

TECNOLOGÍAS DE REPRODUCCIÓN ASISTIDA EN EL SIGLO XXI Y SU IMPACTO SOCIAL

Javier FLORES*
Norma BLAZQUEZ GRAF**

SUMARIO: I. *Introducción*. II. *Homenaje a Robert G. Edwards*. III. *Avances en la primera década del siglo veintiuno*.
IV. *Sociedad y reproducción*.

I. INTRODUCCIÓN

En el siglo veinte ocurrieron cambios radicales en la reproducción humana. Por una parte, las tasas de fertilidad se redujeron drásticamente, al pasar de 5 hijos por mujer en 1960, a 2.5 en promedio a escala global en 2008.¹ Por otra parte, se estima que una de cada siete parejas en el mundo, presentan algún tipo de infertilidad y se han desarrollado, también desde el siglo pasado, los medios para combatirla en mujeres, hombres o parejas con incapacidad para procrear.²

* Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Departamento de Investigaciones Educativas del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

** Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM.

¹ En México, para esos mismos años, la tasa de fertilidad fue de 6.8 y 2.1 respectivamente. Banco Mundial, *Indicadores del Desarrollo Mundial 2009*.

² Se estima que en 2008, solamente en el Reino Unido, 30 mil mujeres han experimentado la técnica de fertilización *in vitro* y anualmente nacen cerca de 11 mil niños mediante esta tecnología. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/7505635.stm> (última consulta 15 de diciembre de 2010).

Se trata de un fenómeno dual y contradictorio, pues, por un lado, está orientado a reducir la fertilidad y, por otro, a propiciarla. En el centro se encuentran la ciencia y la tecnología.

De este modo, nuestra especie ha creado los medios para controlar uno de los aspectos más íntimos de lo humano: la reproducción. Se trata de un fenómeno irreversible, cuyas consecuencias apenas se vislumbran, pero apuntan claramente a la modificación de las formas de organización social. Se trata de una auténtica revolución, que no pasa por los territorios de las ideologías, sino por los del conocimiento y el control de los procesos biológicos.

En el presente artículo nos referiremos a las tecnologías de reproducción asistida (TRA). El principal estímulo de la investigación en esta área ha sido el combate a la infertilidad. Debido a que esta condición está frecuentemente asociada a trastornos orgánicos en mujeres u hombres, los medios para hacerle frente se producen en el campo de la biomedicina. Las diferentes modalidades que adoptan estas tecnologías se acompañan de efectos inesperados, que abren posibilidades nuevas a la reproducción humana con un importante impacto social, pues rompen con las formas tradicionales de asociación reproductiva, y se acompañan de un intenso debate en las sociedades contemporáneas.

La velocidad con la que se producen nuevos hallazgos en la investigación científica y tecnológica en este campo, es mucho mayor que la capacidad de respuesta de las sociedades para generar leyes o guías orientadas a su regulación. Por ello adquieren gran significado los encuentros académicos dirigidos a examinar las características y alcances de las nuevas tecnologías reproductivas. Estamos convencidos de la pertinencia de establecer y actualizar lo marcos legales para el desarrollo de estas investigaciones y sus aplicaciones clínicas, pero al mismo tiempo, creemos que no debe perderse de vista que debe haber un equilibrio que impida que la legítima necesidad de legislar en esta materia, no dañe el avance del conocimiento en estos campos, ni lesione los derechos reproductivos de mujeres y hombres.

En el presente trabajo se destaca la labor de Robert G. Edwards, cuyo trabajo científico fue recientemente reconocido con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina, ya que abrió las puertas a un amplio desarrollo de estas técnicas. Se examinan también algunas de las tecnologías surgidas en la primera década del siglo veintiuno, como la preservación y trasplante de tejido ovárico y la creación de células sexuales en el laboratorio, con la finalidad de mostrar algunos de los avances más recientes en las TRA, dirigiendo nuestra mirada hacia su posible papel en el futuro de la reproducción humana y abordando algunos de sus efectos sociales y culturales.

II. HOMENAJE A ROBERT G. EDWARDS

Combatidas en todo momento por el pensamiento conservador, las TRA recibieron en 2010 —unos días antes de que se realizara en México la reunión que dio origen a este volumen—, un respaldo muy importante por parte de los medios científicos y la comunidad internacional, gracias a la decisión tomada por la Academia sueca de otorgar el Premio Nobel de Fisiología y Medicina al investigador británico Robert Geoffrey Edwards, uno de los creadores de la fertilización *in vitro* (FIV). Se trata de un procedimiento que ha revolucionado nuestras concepciones sobre la reproducción humana, el cual, junto con los conocimientos y técnicas a las que ha dado lugar, tiene un enorme impacto sobre el presente y, seguramente lo tendrá, en el futuro reproductivo de nuestra especie.

Desde un punto de vista biológico, en condiciones naturales, la procreación requiere de la unión de los cuerpos y de la contribución, por parte de una mujer y de un hombre, de componentes biológicos, en particular células sexuales maduras. A partir de ese momento todo el proceso se realiza íntegramente en el cuerpo femenino. Los gametos se desplazan hasta encontrarse en regiones específicas de los órganos internos. A partir de la unión de estas células, que incluye la combinación de materiales genéticos de la madre y el padre, se produce la división y diferenciación celular

que lleva a la formación del embrión que se une al útero materno a través de estructuras altamente especializadas creando una unidad, desde la cual continúa su desarrollo hasta el nacimiento.

Hoy toda esta imagen se ha transformado.³

Desde el primer tercio del siglo XX, con el surgimiento de la primera tecnología reproductiva, la inseminación artificial, se iniciaba una nueva etapa en la que era posible la eliminación del contacto entre los cuerpos y la intervención de un complejo técnico-científico capaz de sustituir en el laboratorio procesos biológicos esenciales para la reproducción humana.

Robert Edwards inició su trabajo en este campo estudiando —desde finales de los años cincuenta del siglo pasado— los procesos fisiológicos de maduración de las células ováricas en diferentes especies animales incluida la humana.⁴ En la década de los sesenta pudo determinar con precisión, además de los cambios preovulatorios que ocurrían en los folículos del ovario, el tiempo de maduración de las células sexuales y el momento exacto en el que éstas pueden ser colectadas para su cultivo en preparaciones aisladas.⁵ Además, hizo posible el control de estos procesos mediante la administración previa de hormonas, lo que constituye un antecedente de gran importancia en el desarrollo de la FIV.

El nombre de Robert G. Edwards no puede separarse del de otro gran genio que hizo posible el desarrollo de la FIV y la llevó, junto con él, a su culminación exitosa: Patrick Christopher Steptoe —quien sin duda, de no haber fallecido en 1988, hubiera re-

³ Flores, Javier y Blazquez Graf, Norma, “Las tecnologías reproductivas, sus dimensiones éticas y socioculturales”, en Blazquez Graf, Norma y Flores, Javier (eds.), *Ciencia, tecnología y género en Iberoamérica*, CEIICH-UNAM-UNIFEM-Plaza y Valdés, México, 2005, p. 665.

⁴ Edwards, R. G. y Gates, A. H., “Timing of the stages of the maturation divisions, ovulation, fertilization and the first cleavage of eggs of adult mice treated with gonadotrophins”, *J. Endocrinol.*, 1959, 18: 292-304. También puede verse en: Edwards, R. G., “The history of assisted human conception with especial reference to endocrinology”, *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes*, 1996, 104: 183-204.

⁵ Por ejemplo: Edwards, R. G., “The culture of pre-implantation mammalian embryos”, *Proc. Roy. Soc. Med.*, 1969, 62: 9 y 10.

cibido junto con su connacional el máximo galardón científico—. Steptoe había desarrollado la técnica de la laparoscopia dentro del campo de la ginecología, que consiste en la introducción de un delgado tubo en la cavidad abdominal, lo que permite la visualización y el estudio del desarrollo de los folículos ováricos *in vivo*, y la obtención de óvulos maduros con este procedimiento, lo que hacía posible la eliminación de los complicados procedimientos quirúrgicos utilizados anteriormente.⁶

Trabajando juntos, Edwards y Steptoe, tuvieron varios éxitos, pero también fracasos. Publicaron en los años sesenta y setenta del siglo veinte numerosos trabajos sobre la fisiología y el cultivo de óvulos y reportaron sus primeras observaciones sobre la fertilización *in vitro*, al incluir espermatozoides cuyas condiciones también fueron cuidadosamente diseñadas. Incluyendo los métodos de microscopía de esa época, demostraron cómo se producía la penetración de la célula masculina y su fusión con los óvulos cultivados, así como la formación de embriones en medios artificiales.⁷ El paso siguiente era inevitablemente la implantación de estos embriones en el útero. Para 1974, en un trabajo publicado en los *Proceedings of The Royal Society of Medicine*, reconocen que de 14 reimplantaciones intentadas, ninguna había tenido éxito.⁸ Los fracasos no los hicieron desistir. En la discusión de sus artículos realizaban una exploración minuciosa de las posibles fallas. En 1976 logran la primera implantación, pero esta ocurrió en un lugar equivocado: las trompas de Falopio, por lo que el embarazo tubario tuvo que ser interrumpido en la semana 13 de la gestación.⁹ Nuevamente había que revisar y perfeccionar los procedimientos..., pero jamás rendirse.

⁶ Steptoe, P. C. y Edwards, R. G., “Laparoscopic recovery of pre-ovulatory human ovarian oocytes after priming of ovaries with gonadotrophins”, *Lancet*, 1970, i: 683-689.

⁷ Por ejemplo en: Bavister, B. D. *et al.*, “Identification of the midpiece and tail of the spermatozoon during fertilization of human eggs in vitro”, *J. Reprod. Fert.*, 1969, 20: 159 y 160.

⁸ Edwards, R. G. y Steptoe, P. C., “Control of human ovulation, fertilization and implantation”, *Proc. Roy. Soc. Med.*, 1974, 67: 932-936.

⁹ Steptoe, P. C. y Edwards R. G., “Reimplantation of a human embryo with subsequent tubal pregnancy”, *Lancet*, 1976, 1(7965): 880-882.

Finalmente, en 1978, en una muy breve pero histórica comunicación al editor de la revista *Lancet*¹⁰ titulada: “Nacimiento consecutivo a la reimplantación de un embrión humano”, Steptoe y Edwards, dan cuenta del suceso que cambiaría para siempre nuestro conocimiento sobre la reproducción humana, al mostrar que varios de los procesos biológicos esenciales, incluidas la fertilización y la formación del embrión, pueden ocurrir fuera del cuerpo y dar lugar al nacimiento de seres humanos perfectamente sanos. Ante ese acontecimiento, paradójicamente, los “defensores de la vida” montaban en cólera.

Pero lo que había sucedido era algo prodigioso. El 25 de julio de ese año había nacido una niña, su nombre: Louise Brown.¹¹ A partir de este acontecimiento nada podía ser igual. Se inició una nueva era que cubrió las dos últimas décadas del siglo veinte, plenas de nuevos conocimientos y técnicas reproductivas que han sorprendido al mundo y cuyo desarrollo no se ha detenido.

III. AVANCES EN LA PRIMERA DÉCADA DEL SIGLO VEINTIUNO

1. *Tiempo reproductivo: criopreservación y trasplante de tejido ovárico*

Las décadas que siguieron a los trabajos de Edwards y Steptoe estuvieron marcadas por avances vertiginosos en el campo de

¹⁰ Steptoe, P. C. y Edwards R. G., “Birth after the reimplantation of a human embryo”, *Lancet*, 1978, 2: 366.

¹¹ El 25 de julio de 2010 cumplió 32 años Louise Brown, el primer ser humano nacido a partir de la FIV. Su nacimiento fue un acontecimiento mundial que tuvo en su momento gran difusión, motivó profundos debates éticos y produjo cambios en el conocimiento sobre la reproducción humana, cuyos efectos se extienden hasta hoy. Con ella dio inicio una nueva era: la de los “bebés de probeta”, como fueron bautizados popularmente los nacidos mediante esta tecnología. Su vida ha sido como la de cualquier otra mujer. Su niñez fue completamente normal y en la etapa adulta se ha desempeñado como enfermera y empleada del servicio postal en Bristol, Inglaterra. Se casó, y en 2006 tuvo su primer hijo, Cameron, nacido por medios completamente naturales.

las TRA que dieron lugar a nuevos procedimientos para combatir la infertilidad. La primera década del siglo veintiuno, constituye un claro ejemplo de cómo las tecnologías reproductivas contribuyen al avance del conocimiento dando lugar a nuevos campos de la investigación científica, cuyas aplicaciones dan pie a nuevas preguntas, que conducen a una mayor comprensión de los procesos biológicos involucrados con la reproducción humana, creándose así un círculo virtuoso que muestra que no sólo la ciencia da lugar a la tecnología, sino además, cómo ésta lleva a la creación de campos científicos emergentes.

El tiempo reproductivo ha cambiado. El avance en el conocimiento de los procesos involucrados en la reproducción humana, y el desarrollo de nuevas tecnologías han hecho posible esta transformación. Hoy la capacidad reproductiva en nuestra especie puede expresarse antes de nacer o después de la muerte. Los límites temporales tradicionales ya no existen.¹²

La separación de los cuerpos es quizá el elemento más importante en la modificación del tiempo reproductivo. En la actualidad, una mujer o un hombre pueden donar sus células sexuales, que son almacenadas en medios especialmente diseñados y a muy bajas temperaturas por periodos largos. Los donantes pueden continuar con sus actividades cotidianas por meses y olvidarse de su aportación. Incluso pueden haber muerto por diferentes causas y sin embargo participar en el surgimiento de una nueva vida.

Además, el avance de las TRA permite inducir la maduración de las células sexuales. Incluso puede lograrse el nacimiento de niños sanos utilizando células inmaduras, como en los casos reportados por Antinori¹³ y su grupo en 1997, y Ogura y sus colaboradores en 2001.¹⁴ En consecuencia, al menos teóricamente, es

¹² Flores, J. y Blazquez Graf, N., *op. cit.*, pp. 680 y 681.

¹³ Antinori, S. *et al.*, "Fertilization with human testicular spermatids: four successful pregnancies", *Hum. Reprod.*, 1997, 12: 286-291.

¹⁴ Ogura, A. *et al.*, "Fertilization without spermatozoa", *Ital. J. Anat. Embryol.*, 2001, 106 (2 suppl. 2): 3-10.

técnicamente factible la participación de individuos en las etapas previas a la pubertad en el proceso reproductivo.

La ampliación del tiempo resulta sorprendente cuando se examinan los extremos. La utilización del citoplasma de cigotos, es decir, de preembriones o embriones en la tecnología basada en la transferencia de citoplasma, revela que la capacidad reproductiva puede expresarse desde los niveles más primitivos en el desarrollo embrionario, como se desprende de trabajos como el de Huang y colaboradores.¹⁵ En el otro extremo, la reproducción *postmortem*, es decir, la obtención de células sexuales de personas recientemente fallecidas, generalmente a solicitud de sus parejas vivas, muestra desde otro ángulo el desplazamiento del tiempo reproductivo escapando a las barreras de la muerte. Queda claro que nuestra especie ha creado los medios para modificar el tiempo reproductivo, lo que representa un reto que nos obliga a reflexionar sobre sus posibles significados.

En la primera década del siglo veintiuno se han desarrollado nuevas tecnologías que permiten la conservación de tejido ovárico y su empleo posterior con una finalidad reproductiva. El trasplante de ovario brinda una oportunidad para examinar desde otro ángulo la modificación del tiempo en la reproducción.

Los ovarios son estructuras claves en la sexualidad y la reproducción. Son el sitio en el que se producen las hormonas que guían el desarrollo sexual femenino. A partir de la pubertad se incrementa la producción de estrógenos que hacen posible el surgimiento de los caracteres sexuales, y conjuntamente con otras sustancias, como la progesterona, participan en procesos que se expresan en el ciclo sexual. Ahí se encuentran además los óvulos, almacenados en folículos llamados primordiales, que maduran y se liberan cíclicamente como resultado de un concierto en el

¹⁵ Huang, C. C. *et al.*, "Birth after the injection of sperm and the cytoplasm of tripronucleate zygotes into metaphase II oocytes in patients with repeated implantation failure after assisted fertilization procedures", *Fertil. Steril.*, 1999, 72(4): 702-706.

que participan señales nerviosas y sustancias químicas del cerebro que involucran a todo el organismo.

Como en todas las tecnologías de reproducción asistida, el trasplante de ovarios tiene una justificación que difícilmente se puede objetar. En mujeres en edad reproductiva que padecen algún tipo de cáncer (como linfoma o cáncer de mama), los tratamientos basados en la quimioterapia o radioterapia producen daños casi siempre irreparables en la función ovárica. No solamente habría que pensar en la infertilidad, se trata de una menopausia precoz, con lo que se altera no sólo la vida psicosexual sino la función de todo el organismo.

Una de las posibilidades que han surgido para enfrentar y revertir este daño es el trasplante. Las técnicas para la obtención por laparoscopia de pequeños fragmentos de tejido ovárico¹⁶ y su conservación a bajas temperaturas (criopreservación)¹⁷ cobraron fuerza al finalizar el siglo veinte y mostraban que se podía lograr la conservación adecuada del tejido pues éste sufría pocos daños, y era evidente la presencia de folículos ováricos de apariencia normal. Estos primeros estudios se orientaban, más que al objetivo de realizar trasplantes, a la finalidad de preservar las células sexuales femeninas (oocitos) en mujeres con cáncer.

Pero en 2000, Oktay y sus colaboradores mostraron que la función ovárica fue restablecida en dos pacientes, durante al menos dos años, después de trasplantar tejido ovárico en el antebrazo.¹⁸ Luego, en 2001, Radford y sus colaboradores mostraron que la criopreservación de tejido ovárico y su posterior trasplan-

¹⁶ Meirrow, D. *et al.*, “A laparoscopic technique for obtaining ovarian cortical biopsy specimens for fertility conservation in patients with cancer”, *Fertil. Steril.*, 1999, 71: 948-951.

¹⁷ Por ejemplo: Hovatta, O. *et al.*, “Cryopreservation of human ovarian tissue using dimethylsulphoxide and propanediol-sucrose as cryoprotectants”, *Hum. Reprod.*, 1996, 11: 1268-1272.

¹⁸ Oktay, K. *et al.*, “Restoration of ovarian function after autologous transplantation of human ovarian tissue in the forearm [Abstract]”, *Fertil. Steril.*, 2000, 74(suppl 3): S90.

te, permitía restablecer la función ovárica en una paciente que había sido tratada por linfoma.¹⁹

Es indispensable detenerse en este punto para explicar las características del trasplante. Imaginemos a una joven que padece algún tipo de cáncer. Antes de recibir la quimioterapia se obtiene con su consentimiento una parte de su tejido ovárico, que se preserva a muy bajas temperaturas. Una vez concluido su tratamiento y que el cáncer ha sido erradicado —lo que implica meses o años—, ella puede decidir embarazarse. Mediante un procedimiento técnico muy simple y a la vez riguroso se obtienen pequeños cortes del tejido almacenado, que pueden ser de aproximadamente 2 x 2 milímetros, los cuales, mediante laparoscopia, se llevan al interior de los ovarios que ya no son funcionales, o a regiones cercanas a éstos (se han ensayado también trasplantes subcutáneos). Se trata en este caso de un autotrasplante, con lo que se eliminan los problemas de rechazo. El tejido trasplantado recupera su capacidad para la producción de hormonas, lo que influye en todo el organismo para el restablecimiento el ciclo sexual.

En 2004 Jacques Donnez y su grupo en la universidad católica de Louvain en Bruselas, Bélgica, sorprendieron al mundo al informar sobre el primer nacimiento exitoso de una niña, a partir del trasplante de ovario.²⁰ Este trabajo tuvo además una característica muy importante, la fecundación ocurrió por medios naturales.

Como era de esperarse, el trabajo del grupo belga fue sometido a la crítica más despiadada. Se argumentaba, por ejemplo, que a pesar de la quimioterapia, los ovarios podían haber conservado sus capacidades, por lo que el embarazo no se explicaría por la participación del tejido trasplantado. Pero en 2005 se produjo un

¹⁹ Radford, J. A. *et al.*, “Orthotopic reimplantation of cryopreserved ovarian cortical strips after high-dose chemotherapy for Hodgkin’s lymphoma”, *Lancet*, 2001, 357: 1172-1175.

²⁰ Donnez, J. *et al.*, “Livebirth after orthotopic transplantation of cryopreserved ovarian tissue”, *Lancet*, 2004, 364: 1405-1410.

nuevo informe: Dror Meiorow y sus colegas del centro médico de Sheba en Tel Aviv, Israel, reportaron el nacimiento de otra niña, siguiendo un procedimiento semejante de autotrasplante, aunque en este caso la fecundación se logró no por medios naturales sino mediante la fertilización *in vitro*.²¹ No había duda de que era posible la recuperación de la capacidad reproductiva mediante el trasplante de ovario. Al finalizar la primera década del siglo XXI han nacido más de diez niños sanos, lo cual demuestra que esta tecnología es eficiente para restablecer la función reproductiva.

El tejido preservado debe mostrar su capacidad para la producción de las hormonas que ejercen su influencia sobre todo el organismo femenino y que actúan de manera armónica con otras sustancias producidas en el cerebro. Debe de ser capaz, además, de restablecer los ciclos orgánicos y restaurar la menstruación, así como guiar la maduración de los folículos ováricos y la ovulación. También, debe mantenerse activo el sitio del que se libera la célula sexual (cuerpo lúteo) que es indispensable para el mantenimiento de un embarazo normal.

En enero de 2006, Donnez y su equipo demuestran que el trasplante de tejido ovárico restablece las funciones endocrinas tanto a nivel cerebral (recobrándose las cifras normales de hormonas del hipotálamo) como en la presencia de hormonas ováricas (estrógenos y progesterona) que ahora provienen del tejido trasplantado, con lo que se recuperan los ciclos ovulatorios.²² Además de la producción de hormonas, en el trabajo de Donnez se observa claramente el desarrollo normal de los folículos ováricos en el tejido trasplantado, aspecto que ya se había hecho evidente en estudios del mismo grupo realizados en 2005.

²¹ Meiorow, D. *et al.*, "Pregnancy after transplantation of cryopreserved ovarian tissue in a patient with ovarian failure after chemotherapy", *N. Engl. J. Med.*, 2005, 353(3): 318-321.

²² Donnez, J. *et al.*, "Restoration of ovarian function after orthotopic (intraovarian and periovarian) transplantation of cryopreserved ovarian tissue in a woman treated by bone marrow transplantation for sickle cell anaemia: case report", *Hum. Reprod.*, 2006, 21: 183-188.

Los trabajos científicos no solamente se han orientado al restablecimiento de la fertilidad en mujeres con cáncer, sino además en mujeres con padecimientos no malignos. Algunos autores han planteado la utilidad de esta técnica para el mantenimiento de la función hormonal posterior a la histerectomía radical,²³ lo que lleva a pensar en su posible empleo a futuro en la menopausia normal, con lo que hipotéticamente se prolongarían la producción de hormonas y la edad reproductiva.²⁴ Por otra parte, no sólo se ha ensayado el autotrasplante, sino la utilización de tejido proveniente de donantes, como en el caso de gemelas idénticas, en el que una de ellas cede una pequeña parte de sus ovarios a su hermana que es infértil;²⁵ o aun en personas con ambigüedad sexual, que reciben tejido ovárico donado por sus madres o hermanas.

2. *El debate sobre el trasplante de tejido ovárico*

Pero, como ocurre con todas las tecnologías de reproducción asistida (y con todo el conocimiento científico) hay efectos inesperados. La pregunta que surge es si esta tecnología puede ser útil para su empleo en casos que no tienen una justificación médica y si pudiera emplearse en mujeres sanas que buscan postergar la maternidad a etapas posteriores a la menopausia. Es más, olvidándonos de la fertilidad, la pura función endocrina del tejido trasplantado puede revertir todos los cambios asociados a la menopausia, lo que sería desde el punto de vista endocrino una

²³ Kiran, J. *et al.*, "Ovarian cortical transplantation may be an alternative to hormone therapy in patients with early climacterium", *Fertil. Steril.*, 2005, 84(5): 1509.

²⁴ Algunos aspectos éticos en torno a esta posibilidad se discuten en: Tao, T. y Valle, A. del, "Human oocyte and ovarian tissue cryopreservation and its application", *J. Assist. Reprod. Genet.*, 2008, 25(7): 287-296.

²⁵ Silber, S. J. *et al.*, "Ovarian transplantation between monozygotic twins discordant for premature ovarian failure", *N. Engl. J. Med.*, 2005, 353: 58-63. También en: Silber, S. J. y Gosden, R. G., "Ovarian transplantation in a series of monozygotic twins discordant of ovarian failure", *N. Engl. J. Med.*, 2007, 356: 1382-1384.

especie de “retorno a la juventud”. Esto ha dado lugar a un interesante debate.

Si bien existen numerosas posturas dentro y fuera de los medios científicos que se oponen al empleo de esta tecnología sin una justificación médica, hay otras que, por el contrario, argumentan a favor del trasplante de ovario en las mujeres sanas que así lo deciden.

Esta tecnología surgió y se ha desarrollado para enfrentar la infertilidad cuando hay razones médicas que la justifican. Pero como un efecto inesperado, ha abierto una posibilidad hacia el futuro reproductivo en nuestra especie para su empleo por razones no médicas, por ejemplo, cuando las mujeres deciden postergar su maternidad.

No se trata de una simple especulación, pues es un tema de nuestro tiempo que ha provocado ya importantes debates en los que concurren tanto especialistas en temas médicos y científicos, como expertos en los campos de las ciencias sociales y humanas. Uno de los temas centrales es, sin duda, la modificación del tiempo reproductivo. Las TRA, como hemos visto, han roto desde hace varias décadas los límites temporales —que podríamos llamar naturales— en las funciones reproductivas.

En el debate sobre la preservación de tejido ovárico y su trasplante hay una corriente que parece inamovible y que busca limitar su empleo sólo a fines médicos. Si bien no es el único, uno de sus argumentos principales consiste en que se trata de una técnica que se encuentra en una etapa muy primaria, que es por ahora de tipo experimental.²⁶ Esta postura, que es muy válida, es en sí misma transitoria, pues además de que los “experimentos” ya toman la forma de tratamientos en humanos, tendría que ser ajustada al momento en que su empleo se convirtiera, si no en algo rutinario, sí en un recurso de uso extendido —sin abandonar una justificación de tipo médico—, lo que parece ser la tendencia.

²⁶ En este sentido destaca la postura del Comité de Ética de la *American Society for Reproductive Medicine*, “Fertility preservation and reproduction in cancer patients”, *Fertil. Steril.*, 2005, 83(6): 1622-1628.

Desde hace algunos años, la utilización de esta tecnología se ha ampliado hacia condiciones no malignas, como el riesgo de menopausia prematura, algunas mutaciones genéticas y ciertos padecimientos autoinmunes o de la sangre. También en el síndrome de Turner, una condición en la que no se forman los ovarios o éstos presentan un escaso desarrollo.²⁷ El espectro de condiciones médicas en las que se justifica esta intervención va en aumento, lo que permite prever que su carácter de “procedimiento experimental” concluirá en un futuro no muy lejano. Aunque esto no garantiza que se libere su empleo hacia fines no médicos, al menos permitirá la emergencia de las verdaderas razones que guían los actuales impedimentos.

En este debate han surgido argumentos a favor del empleo de esta tecnología en mujeres sanas. Entre éstos destacan los que se relacionan con la equidad de género en la reproducción.²⁸ A juicio de quienes sostienen esta postura, el incremento de la esperanza de vida en las sociedades modernas se traduce en una pérdida temprana de la fecundidad en las mujeres. Algunos autores se han referido a este fenómeno como una “inequidad biológica”, de este modo la preservación de tejido ovárico constituye —junto con otras técnicas como la congelación de óvulos— una forma de escapar de ella.

Los hombres pueden congelar su semen para su utilización futura, no sólo por razones médicas, pues los bancos de espermatozoides son un medio permitido para preservar la capacidad reproductiva masculina por riesgos laborales, por ejemplo, en quienes trabajan en un medioambiente tóxico, o que realizan actividades deportivas de riesgo (como hockey, fútbol o ciclismo). Estas razones son consideradas válidas en las sociedades occidentales modernas para preservar la fertilidad masculina. Sin embargo, esta posibilidad está vedada para las mujeres.

²⁷ Puede verse: Donnez, J. *et al.*, “Ovarian tissue cryopreservation and transplantation: a review”, *Hum. Reprod. Update*, 2006, 12(5): 519-535.

²⁸ Dondorp, W. J. y Wert, G. M. W. R. de, “Fertility preservation for healthy women: ethical aspects”, *Hum. Reprod.*, 2009, 24(8): 1779-1785.

Uno de los argumentos más importantes de la postura que se examina, es el de la autonomía reproductiva, pues implica la libertad de decidir sobre tener hijos o no, cuándo tenerlos, con quién, o a través de qué medios. A juicio de algunas autoras como Rachel Nowak,²⁹ estas razones pueden incluir la incompatibilidad entre la edad para la procreación y los planes de vida, o el desarrollo de una carrera; e incluso que simplemente no se ha encontrado aún una pareja conveniente para formar una familia.

3. *Células sexuales de laboratorio*

La creación de células sexuales en el laboratorio comienza a ser una realidad de nuestro tiempo. La producción de células sexuales en el laboratorio es uno de los temas de investigación más reveladores de lo que son y serán las ciencias biomédicas en el siglo XXI. Su potencialidad es tan grande, que modifica desde ahora todas nuestras creencias acerca de la reproducción humana. En el pasado, los óvulos y los espermatozoides (también llamados células germinales o gametos) se originaban en individuos bien desarrollados sexualmente como mujeres u hombres, en estructuras especializadas como los ovarios y los testículos. Ahora pueden obtenerse no sólo de organismos maduros, sino a partir de otras fuentes, entre ellas las células troncales embrionarias.

La historia es apasionante. Comienza en 2003, cuando trabajando por separado, Karin Hübner³⁰ y Yayoi Toyooka³¹ obtienen, óvulos el primero y espermatozoides el segundo, a partir de células troncales embrionarias de ratón. Las células troncales (conocidas también como células madre), son pluripotenciales, lo que significa que pueden dar lugar a todas las variedades celulares.

²⁹ Nowak, R., "Egg freezing. A reproductive revolution", *New Scientist*, 2007, 21: 8 y 9.

³⁰ Hübner, K., "Derivation of oocytes from mouse embryonic stem cells", *Science*, 2003, 300: 1251-1256.

³¹ Toyooka, Y. *et al.*, "Embryonic stem cells can form germ cells *in vitro*", *PNAS*, 2003, 100: 11457-11462.

res y tejidos de un organismo.³² Su desarrollo puede guiarse de manera particular hacia la formación de células sexuales, proceso que también puede ocurrir espontáneamente.

Un resultado muy importante ocurrió en 2004. Trabajando también en ratones, Niels Geijsen inyectó los espermatozoides obtenidos a partir de células troncales embrionarias dentro de óvulos maduros de hembras, logrando la formación de embriones, lo que era una fuerte sugerencia de que las células sexuales creadas de este modo podían ser funcionales desde el punto de vista reproductivo en esa especie.³³ Luego, ocurre algo todavía más sorprendente: la implantación de los embriones creados de esta forma en el útero de hembras por Karim Nayernia y su grupo en 2006, dio lugar al nacimiento de ratoncitos,³⁴ lo que demuestra, sin lugar a dudas, la capacidad funcional de los espermatozoides creados en el laboratorio.

Una observación interesante es que en los trabajos de Toyooka y Geijsen se expresaron marcadores para la presencia de células femeninas (óvulos) tanto en líneas celulares XX como XY, lo que apunta a una doble capacidad de las células troncales en ratones que les permiten desarrollar tanto gametos femeninos como masculinos. En el mismo sentido, durante la reunión de

³² Las células troncales embrionarias tienen la capacidad de transformarse para crear distintos tipos celulares. A partir de ellas, en condiciones normales, se forman los diferentes tejidos que forman el organismo humano, como la piel, el corazón, el páncreas o el cerebro, entre muchos otros. Su empleo en la investigación científica se inició cuando Thomson obtuvo con ellas algunas células especializadas: Thomson, J. A. *et al.*, "Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts", *Science*, 1988, 282: 1145-1147. Surgió así la posibilidad de avanzar en dos direcciones: descifrar los mecanismos del desarrollo humano y buscar la manera de obtener elementos que pudieran emplearse en el tratamiento de enfermedades que hasta ahora son incurables, como neuronas para la enfermedad de Alzheimer, o células pancreáticas para la diabetes, entre muchas otras.

³³ Geijsen, N. *et al.*, "Derivation of embryonic germ cells and male gametes from embryonic stem cells", *Nature*, 2004, 427: 106 y 107.

³⁴ Nayernia, K. *et al.*, "In vitro-differentiated embryonic stem cells give rise to male gametes that can generate offspring mice", *Developmental Cell*, 2006, 11: 125-132.

la Sociedad Europea de Reproducción Humana y Embriología celebrada en 2006, Irina Kerkis y sus colegas de la clínica Roger Abdelmassih, en Sao Paulo, Brasil, obtuvieron células troncales de embriones de ratones machos. Sus resultados muestran que estos elementos crecen en medios de cultivo artificiales. Al cultivarlos en presencia de ácido retinoico, pueden diferenciarse y dar lugar simultáneamente a células sexuales femeninas y masculinas.³⁵ Los significados de estas observaciones son muy importantes. Quiere decir que en el ratón, a partir de las células de un embrión, e independientemente de cuál sea su sexo genético,³⁶ podrían producirse tanto óvulos como espermatozoides.

Hasta aquí surgen algunos escenarios novedosos como resultado de la investigación en animales: *a*) aparece una nueva fuente para la producción de células sexuales, que ya no son los ovarios o testículos, sino las células troncales embrionarias; *b*) estas células, en particular, los espermatozoides, muestran una elevada eficiencia funcional al dar lugar a la creación de embriones y al nacimiento de nuevos seres, y *c*) algunos de los estudios realizados muestran que estas células primordiales tienen la capacidad para formar tanto óvulos como espermatozoides, independientemente de su sexo genético.

Pero esto es lo que pasa en los ratones. ¿Qué ocurre en los humanos?

Diversos estudios sugieren que las células troncales humanas pueden desplegar las mismas propiedades observadas en roedores. La primera evidencia de que las células troncales embrionarias humanas son capaces de diferenciarse en células germinales, fue aportada por Amander T. Clark y sus colegas en 2004.³⁷ En

³⁵ Este trabajo fue publicado ese mismo año: Kerkis, A. *et al.*, “In vitro differentiation of male mouse embryonic stem cells into both presumptive sperm cells and oocytes”, *Cloning Stem Cells*, 2007, 9(4): 535-548.

³⁶ El sexo genético es el que surge en el cigoto a partir de la fecundación. En mamíferos, incluido el humano, consiste en una combinación específica de cromosomas sexuales: XX en el caso de las hembras y XY en los machos.

³⁷ Clark, A. T. *et al.*, “Spontaneous differentiation of germ cells from human embryonic stem cells *in vitro*”, *Human Molecular Genetics*, 2004, 13: 727-739.

este estudio se observó, además, que las células germinales diferenciadas expresaban los programas genéticos tanto masculinos como femeninos independientemente de su sexo genético. Por su importancia, y por tratarse de un trabajo pionero, este estudio requería de confirmación.

No tuvo que pasar mucho tiempo para que esto ocurriera. En 2005, Behrouz Aflatoonian, trabajando en el laboratorio del prestigiado científico Harry Moore, en la Universidad de Sheffield, en el Reino Unido, informó durante el congreso de la European Society for Human Reproduction and Embryology, realizado en Copenhagen, del desarrollo de óvulos y espermatozoides a partir de células troncales de embriones humanos en su laboratorio,³⁸ lo que confirmaba los hallazgos de Clark.

En los estudios sobre la creación de células sexuales en humanos, ha surgido un enfoque diferente, al realizarse experimentos en células troncales no embrionarias sino adultas. Entre los grupos de investigación que más han contribuido a estos estudios en humanos, destaca el de Karim Nayernia —el mismo que logró el nacimiento de los ratoncitos descrito arriba—. Trabajando primero en la Universidad de Göttingen, pasó de los experimentos en roedores a la investigación en humanos. Uno de sus trabajos más importantes lo realizó en 2007 en células troncales humanas adultas, provenientes de la médula ósea de las que obtuvo células primordiales masculinas.³⁹

Es importante señalar que los estudios en células troncales adultas se sitúan en un territorio más relajado desde el punto de vista ético, pues, por ejemplo, la Iglesia católica se opone a la investigación en embriones humanos y alienta la que se realiza en tejidos adultos. Aunque esa no parece ser la motivación esencial

³⁸ Aflatoonian, B. *et al.*, “Human embryonic stem cells differentiate to primordial germ cells as determined by gene expression profiles and antibody markers. Proceedings of 21st Annual Meeting of the European Society for Human Reproduction and Embryology, Copenhagen”, *Human Reproduction*, 2005, 20 (Supplement 1): i6.

³⁹ Drusenheimer, N. *et al.*, “Putative human male germ cells from bone marrow stem cells”, *Soc. Reprod. Fertil. Suppl.*, 2007, 63: 69-76.

de este grupo científico, pues trabaja en países en los que la investigación en embriones cuenta con amplio respaldo legal.

El trabajo citado emplea el tejido obtenido de individuos masculinos en el que se expresan marcadores específicos del desarrollo de espermatozoides, y concluye que las células troncales obtenidas de la médula ósea, pueden ser una fuente potencial de células germinales tanto masculinas como femeninas. La mención a la formación de células femeninas se basa en los datos de autores como Joshua Johnson,⁴⁰ quien había encontrado previamente en ratones hembra y posiblemente en mujeres, que la médula expresa los marcadores genéticos específicos de la formación de óvulos y que los injertos de médula pueden producir nuevos folículos y oocitos en el ovario.

Hasta ese momento, los estudios en nuestra especie, incluido el de Nayernia, habían podido crear, no elementos maduros, sino células primordiales llamadas espermatogonias, que tienen 46 cromosomas. En condiciones normales, el desarrollo de los espermatozoides, en sus últimas etapas, pasa por un mecanismo de división celular conocido como meiosis del que surgen gametos maduros con 23 cromosomas que son los más aptos para los procesos reproductivos y son los encargados de la transmisión de la herencia.

Pero los avances no se han detenido en la primera década de nuestro siglo. En 2009 apareció un nuevo artículo de Nayernia, trabajando ahora en la Universidad Newcastle. En este estudio hay varias novedades. La primera consiste en que este autor se desplaza ahora de los tejidos adultos, hacia las células troncales embrionarias de humanos. La segunda es que obtiene evidencias de la formación de células posmeióticas, es decir, con 23 cromosomas, lo que indicaría que, al igual que en los ratones, las células

⁴⁰ Johnson, J. *et al.*, “Germline stem cells and follicular renewal in the postnatal mammalian ovary”, *Cell*, 2005, 122: 303-315. Los estudios en mujeres no son parte central en este trabajo, sin embargo en los datos suplementarios, muestra algunos resultados con tejido proveniente de la médula ósea de voluntarias. Pueden verse en www.cell.com/cgi/content/full/122/2/303/DC1/ (última visita, el 24 de diciembre de 2010).

troncales humanas pueden dar lugar a células maduras, que al observarse al microscopio muestran similitudes con los espermatozoides normales, entre ellas su motilidad.

Hay un aspecto aquí que es importante. Nayernia encuentra que las células que dan lugar a estos espermatozoides provienen de embriones masculinos (por llamarlos de alguna manera) pues tienen cromosomas XY, mientras que los de origen femenino (XX) sólo alcanzan etapas muy primitivas de desarrollo (espermatogonia).⁴¹ Como sea, se trata de gametos masculinos en distintas etapas de maduración.

Por su parte, Aflatoonian y sus colaboradores, en ese mismo año, trabajando también en células troncales de embriones humanos, documentan la formación de células sexuales masculinas en los inicios de la etapa posmeiotica (cuando se reduce el genoma a 23 cromosomas). La formación de estas espermátides no se relaciona con el cariotipo de las células troncales que les dan origen y pueden ser generadas a partir de células troncales masculinas (XY) o femeninas (XX), lo que para estos autores muestra que las células sexuales diferenciadas *in vitro* pueden expresar programas genéticos, tanto masculinos como femeninos, independientemente del sexo genético.⁴²

Las células surgidas en este trabajo son capaces de seguir un desarrollo hacia la formación de espermatozoides que morfológicamente presentan flagelos en formación, lo que indica un grado de maduración muy importante. También se encuentran niveles de hormonas compatibles con la espermatogénesis, en

⁴¹ Nayernia, K. *et al.*, "In Vitro Derivation of Human Sperm from Embryonic Stem Cells", *Stem Cells and Development*, julio de 2009, doi:10.1089/scd.2009.0063. El artículo fue retractado por los editores de la revista, pues fue acusado de plagio en dos párrafos de la introducción, caso que al momento de escribir este texto (diciembre de 2010) no ha sido resuelto. Se cita aquí porque la retractación no involucra hasta ahora los resultados de esta investigación, y porque es ilustrativo del grado de competencia y confrontación que existe en este campo del conocimiento en el mundo.

⁴² Aflatoonian, B. *et al.*, "In vitro post-meiotic germ cell development from human embryonic stem cells", *Hum. Reprod.*, 2009, 24(12): 3150-3159.

particular, la dihidrotestosterona. Al mismo tiempo, también se expresa el programa genético para la formación de óvulos, con células morfológicamente muy semejantes a los gametos femeninos. Por otra parte aparecen, desde un punto de vista morfológico, estructuras que se asemejan a los folículos primordiales del ovario y a los óvulos. Sin embargo, el desarrollo en este caso, al parecer no alcanza etapas muy avanzadas, puesto que no es posible identificar en estas estructuras componentes que son característicos, como la zona pelúcida.

En síntesis, puede decirse que en condiciones de laboratorio: *a)* las células troncales humanas, tanto embrionarias como adultas, son capaces de formar células sexuales; *b)* estas células primordiales, pueden dar lugar tanto a células sexuales masculinas como femeninas, independientemente de cuál sea su sexo genético, y *c)* las células troncales humanas son una nueva fuente potencial de células germinales, tanto de óvulos como de espermatozoides humanos.

Si bien existen grandes similitudes entre las propiedades de las células troncales humanas con las que se han descrito en otras especies, hay una diferencia importante entre ellas. Mientras que en ratones se ha demostrado su capacidad funcional, es decir, su participación en el proceso reproductivo dando lugar a la formación de embriones o al nacimiento de nuevos seres, en el caso de las células germinales humanas se trata de una prueba cuya realización en nuestra especie es algo todavía muy distante.

Los resultados de la investigación en animales deben ser tomados con muchas reservas. No hay que olvidar que no es posible trasladar automáticamente los resultados de la investigación en animales a humanos. Los experimentos orientados a demostrar la capacidad reproductiva de las células humanas obtenidas de esta forma no son factibles por ahora en nuestra especie. Desde un punto de vista ético y científico es algo inadmisibles por ahora. ¿Por qué? En los resultados de Nayernia y su equipo, en los que nacieron ratones, la eficiencia es sumamente baja y, además, los 12 ratones del estudio murieron prematuramente.

Las células troncales son pluripotenciales, y uno de los mayores retos es entender cómo, a partir de ellas, se forman células especializadas. El desafío consiste en conocer cuáles son los mecanismos determinantes de esa transformación y guiar artificialmente la diferenciación de una célula primaria hacia una variedad particular. Los estudios que se han citado aquí representan los avances alcanzados en el desarrollo específico de óvulos y espermatozoides. Los logros son notables, pues además de la obtención específica de gametos se entiende mejor cómo ocurre su diferenciación, proceso que es necesario conocer cabalmente.

En cuanto a la exploración de su capacidad reproductiva, hay que considerar que se trata de proyectos muy novedosos que deben madurar. Una meta a mediano plazo sería lograr, en roedores u otras especies animales, que las células sexuales creadas de este modo puedan dar lugar al nacimiento de sujetos que alcancen la etapa adulta, que tengan capacidad reproductiva y un desarrollo que permita ser evaluado como normal por varias generaciones, antes de pensar en su introducción dentro las tecnologías reproductivas en la especie humana.

4. *Examen de escenarios hipotéticos*

A pesar de todas estas limitaciones, los resultados alcanzados hasta ahora son de gran importancia, pues permiten vislumbrar lo que puede ser parte del futuro reproductivo en nuestra especie. Surgen así escenarios hipotéticos que podemos examinar desde ahora.

Los resultados experimentales descritos en este apartado muestran que las células sexuales pueden tener un origen novedoso: ya no provienen exclusivamente de las gónadas, sino de la diferenciación de células troncales en una etapa que es anterior a la propia formación de los ovarios o testículos en el embrión de los mamíferos, incluidos los humanos.

Los gametos provenientes de esta nueva fuente pueden lograr distintos grados de desarrollo en condiciones de laboratorio. Un dato importante consiste en que, aunque no puedan por ahora

alcanzar la maduración completa empleando los procedimientos actuales, podrían aun así ser aptos funcionalmente. En algunas tecnologías reproductivas en las que no participan células troncales, diversos estudios han mostrado que los espermatoцитos primarios o espermátides redondas pueden madurar *in vitro*⁴³ y aunque no logren la maduración completa, pueden participar con éxito en el proceso reproductivo en los humanos, dando lugar al nacimiento de niños sanos.⁴⁴ Del mismo modo, se ha avanzado en la maduración de óvulos en ambientes artificiales; para 2004 se estimaba que habían nacido al menos 300 niños a partir de esta técnica.⁴⁵ En síntesis, los datos que hemos presentado muestran que podría prescindirse en el futuro de las gónadas para la producción de células sexuales funcionales.

Uno de los aspectos que resulta sin duda más inquietante, es el de los posibles significados de la capacidad de las células troncales embrionarias o adultas para diferenciarse como células sexuales masculinas o femeninas, independientemente del sexo genético. En otras palabras, en un escenario hipotético, un embrión femenino o una mujer con una combinación de cromosomas (46, XX), podría producir sus propios espermatozoides; del mismo modo que un embrión masculino o un hombre (46, XY), sus propios óvulos.

⁴³ Puede verse en: Sofikitis, N. *et al.*, “Micro- and macro-consequences of ooplasmic injections of early haploid male gametes”, *Hum. Reprod.*, 1998, 4(3): 197-212; también en Tesarik, J., “Overcoming maturation arrest by in vitro spermatogenesis: search for the optimal culture system”, *Fertil. Steril.*, 2004, 81(5): 1417-1419; asimismo, Tanaka, A. *et al.*, “Completion of meiosis in human primary spermatocytes through in vitro coculture with Vero cells”, *Fertil. Steril.*, 2004, 79(Suppl 1): 795-801.

⁴⁴ Barak, Y. *et al.*, “Pregnancy and birth after transfer of embryos that developed from single-nucleated zygotes obtained by injection of round spermatids in oocytes”, *Fertil. Esteril.*, 1998, 70(1): 67-70. Véase referencia 13.

⁴⁵ Chian, R. C. *et al.*, “Pregnancy and delivery after cryopreservation of zygotes produced by in-vitro matured oocytes retrieved for a woman with polycystic ovarian syndrome”, *Hum. Reprod.*, 2001, 16(8): 1700-1702; también, Chian, R. C. *et al.*, “State of the art in in-vitro oocyte maturation”, *Curr. Opin. Obstet. Gynecol.*, 2004, 16(3): 211-219.

Sin olvidar que se trata de escenarios hipotéticos —que al mismo tiempo son ya sujetos de análisis en los medios académicos, científicos— esta capacidad dual en la producción de gametos, adquiere importantes significados en aspectos como la individualidad y la diversidad sexuales.

IV. SOCIEDAD Y REPRODUCCIÓN

Los avances en el conocimiento sobre los aspectos biológicos de la reproducción humana, han favorecido el surgimiento de nuevas técnicas que incrementan las opciones reproductivas. Se trata de una auténtica revolución, en la que aparecen continuamente nuevos elementos para enfrentar la infertilidad de mujeres y hombres. Pero no sólo eso, como un efecto colateral, se modifica radicalmente el futuro reproductivo a través de diferentes modalidades y formas de asociación para la preservación de la especie.

La sexualidad y la reproducción son territorios que generan una gran tensión en nuestras sociedades. Las TRA se convierten en el escenario en el que se confrontan puntos de vista antagónicos de diferentes sectores sociales. Así, el avance de estas técnicas nos permite también desnudar algunos de los aspectos principales de la relación actual entre sociedad y reproducción.

Tomemos algunos ejemplos, como el estatus marital en las TRA, la donación de óvulos, espermatozoides y embriones, o la subrogación. En todos estos casos, las sociedades se expresan a través de leyes o guías que regulan las condiciones en las que estas modalidades habrán de emplearse. En el primer caso, algunas naciones limitan el empleo de estas tecnologías solamente a parejas casadas, como en Egipto, Hong Kong, Irán, Jordania, Corea, Marruecos, Arabia Saudita, Singapur, Taiwán, Túnez y Turquía.⁴⁶ Pero sobre esto no existe un acuerdo unánime, pues hay otro grupo de países en los que está permitido el acceso a

⁴⁶ Los datos que se presentan pueden consultarse en IFFS Surveillance 04, *Fertility and Sterility*, 2004, 81 (5 Suppl. 4).

las TRA en parejas que, aunque no estén casadas, mantienen una relación estable, como ocurre en Alemania, Austria, Francia, Dinamarca, Eslovenia, Hungría, Japón, Italia, Portugal, Suiza, entre otros. Estas regulaciones expresan una tendencia al control que pretende preservar la reproducción al ámbito de la pareja tradicional heterosexual y, en el primer grupo de naciones citado, al precepto de que el único espacio legítimo para la procreación es el matrimonio.

No obstante, existen también sociedades en las que se autoriza el empleo de las TRA en mujeres solas o parejas homosexuales, como en Australia, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Finlandia, Grecia, Israel, Holanda, Reino Unido, Rumania y Sudáfrica. Esto muestra una nueva realidad en la que se rebasa el marco de la pareja tradicional heterosexual para dotar de una base reproductiva, por una parte, a la individualidad, y por otra, a la diversidad sexual, con lo que se modifican las formas de organización familiar. Si vemos estos datos no como una imagen fija, sino en movimiento, encontramos que las modalidades de aparición más reciente son las que reconocen los derechos reproductivos de las familias no tradicionales y que el contrato matrimonial como el único territorio permitido para la procreación va perdiendo terreno.

Otro caso interesante es el de la donación de óvulos y espermatozoides. Se trata de un tema muy sensible a la sociedad, pues involucra la identidad genética entre padres e hijos; pero también porque implica la participación de una tercera persona ajena a la pareja tradicional. La donación de gametos es un hecho frecuente en los protocolos de las tecnologías descritas. Se estima que la donación de óvulos o espermatozoides involucra por lo menos un tercio de los procesos de reproducción asistida en el mundo.⁴⁷

⁴⁷ Las indicaciones incluyen diversas causas de esterilidad masculina y femenina. La inseminación a partir de un donador en los casos de esterilidad del hombre, se debe a la presencia de anomalías severas en el semen, enfermedades genéticas y disfunciones incurables de la eyaculación. En el caso de la donación de óvulos: falla gonadal, respuesta pobre a la estimulación gonadal, oocitos

En nuestro tiempo, la consanguinidad, tan importante históricamente en la estructuración de las sociedades, se ha identificado con la identidad genética, es decir, se ha pasado de la idea de “la misma sangre” a la de “los mismos genes”. En varias naciones se prohíbe el empleo de esperma de donadores, como en Arabia Saudita, Austria, Noruega, Túnez y Turquía. Por su parte, la donación de óvulos no está permitida en por lo menos 14 naciones. La Iglesia católica autoriza sólo el empleo de esperma proveniente del esposo, y en general en los países musulmanes no se practica la donación de óvulos, espermatozoides o embriones. El comportamiento de algunas sociedades es muy semejante en estos casos al tema del adulterio, lo que revela la identidad entre los valores sociales y culturales y la regulación de las tecnologías reproductivas. No obstante, en la actualidad, una mayoría abrumadora de las naciones permite tanto la donación de óvulos como de espermatozoides.

La participación de una tercera persona, rompe la noción de pareja reproductiva. En algunos países el debate se centra no en si se permite el empleo de gametos de donadores, sino si se abre la identidad de los donantes, en función del derecho de los niños nacidos a través de estas técnicas a conocer sus orígenes genéticos,⁴⁸ como en el caso de Suecia, que en 1985 aprobó una ley que permite la disponibilidad de la identidad del donador, con lo que se involucra aún más a un tercero. Como quiera que sea, las TRA modifican el número de participantes en el proceso reproductivo.

Este cambio es aún más claro en el caso de las portadoras de embarazo (madres subrogadas), que se ha conocido popularmente como el “alquiler de úteros”. En este caso participa una tercera persona en la gestación, que innegablemente establece un vínculo biológico en el desarrollo de un nuevo ser. Aquí caben

anormales o enfermedades genéticas: Fasouliotis, S. J. y Schenker, G., “Social aspects in assisted reproduction”, *Hum. Reprod.*, 1999, 5(1): 26-39.

⁴⁸ McWhinnie, A., “Gamete donation and anonymity”, *Hum. Repr.*, 2001, 16(5): 807-817.

dos posibilidades, pues esta tercera persona puede ser únicamente la portadora de un embarazo por la implantación de un embrión creado con las células sexuales de una pareja o, como ocurre en algunos casos de infertilidad, puede ser al mismo tiempo madre genética, si además participan sus óvulos.⁴⁹ Es claro también en este caso que se amplía el número de participantes biológicos en la reproducción. La subrogación está autorizada en varias naciones bajo estrictas regulaciones, es el caso de Australia, Estados Unidos, Grecia, Holanda, Israel y el Reino Unido, y recientemente en la ciudad de México.

Una tecnología que resulta inquietante es la transferencia de citoplasma,⁵⁰ en la que se inyecta al óvulo de la madre una porción del citoplasma del óvulo de una donante, con lo que se crea una modalidad completamente novedosa y sorprendente: la existencia de dos mujeres que aportan material genético al hijo, es decir, dos madres genéticas (se transfiere el ácido desoxirribonucleico mitocondrial de la donante).⁵¹

Además de los cambios en el número de participantes, las TRA modifican el concepto de maternidad, pues hacen posible la existencia de tres tipos diferentes: una maternidad genética, una gestacional —como en el caso de la subrogación— y una maternidad social, representada por las mujeres que no aportan materiales biológicos en estos procesos, pero que participan en el desarrollo ulterior del recién nacido.

⁴⁹ Kleinpeter, C. H. y Hohman, M. M., “Surrogate Motherhood: personality traits and satisfaction with service providers”, *Psychol. Rep.*, 2000, 87(3 Pt 1): 957-970.

⁵⁰ Cohen, J. *et al.*, “Birth of infant after transfer of anucleate donor cytoplasm into recipient eggs”, *Lancet*, 1997, 350: 186 y 187. También en Cohen, J. *et al.*, “Ooplasmic transfer in mature human oocytes”, *Mol. Hum. Reprod.*, 1998, 4(3): 269-280.

⁵¹ Esta tecnología perdió fuerza en los medios científicos y médicos pues implica la modificación genética de células germinales que tiene fuertes implicaciones éticas, pues la composición de genes establecida artificialmente tiene efectos en generaciones subsiguientes, además de que se ha considerado que puede ser una fuente de transmisión de enfermedades genéticas.

Los avances científicos y tecnológicos modifican radicalmente las formas de asociación reproductiva en la especie humana. Las TRA ensanchan las opciones reproductivas en personas infértiles y hacen posible la procreación en el seno de familias no tradicionales, cambian también el número de participantes biológicos y conceptos centrales como la consanguinidad y la maternidad. Las sociedades reaccionan de maneras diversas ante esta nueva realidad reproductiva y existe un gran debate en torno a ella, pero en el mundo hay ya los espacios para su desarrollo, a través de leyes y diversas regulaciones. La pregunta que surge es que si aceptamos que la sexualidad y la reproducción están en la base de la estructuración de las sociedades, como lo muestran diversos estudios,⁵² ¿es posible que estas modificaciones puedan conducir a cambios en las formas de organización social?

AGRADECIMIENTOS: Este artículo ha contado con el apoyo del Proyecto de Investigación FFI2009 del Ministerio Español de Ciencia e Innovación para Javier Flores.

⁵² Bronislaw Malinowsky, *La vida sexual de los salvajes del noreste de la Melanesia*, Madrid, Morata, 1975. También, Levi-Strauss, Claude, *Las estructuras elementales del parentesco*, Barcelona, Planeta, 1985.