

**MATERNIDAD SUBROGADA, INTELIGENCIA ARTIFICIAL,
ALGORITMOS Y SELECCIÓN DE EMBRIONES***

***SURROGATE MOTHERHOOD, ARTIFICIAL INTELLIGENCE,
ALGORITHMS AND EMBRYO SELECTION***

Rev. Boliv. de Derecho N° 35, enero 2023, ISSN: 2070-8157, pp. 414-437

* Trabajo realizado en el marco del Proyecto I+D+i «Retos investigación» del Programa estatal de I+D+i orientado a los Retos de la Sociedad del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades RTI2018-097354-B-I00 (2019-2022) y Proyecto de I+D+i Retos MICINN (PID2019-108710RB-I00, 2020-2022), y Grupo de Investigación de Excelencia Generalitat Valenciana "Algorithmical Law" (Proyecto Prometeu 2021/009, 2021-2024).



Francisca
RAMÓN
FERNÁNDEZ

ARTÍCULO RECIBIDO: 1 de septiembre de 2022

ARTÍCULO APROBADO: 15 de diciembre de 2022

RESUMEN: En este estudio se analiza la aplicación de la inteligencia artificial en relación con la reproducción asistida. Por un lado, se analiza la implicación en el caso de la maternidad subrogada; y, por otro lado, en el supuesto de la selección de embriones. La falta de una regulación específica de la inteligencia artificial, la aplicación de sistemas de “trazabilidad electrónica”, así como la detección de enfermedades y alteraciones mediante los algoritmos suponen un reto para el Derecho que tiene que dar respuesta a todas estas cuestiones.

PALABRAS CLAVE: Maternidad subrogada; inteligencia artificial; selección de embriones; algoritmos; trazabilidad electrónica.

ABSTRACT: *This study analyzes the application of artificial intelligence in relation to assisted reproduction. On the one hand, the implication in the case of surrogate motherhood is analyzed; and on the other hand, in the case of embryo selection. The lack of a specific regulation of artificial intelligence, the application of “electronic traceability” systems, as well as the detection of diseases and alterations through algorithms pose a challenge for the Law that has to answer all these questions.*

KEY WORDS: *Surrogate motherhood; artificial intelligence; embryo selection; algorithms; electronic traceability.*

SUMARIO.- I. INTRODUCCIÓN.- II. LA APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL A LA MATERNIDAD SUBROGADA.- 1. La mujer como paciente gestante y su mejor control a través de la inteligencia artificial.- 2. Los robots como madres subrogadas: realidad o ficción.- III. INTELIGENCIA ARTIFICIAL, ALGORITMOS Y SELECCIÓN DE EMBRIONES.- I. El incremento de la tasa de éxito de embriones seleccionados por inteligencia artificial.- 2. La “trazabilidad electrónica”: más allá de la trazabilidad humana.- 3. El robot como creador de embriones.- IV. CONCLUSIONES.

I. INTRODUCCIÓN.

Cuando nos referimos a la inteligencia artificial podemos contextualizarlas en diversos ámbitos, uno de ellos es el ámbito médico¹. La informatización de la salud, a través de instrumentos y medidas tecnológicas es una realidad. Se habla, incluso, de salud electrónica². Precisamente, la maternidad subrogada precisa de un acto médico, mediante la implantación de un óvulo fecundado en el útero de la mujer que va a gestar. Puede realizarse mediante donación de ese óvulo (la forma habitual) y la donación de esperma que puede ser del miembro masculino de la pareja o de un donante anónimo.

En el ámbito de la maternidad subrogada consideramos que la aplicación de la inteligencia artificial puede realizarse mediante diversas formas: la utilización de un algoritmo para seleccionar a la mujer subrogada, futura gestante; la utilización de un algoritmo para la selección de los embriones que tengan más posibilidades de éxito; y la utilización de un algoritmo para el seguimiento del embarazo de la mujer que ha aceptado la maternidad subrogada.

Ello también se relaciona con los datos médicos, datos especialmente protegidos por la normativa de protección de datos, y plantearía distintas cuestiones de índole legal y ético de hasta qué límites se podría utilizar un algoritmo para la selección de los embriones. Ello podría dar lugar a sesgos discriminatorios y a realizar una selección más allá de lo autorizada por la legislación, ya que no se podría admitir la utilización de algoritmos para lograr “superembriones”. También la doctrina habla de la denominada “trazabilidad electrónica”, y del mismo modo, la utilización de la inteligencia artificial y los algoritmos para la selección de madres subrogadas que pudieran tener una mayor posibilidad de éxito para la gestación de los embriones.

1 Véase sobre ello: BOHR, A. y MEMARZADEH, K.: *Inteligencia artificial en el ámbito de la salud*, Elsevier, 2021.

2 NAVAS NAVARRO, S.: “Salud electrónica e inteligencia artificial”, en *Salud e inteligencia artificial desde el Derecho privado: con especial atención a la pandemia por SARS-CoV-2 (covid-19)*, Comares, Granada, 2021, pp. 1-50.

• **Francisca Ramón Fernández**

Profesora Titular de Derecho civil de la Universitat Politècnica de València. Licenciada y Doctora en Derecho por la Universitat de València. Es autora de diversas monografías, artículos y capítulos de libro especializados. Ha sido reconocida su investigación con la obtención de diversos premios de investigación. Su producción científica se puede consultar en: <http://www.upv.es/ficha-personal/frarafer>. Correo electrónico: frarafer@urb.upv.es.

Los principales objetivos a desarrollar serán los siguientes:

- a) Determinar cómo puede afectar la inteligencia artificial en el caso de la maternidad subrogada;
- b) Establecer qué límites deben contemplarse en la selección de embriones mediante la utilización de la inteligencia artificial;
- c) Indicar si, en los casos de los países en que se admite la maternidad subrogada, la inteligencia artificial puede mejorar la situación de la madre subrogada y el/la futuro/a bebé.

La metodología que vamos a utilizar en este trabajo es la habitual en los estudios de tipo jurídico, con un análisis de la doctrina más reciente que se ha pronunciado al respecto, así como la legislación que se considera aplicable.

II. LA APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL A LA MATERNIDAD SUBROGADA.

La regulación de la inteligencia artificial a nivel comunitario no se ha consolidado todavía. La Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (Ley de Inteligencia Artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la Unión [COM (2021) 206 final 2021/0106 (COD)]³ indica que algunos sistemas de inteligencia artificial plantean un “alto riesgo” para la salud o los derechos fundamentales de los sujetos. Deberán cumplir una serie de requisitos de carácter obligatorio que garanticen su fiabilidad y ser sometidos a procedimientos evaluativos. Es preciso, además, establecer normas comunes para todos los sistemas de inteligencia artificial de “alto riesgo”, con la finalidad de protección de los intereses públicos respecto a la salud y los derechos fundamentales. Las normas que se establezcan deben estar en sintonía con la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea (2000/C 364/01)⁴, y no ser discriminatorias.

La Propuesta normativa referida indica, además, que “en el ámbito de la salud, el espacio europeo de datos sanitarios facilitará el acceso no discriminatorio a datos sanitarios y el entrenamiento, a partir de esos conjuntos de datos, de algoritmos de inteligencia artificial de una manera segura, oportuna, transparente y fiable que respete la privacidad, y contando con la debida gobernanza institucional”.

3 Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e0649735-a372-11eb-9585-01aa75e-d71a1.0008.02/DOC_1&format=PDF (Consultado el 14 de enero de 2022).

4 DOUE C 364/1, de 18 de diciembre de 2000. Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text_es.pdf (Consultado el 14 de enero de 2022).

Los sistemas de inteligencia artificial, en este caso, aplicados a la reproducción asistida pueden tener efectos sobre la salud y la seguridad, ya que funcionan como componentes de productos (herramientas de diagnóstico, o bien instrumentos de selección de embriones a través de algoritmos, entre otros). Se complementa la decisión del especialista con el resultado que arroja el sistema de inteligencia artificial y ello puede poner en riesgo la vida y la salud de la paciente, por lo que es preciso que el diseño de estos elementos sea fiable y preciso. Cada vez nos encontramos con instrumentos y herramientas más sofisticadas, incluyendo los robots que pueden realizar intervenciones con mayor precisión, pero también ello supone un riesgo que no podemos olvidar en el caso de error producido por la propia máquina. No olvidemos que las máquinas no son infalibles y puede cometer un error; de ahí el tener en cuenta la responsabilidad por daños.

En este caso hay que atender a lo indicado en la Resolución del Parlamento Europeo, de 16 de febrero de 2017, con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica [(2015/2103(INL)]⁵, al indicar la “necesidad de definir los requisitos profesionales mínimos que deberá cumplir un cirujano para operar y estar autorizado a utilizar robots quirúrgicos; considera fundamental que se respete el principio de autonomía supervisada de los robots, en virtud del cual la programación inicial de los cuidados y la elección final sobre la ejecución pertenecen en todo caso al ámbito de decisión de un cirujano humano; subraya la especial importancia que reviste la formación de los usuarios para que puedan familiarizarse con los requisitos tecnológicos en este ámbito; llama la atención acerca de la creciente tendencia al autodiagnóstico mediante el uso de robots móviles y, por consiguiente, de la necesidad de formar a los médicos para que puedan tratar los casos de autodiagnóstico; considera que la utilización de estas tecnologías no debería disminuir ni perjudicar la relación entre médico y paciente, sino proporcionar al médico una asistencia para el diagnóstico y/o el tratamiento de los paciente, con el fin de reducir el riesgo de error humano y aumentar la calidad y la esperanza de vida”.

Así como la posibilidad de crear una personalidad electrónica: “crear a largo plazo una personalidad jurídica específica para los robots, de forma que como mínimo los robots autónomos más complejos puedan ser considerados personas electrónicas responsables de reparar los daños que puedan causar, y posiblemente aplicar la personalidad electrónica a aquellos supuestos en los que los robots tomen decisiones autónomas inteligentes o interactúen con terceros de forma independiente”.

5 Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051_ES.pdf (Consultado el 14 de enero de 2022). Véase sobre ello: RAMÓN FERNÁNDEZ, F.: “Robótica, inteligencia artificial y seguridad: ¿Cómo encajar la responsabilidad civil?”, *Diario La Ley*, núm. 9365, 2019, pp. 1-13.

La Resolución del Parlamento Europeo, de 20 de octubre de 2020, con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre un régimen de responsabilidad civil en materia de inteligencia artificial [2020/2014 (INL)]⁶ indica que se aplica a los “casos en que una actividad física o virtual, un dispositivo o un proceso gobernado por un sistema de IA haya causado daños o perjuicios a la vida, la salud, la integridad física de una persona física y los bienes de una persona física o jurídica, o bien haya causado daños morales considerables que den lugar a una pérdida económica comprobable”.

Por sistema de inteligencia artificial entiende aquél “basado en programas informáticos o incorporado en dispositivos físicos que muestra un comportamiento que simula la inteligencia, entre otras cosas, mediante la recopilación y el tratamiento de datos, el análisis y la interpretación de su entorno y la actuación, con cierto grado de autonomía, para lograr objetivos específicos”.

La Carta de Derechos Digitales del Gobierno de España⁷, de 2021, en su apartado XXIII referente al “Derecho a la protección de la salud en el entorno digital” indica que “El empleo de sistemas digitales de asistencia al diagnóstico, y en particular de procesos basados en inteligencia artificial no limitará el derecho al libre criterio clínico del personal sanitario”, y que “Los entornos digitales de salud garantizarán, conforme a la legislación sectorial, la autonomía del paciente, la seguridad de la información, la transparencia sobre el uso de algoritmos, la accesibilidad y el pleno respeto de los derechos fundamentales del paciente y en particular su derecho a ser informado o renunciar a la información y a consentir en el tratamiento de sus datos personales con fines de investigación y en la cesión a terceros de tales datos cuando tal consentimiento sea requerido”.

En cuanto al apartado XXV “Derechos ante la inteligencia artificial”, se centra en la utilización de la misma, de tal forma que “deberá asegurar un enfoque centrado en la persona y su inalienable dignidad”, “perseguirá el bien común y asegurará cumplir con el principio de no maleficencia”.

Respecto a una decisión automatizada y el diagnóstico, se establece que “Las personas tienen derecho a solicitar una supervisión e intervención humana y a impugnar las decisiones automatizadas tomadas por sistemas de inteligencia artificial que produzcan efectos en su esfera personal y patrimonial”.

6 Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0276_ES.pdf (Consultado el 16 de enero de 2022).

7 GOBIERNO DE ESPAÑA: Carta de Derechos Digitales del Gobierno de España, 2021. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/140721-Carta_Derechos_Digitales_RedEs.pdf (Consultado el 14 de enero de 2022).

En sede de reproducción asistida, precisamente la determinación de la filiación⁸ es uno de los problemas que se plantea, de los que no está exento la maternidad subrogada. La actual Ley 14/2006, de 26 de mayo, sobre técnicas de reproducción humana asistida⁹, en su art. 10, referente a la gestación por sustitución determina la nulidad de pleno derecho del contrato por el que se convenga la gestación, tanto de forma onerosa como de forma gratuita a cargo de una mujer que renuncia a la filiación materna ya sea a favor de la parte contractual o de una tercera persona¹⁰. También la anterior Ley 35/1988, de 22 de noviembre, sobre técnicas de reproducción asistida¹¹ (ya derogada) se expresaba en los mismos términos. Ello no es óbice de que la maternidad subrogada esté admitida en otros países y que se realice dicha práctica, así como que se pueda utilizar la inteligencia artificial. Es por ello que vamos a analizar de dicha aplicación y sus consecuencias.

I. La mujer como paciente gestante y su mejor control a través de la inteligencia artificial.

La aplicación de la inteligencia artificial en el ámbito de la ginecología y la obstetricia puede realizarse a través de varias acciones, por ejemplo, el seguimiento del embarazo de la mujer gestante (ya sea maternidad subrogada o en cualquier otro caso) determina que la relación entre la paciente y el médico¹² se vea complementado por la aparición de instrumentos o recursos técnicos para mejorar y atender de una forma más eficiente los riesgos: por ejemplo, aplicaciones informáticas¹³ que midan las constantes de la mujer, o bien que pueda tener una atención informatizada de las distintas etapas del embarazo.

- 8 Cfr. GERALDES FALÇAO, M. F.: *Las técnicas de reproducción asistida: especial consideración por la maternidad por sustitución en el contexto ibérico*, Universidad de Salamanca, Salamanca, 2013. Disponible en: https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/122968/DP_Geraldesmarta_tecnicasreproduccionasistida.pdf?sequence=1&isAllowed=y (consultado el 16 de enero de 2021); DE VERDA Y BEAMONTE, J. R.: “La filiación derivada de las técnicas de reproducción asistida (un análisis crítico de la experiencia jurídica española, treinta años después de la aprobación de la primera regulación legal sobre la materia)”, *Diritto delle successioni e della familia*, vol. 4, núm. 1, 2018, pp. 301-340; DE VERDA Y BEAMONTE, J. R.: “La filiación derivada de las técnicas de reproducción asistida en España”, *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, núm. 8, 2018, pp. 11-31. Disponible en: <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/67232/11-31.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consultado el 17 de enero de 2022).
- 9 BOE núm. 126, de 27 de mayo de 2006.
- 10 Véase: RAMÓN FERNÁNDEZ, F.: “La protección del menor en los casos de gestación por sustitución: análisis de diversos supuestos prácticos”, *Reinad. Revista sobre la infancia y la adolescencia*, núm. 6, 2014, pp. 38-50. Disponible en: <http://polipapers.upv.es/index.php/reinad/article/view/1664/2488> (consultado el 13 de enero de 2022). El nuevo Código Deontológico recoge que la maternidad subrogada va en contra de la identidad de la mujer: MÉDICOS Y PACIENTES: “La actualización del Código Deontológico recoge que la gestación por sustitución atenta contra la dignidad de la mujer”, 2019. Disponible en: <http://www.medicosypacientes.com/articulo/la-actualizacion-del-codigo-deontologico-recoge-que-la-gestacion-por-sustitucion-atenta> (consultado el 15 de enero de 2021).
- 11 BOE núm. 282, de 24 de noviembre de 1988.
- 12 RAMÓN FERNÁNDEZ, F.: “Inteligencia artificial en la relación médico-paciente: Algunas cuestiones y propuestas de mejora”, *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, vol. 10, núm. 1, 2021, pp. 329-351. Disponible en: <https://rcht.uchile.cl/index.php/RCHDT/article/view/60931> (consultado el 13 de enero de 2022).
- 13 RAMÓN FERNÁNDEZ, F.: “La protección de datos en las aplicaciones móviles de diagnóstico de enfermedades genéticas. Un estudio jurídico”, *Revista métodos de información*, vol. 8, núm. 14, 2017, pp. 5-25. Disponible en:

En los países en los que se admite la maternidad subrogada, el control a través de inteligencia artificial puede producir efectos beneficiosos tanto en la gestante como en el futuro bebé.

Así, por ejemplo, puede detectarse defectos de nacimiento (defectos congénitos o la macrosomía), diabetes gestacional o parto pretérmino¹⁴. También puede ser utilizada la inteligencia artificial para el control de la salud mental de la gestante. Se trata de establecer una monitorización de la salud de la mujer y también una mejora en la prestación de servicios sanitarios, no solo a nivel individual, sino también de la comunidad.

En el caso de la salud mental de la gestante, resulta de especial interés en el caso de la gestación por sustitución o vientre de alquiler, ya que la mujer se expone a situaciones que pueden generar un mayor estrés y ansiedad por la situación en la que se encuentra. Puede tener episodios de ansiedad, miedo, preocupación o depresión. La inteligencia artificial puede detectar a través de los algoritmos y basándose en una interacción emocional con la mujer cambios de conducta y ofrecer pautas o recomendaciones a seguir en dicho caso. Ello resulta de crucial importancia, ya que el estado emocional de la mujer puede influir en la aparición de patologías de la gestación, y la inteligencia artificial podría ayudar a paliar las mismas.

Además, supone una herramienta de gran utilidad para establecer una valoración. A través de sensores que midan la respuesta de la gestante ante determinados estímulos, mediante una respuesta facial, movimientos oculares, gestos del cuerpo e incluso modulación de la voz se pueden detectar los estados de alteración durante la gestación.

La robótica es capaz de interpretar las emociones del ser humano¹⁵, mediante los algoritmos programados para ello, y también el estado de ánimo, mediante el cómputo de variables como puede ser el ritmo cardiaco o respiratorio de tal forma que revele la situación de estrés o angustia a la que se pueda ver sometida la gestante.

<http://www.metodosdeinformacion.es/mei/index.php/mei/article/view/IIMEI8-N14-005025/940> (consultado el 13 de enero de 2022).

- 14 LOSADA, T.: "La Inteligencia Artificial en el embarazo permite diagnosticar antes defectos de nacimiento y enfermedades en el bebé, así como mejorar el estado de salud de las embarazadas. La IA ayuda a diagnosticar antes defectos de nacimiento, diabetes gestacional y parto pretérmino", CSC, s/f. Disponible en: <https://www.criarconsentidocomun.com/inteligencia-artificial-en-el-embarazo/> (consultado el 17 de noviembre de 2021).
- 15 KHAN A. N., IHALAGE A. A., MA, Y., LIU, B., LIU, Y. y HAO, Y.: "Deep learning framework for subject-independent emotion detection using wireless signals", *PLoS ONE*, vol. 16, núm. 2, 2021, pp. 1-16. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0242946> (consultado el 15 de enero de 2022).

2. Los robots como madres subrogadas: realidad o ficción.

Una hipótesis de futuro podría plantearse en el caso de que un robot pudiera gestar a un ser humano. La idea no es tan descabellada cuando se habla de la existencia de úteros externos para completar la gestación de prematuros, o incluso el proyecto de prototipo de incubadora. Al margen de ello, en el caso de que en un futuro un robot pudiera gestar se ha planteado si ello puede generar problemas éticos. Ello se planteó a raíz de una información aparecida en los medios de comunicación en que un robot, Sophia, tenía “deseos maternales”¹⁶. Hay que tener en cuenta que el robot puede haber sido programado para indicar dichos deseos, y yendo más allá de si puede tener pensamiento autónomo y capacidad de decisión. En el caso de la inteligencia artificial a través del aprendizaje profundo o *Deep learning* se simula el comportamiento del ser humano, en este caso, el comportamiento de la mujer de desear tener descendencia. Pero no deja de ser una simulación, un aprendizaje adquirido por el robot con dicha finalidad e intención. Si no se hubiera programado con esas características, la máquina no tiene capacidad autónoma para la expresión de deseos.

Desde el punto de vista ético y filosófico la maternidad va más allá de la descendencia, porque sí que actualmente existen robots que pueden construir otros robots, y se podría entender como la reproducción del robot en sí. Pero no es cierto que la maternidad, la paternidad, el deseo de tener descendencia es un deseo humano que va más allá de la reproducción de la especie, hay una motivación personal y un deseo íntimo de concebir a ese hijo o hija. En el caso de los robots eso no existe, no hay ni motivación, ni deseo íntimo, pero sí que hay una simulación del comportamiento humano, pero no lo equipara porque no se pueden establecer equivalencias en los sentimientos que es propio del ser humano y los animales, pero no de la robótica.

Sobre esta idea de la teoría de la evolución humana que no es aplicable a la robótica, ya que el robot no va a evolucionar, sino que se crea y programa con una finalidad específica, para solucionar un problema o facilitar un aprendizaje concreto, nos encontramos también la existencia de los algoritmos, y la necesidad de su transparencia. La humanización de los robots es un acto peligroso, y de ahí la necesidad de que el algoritmo sea transparente, y que se sepa qué hace el robot, e impedir que tome una decisión por sí mismo, y que esa decisión siempre precise la intervención de un ser humano.

16 Nius: “La robot Sophia quiere ser madre: ¿Sueñan los androides con bebés eléctricos?”, 2021. Disponible en: https://www.niusdiario.es/ciencia-y-tecnologia/tecnologia/robot-sophia-dice-quiere-ser-madre-experto-asegura-no-hay-problemas-eticos-simulacion-inteligencia-artificial_18_3219571339.html (consultado el 15 de enero de 2022).

En el caso del robot mencionado, Sophia, deben establecerse los límites de su “deseo”, y que precisamente ese deseo de maternidad le facilite la toma de decisiones para la que ha sido programada, interactuando de una forma más empática con el ser humano, pero en ningún caso ese deseo maternal se asemeja al humano en el sentido de optar a una “maternidad robótica”.

Otra cuestión que también se ha planteado es la creación de incubadoras artificiales y úteros externos¹⁷, aunque en este último caso se trata de un proyecto artístico, para la gestación de una persona. Este robot se entendería como un instrumento para la gestación mediante la intervención de la electrónica y que también ha sido objeto de discusión doctrinal sobre su función.

III. INTELIGENCIA ARTIFICIAL, ALGORITMOS Y SELECCIÓN DE EMBRIONES.

Uno de los problemas que plantea la inteligencia artificial es la sustituibilidad de los sujetos. Es decir, considerar si acciones y actividades desempeñadas por seres humanos van a realizarlas en el futuro las máquinas. Máquinas que serán programadas por humanos, pero desempeñarán las tareas, prescindiendo de ellos. Pero no solo en lo que se refiere a tareas mecánicas, y rutinarias, sino también las que necesiten “intuición” y un sentido personal¹⁸.

Así, la doctrina ha puesto de manifiesto el estado del arte de la aplicación de la inteligencia artificial a la reproducción asistida¹⁹ distinguiendo las aportaciones de SAITH proponiendo un modelo de minería de datos que se basaba en árboles de decisión para investigar la relación entre los embriones, los ovocitos y folículos en la predicción del éxito del tratamiento²⁰, JURISICA que establecían un sistema inteligente que se basaba en el razonamiento de casos para decidir los tratamiento

17 BASTIDA, A.: “Crean un útero artificial para los grandes prematuros (pero la madre sigue siendo lo primero), *Bebés y más*, s.f. Disponible en: <https://www.bebesymas.com/embarazo/crean-un-utero-artificial-para-ayudar-a-los-grandes-prematuros-que-ya-funciona-con-ovejas> (consultado el 15 de enero de 2022); JUSTO, D. “Un prototipo de incubadora para gestar a tu hijo en el salón de tu casa. El prototipo se basa en los úteros artificiales para bebés prematuros extremos”, *Cadena Ser*, 2017. Disponible en: https://cadenaser.com/ser/2017/07/07/ciencia/1499428228_972907.html (consultado el 15 de enero de 2022); ROVATI, L. “Parturient, un útero externo capaz de gestar un bebé en el salón de tu casa”, *Bebés y más*, s.f. Disponible en: <https://www.bebesymas.com/embarazo/parturient-un-utero-externo-capaz-de-gestar-un-bebe-en-el-salon-de-tu-casa> (Consultado el 15 de enero de 2022).

18 CALLEJAS ARREGUIN, N. A.: “Maternidad subrogada en el mundo globalizado: Lo que toda gestante sustituta en México debe saber”, *Revista legislativa de estudios sociales y de opinión pública*, vol. 14, núm. 30, 2021, p. 207. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7992838> (consultado el 13 de enero de 2022).

19 MORALES VEGA, D. A.: *Clasificadores bayesianos en la selección embrionaria en tratamientos de reproducción asistida*. Universidad del País Vasco, San Sebastián, 2008, pp. 50 y ss. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=O5c1AcaiN%2FM%3D> (consultado el 15 de enero de 2021).

20 SAITH, R., SRINIVASAN, A., MICHIE, D., y SARGENT, I.: “Relationships between the developmental potential of human in-vitro fertilization embryos and features describing the embryo, oocyte and follicle”, *Human Reproduction Update*, vol. 4, núm. 2, 1998, pp. 121–134. Disponible en: <https://acortar.link/OEsAr9> (consultado el 15 de enero de 2022).

de reproducción²¹, TRIMARCHI que proponía un sistema basado en la minería de datos, en el algoritmo C5.0 para la inducción de árboles de clasificación²², PATRIZI con un algoritmo de reconocimiento de patrones para la selección de embriones a partir de las imágenes²³, MANNA que establece una comparación de la precisión algorítmica con la tarea de reconocimiento de expertos y proponiendo la adaptación de las redes Bayesianas para realizar la predicción de los embriones más viables para ser transferidos en los tratamientos y predecir el éxito del mismo²⁴.

I. El incremento de la tasa de éxito de embriones seleccionados por inteligencia artificial.

Uno de los efectos de la utilización de la inteligencia artificial y los algoritmos en el ámbito de la reproducción asistida y también en el caso de la maternidad subrogada (en los supuestos de implantación de embriones en la madre gestante) es la posibilidad de incrementar la tasa de éxito del embrión seleccionado²⁵. No podemos olvidar que cuando hablamos de embriones estamos hablando de la vida, y hay que tener en cuenta los derechos fundamentales que se aplican, además de los datos especialmente protegidos, datos sensibles, como son los datos médicos y los datos genéticos²⁶.

Precisamente esta cuestión ha generado alguna controversia y ante la falta de consentimiento, la negativa a la prestación del mismo o la falta de colaboración de la entidad que gestiona los datos, algunos autores han propuesto²⁷ la

- 21 JURISICA, I., MYLOPOULOS, J., GLASGOW, J., SHAPIRO, H. y CASPER, R.: "Case-based reasoning in IVF: Prediction and knowledge mining", *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 12, núm. 1, 1998, pp. 1–24.
- 22 TRIMARCHI, J.R., GOODSIDE, J., PASSMORE, L., SILBERSTEIN, T., HAMEL, L. y GONZALEZ, L.: "Comparing data mining and logistic regression for predicting IVF outcome", *Fertility and Sterility*, vol. 80, núm. 3, 2003, p. 100. Disponible en: <https://www.fertstert.org/action/showPdf?pii=S0015-0282%2803%2902065-X> (consultado el 16 de enero de 2022).
- 23 PATRIZI, G., MANNA, C., MOSCATELLI, C. y NIEDDU, L.: "Pattern recognition methods in human-assisted reproduction", *International Transactions in Operational Research*, vol. 11, núm. 4, 2004, pp. 365–379.
- 24 MANNA, C., PATRIZI, G., RAHMAN, A., y SALLAM, H.: "Experimental results on the recognition of embryos in human assisted reproduction", *Reproductive BioMedicine Online*, vol. 8, núm. 4, 2004, pp. 460–469. Disponible en: <https://www.rbmojournal.com/action/showPdf?pii=S1472-6483%2810%2960931-5> (consultado el 16 de enero de 2022).
- 25 ACTA SANITARIA: "El Big Data podría incrementar las tasas de éxito de los laboratorios de reproducción asistida", 2018. Disponible en: <https://www.actasanitaria.com/el-big-data-podria-incrementar-las-tasas-de-exito-de-laboratorios-de-reproduccion-asistida/> (Consultado el 17 de noviembre de 2021). Véase también: PAOLELLI, S.: *Impacto de una nueva metodología de análisis de biomarcadores de imagen ecográfica en ciclos sustituidos sobre la tasa de éxito en donación de óvulos*, Universitat de València, Valencia, 2019.
- 26 Más ampliamente: MORENO MARTÍNEZ, J. A.: "Titularidad de datos genéticos e intereses legítimos de terceros y sus incidencias por la aplicación de las tecnologías Big Data e inteligencia artificial: su traslación a la medicina reproductiva", en *El derecho civil ante los nuevos retos planteados por las técnicas de reproducción asistida*, Dykinson, Madrid, 2021, pp. 243-276.
- 27 MELÉNDEZ, F. y GONZÁLEZ, S.: "Ninguno de estos embriones existe en la vida real. Generando imágenes de embriones con Inteligencia Artificial", *Revista Iberoamericana De Fertilidad Y Reproducción Humana*, 2021, vol. 38, núm. 3, pp. 1-6. Disponible en: <https://www.revistafertilidad.com/index.php/rif/article/view/38> (Consultado el 17 de enero de 2022). Estos autores indica que: "incluso una vez conseguidos los datos, en el caso de aprendizaje supervisado, se necesita conocimiento experto para etiquetar los datos de entrenamiento. Imaginemos que tenemos un algoritmo para clasificar el estado y la morfología de un embrión a partir de imágenes de una incubadora. Una colección de imágenes para un entrenamiento de

generación artificial, así como el etiquetado automático para crear bases de datos de entrenamiento de algoritmos de aprendizaje automática. Con una cantidad pequeña de datos se generan una cantidad ilimitada de los mismos. De esta forma presentan una prueba de concepto donde se generan imágenes de embriones utilizando un algoritmo generativo. Este grupo de investigación se ha basado en la experiencia previa de generación de imágenes artificiales de rostros para entrenamiento de los algoritmos de análisis facial de *Fenomatch*. Con ello obtienen un modelo capaz de generar imágenes fotorrealistas de embriones similares a las capturadas por las cámaras de las incubadoras. Estas imágenes ficticias generadas por inteligencia artificial sirven para entregar algoritmos de reconocimiento, clasificación o detección de elementos del embrión.

Esta selección puede venir determinada por la aplicación de algoritmos que establezcan cuál de todos los embriones tiene un mejor pronóstico y va a llegar a buen término. Además de los problemas éticos que ello conlleva, y también los casos en que se pueda utilizar este sistema para el caso del diagnóstico genético preimplantacional²⁸, tal y como establece la legislación en materia de reproducción asistida mencionada anteriormente.

Sin embargo, ello supone una automatización de los laboratorios, que tendrá como efecto positivo una reducción de la variabilidad del procedimiento y del error.

Los tratamientos de fertilidad, así como las técnicas de reproducción que se utilizan contienen numerosos datos y los mismos pueden determinar un enfoque hacia la obtención de mejores resultados, pero para ello se necesita el cálculo de probabilidades y las opciones a través de la utilización de un algoritmo. Ello permitirá a los facultativos (médicos, embriólogos, genetistas) disponer de un instrumento para la toma de decisiones, personalizando el tratamiento y evitando la posibilidad de error o fallo en el desarrollo de las técnicas que siempre suponen un coste económico y emocional muy alto para la paciente.

También la inteligencia artificial posibilita que se pueda hacer un seguimiento a domicilio de los resultados de las técnicas, observando las posibilidades de éxito y evitando desplazamientos a la paciente, además de incrementar su confort y

tamaño mediano puede oscilar entre 5000 y 10000 imágenes, las cuales han de ser previamente clasificadas y etiquetadas en su correcto estadio y morfología por un embriólogo. Este trabajo es arduo y puede requerir el desarrollo de herramientas software específicas”.

28 MOYA GONZÁLEZ, M. y RAMÓN FERNÁNDEZ, F.: “El diagnóstico genético preimplantacional: aspectos jurídicos en el derecho español”, *Revista de Derecho Privado de Colombia*, núm. 34, 2018, pp. 81-121. Disponible en: <http://revistas.uexnadorno.edu.co/index.php/derpri/article/view/5261/6380> (Consultado el 13 de enero de 2022); Ramón Fernández, F.: “Del hermano medicamento o salvador a la terapia génica: cuestiones legales respecto a la situación del menor ante los nuevos avances biomédicos», *Revista de Derecho, Empresa y Sociedad (REDS)*, núm. 14, 2019, pp. 69-100. Disponible en: <https://www.dykinson.com/revistas/revista-de-derecho-empresa-y-sociedad/1160/> (consultado el 14 de enero de 2022).

seguridad. Ello se consigue a través de dispositivos interconectados entre la clínica y la paciente que procuran también la satisfacción y la confianza en un seguimiento personalizado y adaptado a las necesidades de la paciente. La monitorización mediante la inteligencia artificial resulta de especial utilidad en estos casos (además de otros en el ámbito médico, ya que no podemos olvidar el caso de pacientes con patologías cardíacas, mediante la implantación de marcapasos, o diabéticos²⁹, a través de la bomba de insulina, que también estos dispositivos les permite realizar una vida normal).

Respecto a los embriones el objetivo es la utilización de la inteligencia artificial con la finalidad de que el proceso se homogenice y sea automatizado, de tal forma que se pueda reproducir con éxito, y lograr el nacimiento de bebés sanos. La tecnología en ese sentido puede resultar útil y facilitar todo el procedimiento.

Uno de los casos que podemos mencionar de aplicación de la inteligencia artificial en la fecundación in vitro (FIV) es el caso expuesto por Lafferriere³⁰ respecto a la empresa Harrison.ai³¹ que forma alianza con *Virtus Health Limited*³² que desarrolla el sistema de aprendizaje virtual denominado *Deep learning model* con el nombre de "IVY" que se basa en el análisis de vídeos sobre la incubación del embrión, y que incrementaría la tasa de éxito en la técnica de fecundación in vitro, alcanzándose en un 93%, cifra muy superior a la habitual que estaría en torno al 65%.

De esta forma a través de la inteligencia artificial se someten a estudio los distintos embriones para valorar su crecimiento a lo largo de cinco días y observar cuál de ellos ha desarrollado un corazón fetal, mediante un estudio de las distintas imágenes, y los patrones de desarrollo de los mismos, y a través de un sistema de puntuación, el que obtenga la más alta se considera potencialmente el que puede desarrollar un feto viable, y ser transferido a la paciente³³.

Se sostiene la técnica en el análisis de vídeos en los que se muestra la evolución del embrión. De ahí se va comparando la información obtenida, siguiendo los patrones que se muestran sobre el desarrollo embrionario.

29 VILLAPLANA GARCÍA, M.: *Sistemas inteligentes y de educación para el control de la diabetes gestacional*, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2020. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=QjpxiUG62VM%3D> (consultado el 15 de enero de 2022).

30 LAFFERRIERE, J. N.: "Inteligencia artificial y selección de embriones ("embryo scoring")", 2020. Disponible en: <https://centrodebioetica.org/inteligencia-artificial-y-seleccion-de-embriones-embryo-scoring/> (consultado el 17 de noviembre de 2021).

31 HARRISON.AI. Disponible en: <https://harrison.ai/> (consultado el 15 de enero de 2022).

32 VIRTUS HEALTH. Disponible en: <https://www.virtushealth.com.au/> (consultado el 15 de enero de 2022).

33 IVFAUSTRALIA. A MEMBER OF VIRTUS HEALTH: "Artificial Intelligence in IVF". Disponible en: <https://www.ivf.com.au/success-rates/our-laboratories/ivy-artificial-intelligence-in-ivf> (consultado el 16 de enero de 2022).

Esta técnica no está exenta de polémica al ser una técnica extracorpórea, y realizar una selección de embriones para alcanzar el éxito en la posterior implantación. Se suelen fecundar más óvulos que los que luego se van a transferir y se realiza un diagnóstico genético preimplantacional para seleccionar los más viables. La técnica mencionada anteriormente se basa en el procedimiento denominado *embryo scoring*³⁴. La crítica a estas técnicas radica en la consideración de cosificación del ser humano y la afición al derecho a la vida y a la no discriminación. Es ineludible recordar en este caso el argumento de la película *Gattaca* respecto de los sujetos aptos y no aptos a raíz de la selección genética³⁵.

Por tanto, la inteligencia artificial no tiene una utilización ilimitada en el caso de la selección de embriones, sino que tiene como límite los derechos fundamentales de la persona recogidos en la Constitución española, así como en los textos internacionales aplicables³⁶.

Si bien es cierto que se podrá aplicar para la prevención de enfermedades³⁷, detección de síntomas, definición de un mejor criterio terapéutico pero también observando la inviolabilidad de la persona humana.

También la inteligencia artificial se puede aplicar para la selección de los donantes y que tengan unas características faciales similares a los rasgos fenotípicos como es el color de ojos, piel, pelo o etnia, con la finalidad de aumentar las posibilidades de que los rasgos fenotípicos de los progenitores se compartan con los descendientes. Se trata de localizar características heredables a través del análisis facial, y los avances en inteligencia artificial puede ser utilizados en dicho sentido³⁸.

34 BACZKOWSKI, T., KURZAWA, R. y GŁĄBOWSKI, W.: "Methods of embryo scoring in vitro fertilization", *Reproductive Biology*, vol. 4, núm. 1, 2004, pp. 5-22. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Rafal-Kurzawa/publication/8608557_Methods_of_scoring_in_in_vitro_fertilization/links/54916b9c0cf214269f2848e6/Methods-of-scoring-in-in-vitro-fertilization.pdf (consultado el 16 de enero de 2022).

35 AGUILAR GARCÍA, M^a. T.: "Lecturas del cuerpo en la era biotecnológica", *Nómadas*, núm. 8, 2003, pp. 1-10. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/181/18100801.pdf> (consultado el 15 de enero de 2022).

36 Véase: VILAR GONZÁLEZ, S. y PROENÇA XAVIER, J.: "Límites a la inteligencia artificial en el ámbito de la reproducción asistida desde la perspectiva de los derechos humanos", *Revista de derecho y genoma humano: genética, biotecnología y medicina avanzada*, núm. 54, 2021, pp. 101-124.

37 Como señala CAMEY MARROQUÍN, C.: "Más perfectos, pero no mejores: un estudio sobre el transhumanismo y el desarrollo humano de la mano de la tecnología", *Revista Fe Y Libertad*, 2022, vol. 4, núm. 1, p. 43. Disponible en: <https://revista.feylibertad.org/index.php/revista/article/view/102/157> (Consultado el 16 de enero de 2022), "la edición genética solo sería justificable para combatir enfermedades, pero no para crear seres humanos genéticamente modificados que amenazarían la consideración del ser humano como un fin, incluyendo a su vez el cuidado del embrión considerado como ser humano. También este riesgo puede darse si la edición se convierte en un proceso de «fabricación» de los hijos en donde se les reduce a objetos que deben pasar por un «control de calidad»". Véase también: CÍVICO VALLEJOS, Y., HERNÁNDEZ DACRUZ, B. y CÍVICO VALLEJOS, S.: "Selección de embriones en los tratamientos de fecundación in vitro", *Clínica e Investigación en Ginecología y Obstetricia*, vol. 49, núm. 1, 2022, p. 100709.

38 MELÉNDEZ, F., GONZÁLEZ, S., y ARENAZ VILLALBA, L.: "La cara de la reproducción asistida. Usando análisis facial en selección de donantes", *Revista Iberoamericana De Fertilidad Y Reproducción Humana*, vol. 38, núm. 1, 2021, pp. 1-7. Disponible en: <https://revistafertilidad.com/index.php/rif/article/view/9/16> (consultado el 16 de enero de 2022).

2. La “trazabilidad electrónica”: más allá de la trazabilidad humana.

Cuando hablamos de trazabilidad, el art. 3 de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica³⁹ la define como la “capacidad de asociar un material biológico determinado con información registrada referida a cada paso en la cadena de su obtención, así como a lo largo de todo el proceso de investigación. La normativa de reproducción asistida no menciona la trazabilidad.

Es preciso también mencionar el art. 8 de la misma norma que se centra en la trazabilidad y seguridad estableciendo que debe garantizar la trazabilidad de las células, tejidos y cualquier material biológico de origen humano, para asegurar las normas de calidad y seguridad, con respeto al deber de confidencialidad y lo indicado en el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE⁴⁰, y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales⁴¹.

Su aplicación a los embriones humanos se establece porque en el caso de la fecundación in vitro la calidad de los embriones se relaciona con el cuidado y las medidas precautorias que se establecen en el laboratorio. La trazabilidad electrónica, a través de la inteligencia artificial, puede permitir un seguimiento mucho más exhaustivo sobre todas las fases hasta la implantación del embrión en el útero, así como poder detectar alguna patología en el embrión durante todo el procedimiento.

Este registro electrónico a través de la “trazabilidad electrónica” es muy superior a la trazabilidad humana habitual, que puede estar más sujeta a fallos. Se pretende que el seguimiento mediante inteligencia artificial de todas las fases y pasos en el caso de la fecundación sea a riesgo de fallos y errores.

Esta trazabilidad automatizada también permite una codificación para la identificación del paciente y que todo el material reproductor esté con una misma denominación, con lo que se evitan problemas y también supone un ahorro de tiempo y esfuerzo por parte de los facultativos y los pacientes.

39 BOE núm. 159, de 04 de julio de 2007.

40 DOUE L 119/1, de 4 de mayo de 2016. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf> (consultado el 15 de enero de 2022).

41 BOE núm. 294, de 6 de diciembre de 2018.

Un ejemplo de esta "trazabilidad electrónica" es el sistema Giget⁴² utilizado por la Clínica Dexeus especializada en reproducción asistida. En su web se indica que el laboratorio está dotado de un sistema de control automatizado de la trazabilidad en todos los procesos. La finalidad es garantizar que no se comete ningún error durante el procesado de las muestras biológicas. Se enfoca a que la paciente tenga tranquilidad, confianza y se mejore su bienestar emocional durante el proceso y el resultado del mismo.

Considerado como un sistema muy avanzado de monitorización, identificación y seguimiento, su funcionamiento no es complejo. En cada muestra que se utiliza se etiqueta un código de barras que identifica al paciente, su tratamiento y el tipo de muestra de que se trate. Para mayor seguridad en el tratamiento de la muestra, antes del cambio de soporte de cada muestra, se escanea el contenedor de origen y el de destino para establecer la coincidencia de la muestra. Si se detecta alguna incidencia en la no equivalencia, se bloquea hasta su resolución por parte de un supervisor.

Tanto el operador, las distintas fases, y los soportes que se utilizan se registran y se puede hacer un seguimiento directo desde la punción hasta la transferencia y congelación, en su caso, de los embriones cuyos datos están en una base a la que se puede acceder en todo momento.

Este sistema Giget ha sido desarrollado por Merck y es adaptable a los protocolos de los laboratorios. En el caso del laboratorio que lo está utilizando, Dexeus, las ventajas del sistema se han puesto de manifiesto porque de esta forma queda constancia registral de todos los movimientos, sin necesidad de interrumpir la actividad de las personas para acreditar cualquier paso. El sistema recoge todas las actividades y la información queda de forma automática en la base de datos.

Los códigos de barras de esta tecnología identifican gametos, embriones, muestras y verifican que son correctos y asociados a cada persona. Estos códigos son únicos y son validados de forma electrónica mediante su escaneo. Todo ello aumenta la calidad y la rapidez del proceso.

Otra de las medidas que se utilizan y que puede ser controlada por inteligencia artificial es la vitrificación y preservación a baja temperatura para evitar la alteración de ovocitos y embriones y poder ser reutilizados en unas condiciones óptimas. La utilización de algoritmos para la secuenciación y conocer las posibilidades de conservación mediante la técnica aumenta la viabilidad de la misma.

42 DEXEUS FERTILITY: "Qué es Gidget®". Disponible en: <https://www.dexeus.com/fertility/tratamientos/gidget/#que-es-gidget%25c2%25ae> (consultado el 15 de enero de 2022).

3. El robot como creador de embriones.

La existencia de máquinas, robots, que puedan realizar el trabajo de los embriólogos para ser una realidad. Ya existe un robot que puede crear embriones humanos⁴³ con la peculiaridad de que tiene un menor riesgo de error que el que puede tener un médico.

La máquina denominada *Naturlife* pretende robotizar y democratizar la reproducción asistida, abaratando los costes, y promoviendo la minimización del error.

Según *Overture*⁴⁴, se trata de “un laboratorio de fecundación in vitro automatizado y de tamaño compacto, que permitirá reducir costes y estandarizar el proceso mediante tecnología robótica, analítica de datos y *machine learning*”. “Es decir, una máquina que permitiría tanto la congelación de óvulos como la fecundación de embriones «de forma totalmente automatizada», con lo que se eliminarían «los errores humanos»”.

Se reduciría también el tiempo en llevar a cabo el proceso, actualmente estimado en unas 20 horas y la participación del especialista e instrumental, junto con el laboratorio, y el robot realizaría la misma función en un tiempo de cinco horas con la participación de un solo técnico.

Ello plantea también numerosas cuestiones, ya que puede suponer la creación en serie de los embriones, y la falta de una regulación en torno a la responsabilidad de la que ya hemos hablando en un punto anterior, ya que las máquinas pueden cometer algún error y no estaría bien definida la depuración de responsabilidades.

IV. CONCLUSIONES.

Tras el análisis de los objetivos indicados y que hemos desarrollado a través del presente estudio, en relación con la aplicación de la inteligencia artificial a la selección de embriones en el caso de la maternidad subrogada y las consecuencias legales y éticas que ello podría suponer hemos obtenido una serie de conclusiones de interés.

La inteligencia artificial necesita un marco normativo que todavía no está consolidado, y que a nivel comunitario se encuentra en fase de propuesta. Las

43 ALBACETE, E.: “Llega a España el robot que crea embriones humanos: «Es como un laboratorio de fecundación in vitro automatizado», *Nius*, 2020. Disponible en: https://www.niusdiario.es/sociedad/sanidad/robot-capaz-crear-embriones-humanos_18_2898270184.html (consultado el 15 de enero de 2022).

44 ESCRIBANO, M.: “Escepticismo científico ante la nueva empresa del fundador de Jazztel para «robotizar la fecundación in vitro», *El Diario.es*, 2019. Disponible en: https://www.eldiario.es/tecnologia/falta-informacion-escepticismo-jazztel-fecundacion_1_1173089.html (consultado el 15 de enero de 2022).

nuevas tecnologías en el ámbito de la reproducción asistida plantean no solo problemas éticos, sino también legislativos de gran calado. En el caso de la maternidad subrogada, además de no estar contemplada en la normativa española, nos encontramos con un supuesto que sí que se admite en otros países, y es que la inteligencia artificial puede ser aplicada a través de algoritmos para elegir la madre gestante, detectar enfermedades durante el embarazo, y también los embriones que tengan más viabilidad de llegar a término, además de también poderse utilizar para un mejor seguimiento de todo el embarazo.

En el caso de la selección de embriones, hemos visto que la implantación de la denominada “trazabilidad electrónica” incrementa la seguridad, fiabilidad, calidad y confianza del material de reproducción, además de evitar situaciones de pérdida de información, al poderse disponer de la misma en una base de datos, mediante el escaneado de los códigos de barras de las muestras. Ello facilita que la muestra sea seguida mediante un sistema que proporciona una mayor seguridad no solo para el genetista o el embriólogo, sino también para la paciente.

La maternidad subrogada y robótica también genera distinta discusión tanto en el caso de los deseos de maternidad por parte de los robots, como en el caso de robots (úteros externos) que gesten a un embrión, realizando la función de subrogación del útero humano.

No obstante, surgen muchas dudas en torno a la robotización, la utilización de máquinas y la inteligencia artificial en el ámbito de la reproducción asistida, su falta de regulación específica respecto a la responsabilidad por daños, en el que a nivel comunitario contamos con la indicación de la Resolución del Parlamento Europeo de 2017, no es suficiente, ya que se debe establecer una legislación consolidada en torno a si es adecuada o no la denominada “personalidad electrónica” para la responsabilidad.

También resaltar todas las cuestiones en relación con la protección de datos personales, en concreto datos de salud, que están especialmente protegidos y que pueden ser vulnerados los derechos fundamentales de la paciente, ya que la inteligencia artificial no puede ser utilizada de forma ilimitada, sino precisamente teniendo como límite los derechos constitucionalmente reconocidos.

BIBLIOGRAFÍA

ACTA SANITARIA: “El Big Data podría incrementar las tasas de éxito de los laboratorios de reproducción asistida”, 2018. Disponible en: <https://www.actasanitaria.com/el-big-data-podria-incrementar-las-tasas-de-exito-de-laboratorios-de-reproduccion-asistida/> (consultado el 17 de noviembre de 2021).

AGUILAR GARCÍA, M^a. T.: “Lecturas del cuerpo en la era biotecnológica”, *Nómadas*, núm. 8, 2003. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/181/18100801.pdf> (consultado el 15 de enero de 2022).

ALBACETE, E.: “Llega a España el robot que crea embriones humanos: «Es como un laboratorio de fecundación in vitro automatizado», *Nius*, 2020. Disponible en: https://www.niusdiario.es/sociedad/sanidad/robot-capaz-crear-embryones-humanos_18_2898270184.html (consultado el 15 de enero de 2022).

BĄCZKOWSKI, T., KURZAWA, R. y GŁĄBOWSKI, W.: “Methods of embryo scoring in vitro fertilization”, *Reproductive Biology*, vol. 4, núm. 1, 2004. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Rafal-Kurzawa/publication/8608557_Methods_of_scoring_in_in_vitro_fertilization/links/54916b9c0cf214269f2848e6/Methods-of-scoring-in-in-vitro-fertilization.pdf (consultado el 16 de enero de 2022).

BASTIDA, A.: “Crean un útero artificial para los grandes prematuros (pero la madre sigue siendo lo primero), *Bebés y más*, s.f. Disponible en: <https://www.bebesymas.com/embarazo/crean-un-utero-artificial-para-ayudar-a-los-grandes-prematuros-que-ya-funciona-con-ovejas> (consultado el 15 de enero de 2022).

BOHR, A. y MEMARZADEH, K.: *Inteligencia artificial en el ámbito de la salud*, Elsevier, 2021.

CALLEJAS ARREGUIN, N. A.: “Maternidad subrogada en el mundo globalizado: Lo que toda gestante sustituta en México debe saber”, *Revista legislativa de estudios sociales y de opinión pública*, vol. 14, núm. 30, 2021. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7992838> (consultado el 13 de enero de 2022).

CAMEY MARROQUÍN, C.: “Más perfectos, pero no mejores: un estudio sobre el transhumanismo y el desarrollo humano de la mano de la tecnología”, *Revista Fe Y Libertad*, vol. 4, núm. 1, 2022. Disponible en: <https://revista.feylibertad.org/index.php/revista/article/view/102/157> (consultado el 16 de enero de 2022).

CÍVICO VALLEJOS, Y., HERNÁNDEZ DACRUZ, B. y CÍVICO VALLEJOS, S.: “Selección de embriones en los tratamientos de fecundación in vitro”, *Clínica e Investigación en Ginecología y Obstetricia*, vol. 49, núm. 1, 2022.

DEXEUS FERTILITY: "Qué es Gidget®". Disponible en: <https://www.dexeus.com/fertility/tratamientos/gidget/#que-es-gidget%25c2%25ae> (Consultado el 15 de enero de 2022).

DE VERDA Y BEAMONTE, J. R.:

- "La filiación derivada de las técnicas de reproducción asistida en España", *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, núm. 8, 2018. Disponible en: <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/67232/11-31.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consultado el 17 de enero de 2022).
- "La filiación derivada de las técnicas de reproducción asistida (un análisis crítico de la experiencia jurídica española, treinta años después de la aprobación de la primera regulación legal sobre la materia), *Diritto delle successioni e della familia*, vol. 4, núm. 1, 2018.

ESCRIBANO, M.: "Escepticismo científico ante la nueva empresa del fundador de Jazztel para «robotizar la fecundación in vitro», *El Diario.es*, 2019. Disponible en: https://www.eldiario.es/tecnologia/falta-informacion-escepticismo-jazztel-fecundacion_1_1173089.html (consultado el 15 de enero de 2022).

GERALDES FALÇAO, M. F.: *Las técnicas de reproducción asistida: especial consideración por la maternidad por sustitución en el contexto ibérico*, Universidad de Salamanca, Salamanca, 2013. Disponible en: https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/122968/DP_Geraldesmarta_tecnicasreproduccionasistida.pdf?sequence=1&isAllowed=y (consultado el 16 de enero de 2021).

GOBIERNO DE ESPAÑA: Carta de Derechos Digitales del Gobierno de España, 2021. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/140721-Carta_Derechos_Digitales_RedEs.pdf (consultado el 14 de enero de 2022).

HARRISON.AI. Disponible en: <https://harrison.ai/> (consultado el 15 de enero de 2022).

IVFAUSTRALIA. A MEMBER OF VIRTUS HEALTH: "Artificial Intelligence in IVF". Disponible en: <https://www.ivf.com.au/success-rates/our-laboratories/ivy-artificial-intelligence-in-ivf> (consultado el 16 de enero de 2022).

JURISICA, I., MYLOPOULOS, J., GLASGOW, J., SHAPIRO, H. y CASPER, R.: "Case-based reasoning in IVF: Prediction and knowledge mining", *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 12, núm. 1, 1998.

JUSTO, D. “Un prototipo de incubadora para gestar a tu hijo en el salón de tu casa. El prototipo se basa en los úteros artificiales para bebés prematuros extremos”, *Cadena Ser*, 2017. Disponible en: https://cadenaser.com/ser/2017/07/07/ciencia/1499428228_972907.html (consultado el 15 de enero de 2022).

KHAN A. N., IHALAGE A. A., MA, Y., LIU, B., LIU, Y. y HAO, Y.: “Deep learning framework for subject-independent emotion detection using wireless signals”, *PLoS ONE*, vol. 16, núm. 2, 2021. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0242946> (consultado el 15 de enero de 2022).

LAFFERRIERE, J. N.: “Inteligencia artificial y selección de embriones (“embryo scoring”)", 2020. Disponible en: <https://centrodebioetica.org/inteligencia-artificial-y-seleccion-de-embriones-embryo-scoring/> (consultado el 17 de noviembre de 2021).

LOSADA, T.: “La Inteligencia Artificial en el embarazo permite diagnosticar antes defectos de nacimiento y enfermedades en el bebé, así como mejorar el estado de salud de las embarazadas. La IA ayuda a diagnosticar antes defectos de nacimiento, diabetes gestacional y parto pretérmino”, *CSC*, s/f. Disponible en: <https://www.criarconsentidocomun.com/inteligencia-artificial-en-el-embarazo/> (consultado el 17 de noviembre de 2021).

MANNA, C., PATRIZI, G., RAHMAN, A. y SALLAM, H.: “Experimental results on the recognition of embryos in human assisted reproduction”, *Reproductive BioMedicine Online*, vol. 8, núm. 4, 2004. Disponible en: <https://www.rbmojournal.com/action/showPdf?pii=S1472-6483%2810%2960931-5> (consultado el 16 de enero de 2022).

MÉDICOS Y PACIENTES: “La actualización del Código Deontológico recoge que la gestación por sustitución atenta contra la dignidad de la mujer”, 2019. Disponible en: <http://www.medicosypacientes.com/articulo/la-actualizacion-del-codigo-deontologico-recoge-que-la-gestacion-por-sustitucion-atenta> (consultado el 15 de enero de 2021).

MELÉNDEZ, F. y GONZÁLEZ, S.: “Ninguno de estos embriones existe en la vida real. Generando imágenes de embriones con Inteligencia Artificial”, *Revista Iberoamericana De Fertilidad Y Reproducción Humana*, vol. 38, núm. 3, 2021. Disponible en: <https://www.revistafertilidad.com/index.php/rif/article/view/38> (consultado el 17 de enero de 2022).

MELÉNDEZ, F., GONZÁLEZ, S., y ARENAZ VILLALBA, L.: “La cara de la reproducción asistida. Usando análisis facial en selección de donantes”, *Revista Iberoamericana De Fertilidad Y Reproducción Humana*, vol. 38, núm. 1, 2021. Disponible en: <https://>

revistafertilidad.com/index.php/rif/article/view/9/16 (consultado el 16 de enero de 2022).

MORALES VEGA, D. A.: *Clasificadores bayesianos en la selección embrionaria en tratamientos de reproducción asistida*. Universidad del País Vasco, San Sebastián, 2008. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=O5c1AcaiN%2FM%3D> (consultado el 15 de enero de 2021).

MORENO MARTÍNEZ, J. A.: "Titularidad de datos genéticos e intereses legítimos de terceros y sus incidencias por la aplicación de las tecnologías Big Data e inteligencia artificial: su traslación a la medicina reproductiva", en *El derecho civil ante los nuevos retos planteados por las técnicas de reproducción asistida*, Dykinson, Madrid, 2021.

MOYA GONZÁLEZ, M. y RAMÓN FERNÁNDEZ, F.: "El diagnóstico genético preimplantacional: aspectos jurídicos en el derecho español", *Revista de Derecho Privado de Colombia*, 2018, núm. 34, pp. 81-121. Disponible en: <http://revistas.uexternado.edu.co/index.php/derpri/article/view/5261/6380> (consultado el 13 de enero de 2022).

NAVAS NAVARRO, S.: "Salud electrónica e inteligencia artificial", en *Salud e inteligencia artificial desde el Derecho privado: con especial atención a la pandemia por SARS-CoV-2 (covid-19)*, Comares, Granada, 2021.

NIUS: "La robot Sophia quiere ser madre: ¿Sueñan los androides con bebés eléctricos?", 2021. Disponible en: https://www.niusdiario.es/ciencia-y-tecnologia/tecnologia/robot-sophia-dice-quiere-ser-madre-experto-asegura-no-hay-problemas-eticos-simulacion-inteligencia-artificial_18_3219571339.html (Consultado el 15 de enero de 2022).

PAOLELLI, S.: *Impacto de una nueva metodología de análisis de biomarcadores de imagen ecográfica en ciclos sustituidos sobre la tasa de éxito en donación de óvulos*, Universitat de València, Valencia, 2019.

PATRIZI, G., MANNA, C., MOSCATELLI, C., y NIEDDU, L.: "Pattern recognition methods in human-assisted reproduction", *International Transactions in Operational Research*, vol. 11, núm. 4, 2004.

RAMÓN FERNÁNDEZ, F.:

- "Del hermano medicamento o salvador a la terapia génica: cuestiones legales respecto a la situación del menor ante los nuevos avances biomédicos», *Revista de Derecho, Empresa y Sociedad (REDS)*, núm. 14, 2019. Disponible

en: <https://www.dykinson.com/revistas/revista-de-derecho-empresa-y-sociedad/1160/> (consultado el 14 de enero de 2022).

- “Inteligencia artificial en la relación médico-paciente: Algunas cuestiones y propuestas de mejora”, *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, vol. 10, núm. 1, 2021. Disponible en: <https://rchdt.uchile.cl/index.php/RCHDT/article/view/60931> (consultado el 13 de enero de 2022).
- “La protección de datos en las aplicaciones móviles de diagnóstico de enfermedades genéticas. Un estudio jurídico”, *Revista métodos de información*, vol. 8, núm. 14, 2017. Disponible en: <http://www.metodosdeinformacion.es/mei/index.php/mei/article/view/11MEI8-N14-005025/940> (consultado el 13 de enero de 2022).
- “La protección del menor en los casos de gestación por sustitución: análisis de diversos supuestos prácticos”, *Reinad. Revista sobre la infancia y la adolescencia*, núm. 6, 2014. Disponible en: <http://polipapers.upv.es/index.php/reinad/article/view/1664/2488> (consultado el 13 de enero de 2022).
- “Robótica, inteligencia artificial y seguridad: ¿Cómo encajar la responsabilidad civil?”, *Diario La Ley*, núm. 9365, 2019.

ROVATI, L. “Parturient, un útero externo capaz de gestar un bebé en el salón de tu casa”, *Bebés y más*, s.f. Disponible en: <https://www.bebesymas.com/embarazo/parturient-un-utero-externo-capaz-de-gestar-un-bebe-en-el-salon-de-tu-casa> (consultado el 15 de enero de 2022).

SAITH, R., SRINIVASAN, A., MICHIE, D., y SARGENT, I.: “Relationships between the developmental potential of human in-vitro fertilization embryos and features describing the embryo, oocyte and follicle”, *Human Reproduction Update*, vol. 4, núm. 2, 1998. Disponible en: <https://acortar.link/OEsAr9> (consultado el 15 de enero de 2022).

TRIMARCHI, J. R., GOODSIDE, J., PASSMORE, L., SILBERSTEIN, T., HAMEL, L. y GONZALEZ, L.: “Comparing data mining and logistic regression for predicting IVF outcome”, *Fertility and Sterility*, vol. 80, núm. 3, 2003. Disponible en: <https://www.fertstert.org/action/showPdf?pii=S0015-0282%2803%2902065-X> (consultado el 16 de enero de 2022).

VILAR GONZÁLEZ, S. y PROENÇA XAVIER, J.: “Límites a la inteligencia artificial en el ámbito de la reproducción asistida desde la perspectiva de los derechos humanos”, *Revista de derecho y genoma humano: genética, biotecnología y medicina avanzada*, núm. 54, 2021.

VILLAPLANA GARCÍA, M.: *Sistemas inteligentes y de educación para el control de la diabetes gestacional*, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2020. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=QjpxiUG62VM%3D> (consultado el 15 de enero de 2022).

VIRTUS HEALTH. Disponible en: <https://www.virtushealth.com.au/> (consultado el 15 de enero de 2022).