genética se encuentra, con frecuencia, en las narrativas sobre el método ROPA. Ver nota 3.
- 20 Lidera un programa de investigación en el que participan especialistas de diferentes países cuyo objetivo es facilitar la procreación con el propio material genético, tanto a mujeres con ausencia total o mala calidad de óvulos, como a hombres que carecen de células productoras de espermatozoides.
- 21 Siguiendo la comparación con el método ROPA cabe decir que se trata de una tecnología con un precio elevado ya que se trataría de una FIV con donación de espermatozoides. En el caso de parejas de mujeres la dificultad para procrear generalmente no viene dada por la infertilidad sino por tratarse de una pareja del mismo sexo. Si la mujer que va a asumir el embarazo es fértil, la tecnología con menor coste económico y que supone una menor intervención en el cuerpo de la paciente es la IAD. El precio aproximado sería de 800 euros frente a los 6000 u 8000 euros por ciclo de FIV. La IAD consiste en la introducción del esperma en la cavidad uterina mediante el empleo de una cánula. Se trata de una intervención sencilla que no necesita anestesia ni medicación adicional, salvo que se desee maximizar las posibilidades de éxito.
- 22 El doctor Abel Gayo es inmunólogo, embriólogo y co-director de la Clínica ERGO (Gijón). Lleva trabajando en reproducción asistida desde 2008 tanto en el servicio público de salud como en el ámbito privado. Es miembro de la junta directiva de ASEBIR.

- 23** De acuerdo con el capítulo II «de la determinación y prueba de la filiación» del título V del Código Civil (actualizado) y del artículo 8 de la Ley 14/2006 la filiación queda determinada con el consentimiento previo al inicio de los tratamientos. Las parejas de las mujeres que lleven a cabo el tratamiento de reproducción asistida dentro del matrimonio, ya sean varones o mujeres, tienen garantizada la filiación por el Código Civil a través del consentimiento, reconocimiento e inscripción en el Registro Civil. De forma similar, en caso de que no concurriese el matrimonio, el artículo 120 del Código Civil también recoge criterios similares, como la inscripción en el Registro Civil.
- 24** El doctor David Llana es embriólogo en la Clínica FIV4 (Gijón). Ha trabajado en centros públicos y privados en Asturias desde 2012.
- 25** Es una fase característica de la gametogénesis mediante la cual se forman cuatro células haploides (con la mitad de carga cromosómica), dando lugar a la formación de gametos.
- 26** La doctora Lourdes Sánchez Castro es especialista en inmunología. Trabaja como embrióloga en la Unidad de Reproducción Asistida del Hospital Universitario Central de Asturias (HUCA) desde el año 2000.