



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE DERECHO**

**“CÉLULAS MADRE EMBRIONARIAS OBTENCIÓN,  
ESTUDIO Y APLICACIÓN. PROPUESTA DE  
FUNDAMENTACIÓN PARA SU REGULACIÓN EN  
MÉXICO”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN DERECHO**

P R E S E N T A

**MIRYAM GARCÍA SUÁREZ**

**ASESOR: MTRO. ALFONSO E. OCHOA HOFMANN**



**MAYO 2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I. Células madre	7
1.1. Breve panorama histórico	7
1.2. Definición de célula madre	14
1.2.1. Consideraciones previas al término célula madre	14
1.2.2. Concepto de célula madre	15
1.2.3. Características generales de las células madre	15
1.2.3.1. No especializadas con la capacidad de convertirse en especializadas (no diferenciadas con la capacidad de convertirse en diferenciadas)	16
1.2.3.2. Autorenovación (autoreplicación)	17
1.3. Tipos de células madre según el tejido de origen	18
1.3.1. Célula madre embrionaria (célula madre pluripotente)	18
1.3.2. Célula madre adulta (célula madre multipotente)	19
1.3.2.1. Sangre periférica	20
1.3.2.2. Médula ósea	21
1.3.3. Célula madre de cordón umbilical	23
1.4. Células madre según su potencial de diferenciación	30
1.4.1. Células totipotentes	30
1.4.2. Células pluripotentes	31
1.4.3. Células multipotentes	33
1.4.4. Células unipotentes	34
Capítulo II. Células madre embrionarias	35
2.1. Proceso embrionario	35
2.2. Definición de célula madre embrionaria	38
2.2.1. Proceso de obtención de las células madre embrionarias humanas	39
2.2.1.1. Procedimiento de obtención de células madre embrionarias por fecundación in vitro (FIV)	39
2.2.1.2. Procedimiento de obtención de células madre embrionarias por aborto espontáneo (células madre germinales)	49
2.3. Aplicaciones de las células madre embrionarias	49
2.3.1. Terapia celular	50
2.3.2. Terapia génica	51
2.3.2.1. Terapia génica de la célula somática	51
2.3.2.2. Terapia génica de la línea germinal	52
2.3.3. Terapias de regeneración	53
2.3.4. Clonación terapéutica	54

Capítulo III. Estatus de la vida, el embrión y la persona	60
3.1. La vida	60
3.2. El embrión	68
3.3. La persona	74
Capítulo IV. Propuesta de fundamentación para la regulación respecto de la obtención, estudio y aplicación de células madre embrionarias	82
4.1. Legislaciones extranjeras respecto de la obtención, estudio y aplicación de células madre embrionarias	83
4.1.1. España	84
4.1.2. Reino Unido	86
4.1.3. Alemania	88
4.1.4. Estados Unidos	89
4.1.5. Brasil	91
4.2. Legislación internacional que prevé condiciones para la obtención estudio y aplicación de células madre embrionarias	93
4.3. Propuesta de fundamentación para la regulación respecto de la obtención, estudio y aplicación de células madre embrionarias en México	98
Conclusiones	112
Glosario	118
Bibliografía	132

## Introducción

"Los imposibles de hoy serán posibles mañana"

Konstantin Tsiolkovsky

La evolución histórica del hombre y su ambición por una vida más larga y cómoda, ha generado el despertar del mundo moderno que hoy en día nos envuelve, en el cual se ha propiciado el desarrollo cada vez más acelerado de la ciencia y la tecnología para satisfacer las necesidades planteadas por la humanidad. Este progreso se ha enfrentado día a día con nuevos retos y problemas que superar, sobre los cuales estará la tarea de innovar. Esta labor nunca será fácil, ya que todos los avances logrados en este terreno presentan problemáticas con las cuales se tiene que enfrentar, siempre concurrirán implicaciones éticas, el desconocimiento, el rechazo o la inseguridad, provocando que los múltiples progresos en el terreno de las ciencias aplicadas se vean frenados o inutilizados.

Del lado contrario, también se puede observar en esta nueva ola de innovación la parte positiva, muchos de los avances que estamos presenciando le ha permitido al mundo tener un sin número de posibilidades para tener una vida saludable y cómoda, procurando, cada vez con mayor frecuencia, el no dañar a ningún ser vivo ni al medio ambiente, ya que avanzar no siempre debe ser sinónimo de destruir, al contrario debe ser la posibilidad de generar un paso más hacia el bien común.

En un acercamiento más particular, las ciencias médicas y sus adelantos tecnológicos, han experimentado progreso significativo y cada vez mayor, en atención a las demandas de la actualidad. Todos aquellos que se encuentran detrás de un microscopio tienen una ardua tarea por delante ante tan altas exigencias de quienes por enfermedad o por simple presunción desean acceder a

nuevos procedimientos médicos; pero no sólo ellos, todos los habitantes del mundo tenemos derecho a conocer y en su momento poder tener acceso a estas nuevas invenciones.

Diversos han sido los adelantos en la medicina, contando hoy con terapias, procedimientos y medicamentos novedosos, pero que sin duda han generado un acceso inequitativo a estos, poca seguridad jurídica e incluso polémica y opiniones divididas; uno de los descubrimientos más vanguardistas de la medicina es el de las células madre embrionarias, las cuales han sido objeto de estudios desde 1998, que como vemos no es un tema nuevo y haciendo un recorrido desde los inicios de su investigación hasta el presente, los triunfos conquistados respecto de ellas han permitido saber cuan prodigiosas son; las células madre embrionarias, estas a pesar de su esperanzador potencial generaron y lo seguirán haciendo, a cada paso que se conquista con ellas, un panorama más complejo en el terreno de su investigación, del pensamiento social que las circunda así como de los cuerpos normativos que se generan para ellas.

Estas células que de ser estudiadas con mayor constancia permitirá acceder a nuevas y sencillas posibilidades de tratamientos y curas de enfermedades, aunque nos topamos con diversas situaciones que ponen en peligro su estudio, alrededor de las células madre embrionarias circundan variadas problemáticas, que limitan su comprensión y aceptación.

La presente investigación tiene como punto de atención estas maravillosas células madre embrionarias, que llamaron mi atención por las infinitas posibilidades que presenta en el terreno de la medicina y sobre todo por que en nuestro país no existe un cuerpo legislativo que las regule, punto sobre el cual permito establecer mi principal propósito para investigar sobre este tema y tener la oportunidad de realizar un planteamiento que lleve a su comprensión para que encuentre el campo propicio y en un futuro no muy lejano sea factible en nuestro país contar con una

regulación que de paso a la investigación y aplicaciones en beneficio de la sociedad y se potencie el desarrollo del país.

Partiendo de la idea de que se logre hacer un buen trabajo legislativo y se regule bajo el conocimiento y dominio del tema, en una postura receptiva y abierta del tema dejando de lado cualquier idea retrograda, religiosa o no científica, podremos hablar de tener un control dentro de ciertos parámetros que permitan su útil manejo, su desarrollo científico y la seguridad jurídica de su aplicación en el campo de la medicina.

Permitiendo así el desarrollo y empleo legal de la terapia génica en favor de la sociedad.

En México no estamos desprovistos de información ni de personas capaces de impulsar la investigación, además se cuentan con diversos recursos, mediante los cuales se puede abordar el tema, ejemplo de esto es el contexto internacional que es un referente importante del cual nos podemos servir, considerando las particularidades de estado a estado, para referirlas a nuestra realidad.

Aun somos novatos en esta vertiginosa novedad que representan las células madre embrionarias, hay ya los primeros intentos de acercarnos a este tema, los cuerpos normativos vigentes contemplan de manera incipiente sólo a las células madre adultas y de cordón umbilical, no obstante referido al resto del mundo, es insuficiente, permitiendo que la investigación se estanque y dando la pauta a la existencia de vacíos legales, dando pie a dejar al margen a la población respecto de los posibles beneficios que sabemos se están produciendo en otras latitudes.

Así podemos observar a países como España, Estados Unidos, Gran Bretaña, se mantienen a la vanguardia respecto de este y otros temas novedosos en los diferentes campos de la ciencia; pero conservar este estatus ha

presupuesto un reto a nivel científico, como también social. Hoy estos y muchos otros países sirven de referencia para entender como se están abordando los diferentes tópicos de bioética actuales, así como también nos permite conocer el trabajo legislativo que precede los adelantos científico de acuerdo a la realidad social que cada uno vive.

Actualmente las batallas que se libran van mas allá de quien puede crear un mejor auto o un mejor reproductor de música, el mundo se enfrenta a la posibilidad de contar con una forma de salvar la vida de muchas personas, de mejorar la calidad de vida de los enfermos, de proporcionar mejores servicios de salud y que estos puedan ser de bajo costo, toda vez que permita una erogación menor para curar y el control diversos padecimientos.

No será una labor fácil desarrollar políticas encaminada a que se regulen estas nuevas tecnologías tratando de evitar prácticas lucrativas por parte de las grandes empresas farmacéuticas, además de seguir propiciando actividades carentes de ética y que pongan en riesgo la integridad de los embriones y de las personas.

Un aspecto importante a destacar, es que en México existe investigación, sin embargo no es suficiente ya que se encuentra en un terreno poco estable, debido a la falta de un sustento legal que determine su campo de acción y permita su impulso.

Como cada rama de la ciencia el descubrimiento de las células madre desencadenó una serie de eventos que han demostrado su utilidad al mundo y es así como se ha constatado que en las manos correctas su desarrollo ha rendido frutos, sin embargo aún queda mucho por aprender de las células madre embrionarias.



Para armar los fundamentos de esta propuesta de regulación, en el desarrollo del este trabajo presento, en el capítulo uno, una síntesis de los más significativos acontecimientos en torno al descubrimiento e investigación de las células madre, con el propósito de dejar clara su evolución y concepto actual de las mismas.

En el capítulo dos, hago una puntualización respecto de las células madre embrionarias, a partir de su nociones, sus procesos de obtención, así como las diversas aplicaciones terapéuticas de las que tenemos conocimiento.

Considerando la falta de una clara definición respecto de conceptos tan importantes que envuelven el estudio de las células madre, como son la vida, el embrión y la persona, el capítulo tres se avoca a aportar elementos para alcanzar, la comprensión de cada uno de ellos, en virtud de la diversidad de concepciones que se han formulado para entenderlas.

En el último capítulo reúno las principales ideas de la experiencia de algunos países que han sobresalido en la investigación y la regulación sobre el tema en cuestión. En este análisis también considero los trabajos realizados por los diversos organismos que a nivel internacional han marcado las pautas para orientar la actividad de las naciones en esta materia. Concluyendo con las consideraciones que me permiten señalar la evidente necesidad de una intervención legislativa que permita la generación de un cuerpo normativo acorde a las necesidades de nuestro país en materia de células madre embrionarias.

Debido al grado de complejidad que presenta el tema y ante las escasas fuentes de información, el trabajo que desarrollo es sólo un esbozo del camino que permite imaginar lo que puede ser el trabajo de los legisladores en el abordaje de tópicos de esta naturaleza, el cual requiere de un trabajo transdisciplinario que cree el contexto idóneo para sentar las bases de discusión sobre las áreas potenciales en las que las células madre embrionarias tenga cabida para su

avance y la existencia de condiciones propicias tanto en el terreno político como en el social para que este tema encuentren el terreno propicio para legislarse y desarrollarse en pro de la sociedad.

## CAPÍTULO I. CÉLULAS MADRE

### 1.1. Breve panorama histórico

Para dar comienzo a este trabajo señalaré de manera sucinta, el curso histórico que han tenido las células madre, por considerar que es un aspecto relevante que permite situar la evolución y trayectoria de cualquier fenómeno de trascendencia científica, ya que entrar de lleno al tema sería poco accesible, sin los antecedentes previos que permitan a explicar de mejor manera qué es una célula madre, cuál es su relevancia en el mundo científico y el por qué, debe de tomarse una postura regulatoria en nuestro país.

La historia de las portentosas células madre comienza a principios de 1900 cuando las primeras células madre reales fueron descubiertas cuando se observa que algunas de estas podían generar células sanguíneas.

Y es hasta el año de 1908, que Alexander A. Maximow propuso la denominación de célula madre en el congreso de la sociedad de hematología en Berlín. En aquel evento postuló la existencia de las células madre hematopoyéticas (sanguíneas).

En la década de 1950, una lluvia radioactiva que tuvo lugar en Francia provocó que los investigadores comenzaran a preguntarse acerca de la posibilidad de realizar trasplantes alogénicos (ver glosario vg). Respecto de esto se realizaron varios intentos, no obstante, hasta el año de 1958 en el que él Dr. Jean Dausset descubrió los antígenos HLA<sup>1</sup> en humanos, al demostrar la existencia de una

---

<sup>1</sup> Una de las principales características de estas moléculas es su extraordinario polimorfismo, esto es cada uno de los genes que las codifican pueden expresarse de múltiples maneras. Los loci (vg) genéticos reguladores de la síntesis de estas moléculas se agrupan en una región denominada Complejo Mayor de Histocompatibilidad (CMH) y se heredan de padres a hijos de acuerdo con las leyes de Mendel. Aunque fueron originalmente descritas estas moléculas como HLA por su implicación en la histocompatibilidad de trasplantes, hoy sabemos que se pueden encontrar en la mayoría de las células del organismo y que por su polimorfismo son responsable de la diversidad biológica de la especie humana al presentar cada individuo moléculas distintas, por lo que su denominación más adecuada podría ser la de Moléculas/Marcadores

estrecha relación entre estas moléculas y la supervivencia de riñones trasplantados en humanos; estos antígenos resumen su importancia en el conocimiento que estos proporcionan para poder saber si los tipos de sangre de un donante y del receptor son compatibles o no, pudiéndose dar un paso en relación a los trasplantes alogénicos (vg).

En 1963 el biólogo celular Dr. Ernest McCulloch y el biofísico James Till de la Universidad de Toronto descubren la presencia de la auto renovación de células en la médula ósea de ratones.

Años después, en 1965, el inmunólogo Jean Dausset basando el su hallazgo del sistema HLA, da a conocer las leyes de la histocompatibilidad (vg) en el hombre, lo cual significó descubrir que si existe compatibilidad en los leucocitos de dos personas, sus tejidos también lo son, resultando así que todo el reconocimiento de lo no propio se realiza en el contexto del sistema HLA, por lo que desempeña un papel primordial en la inducción de la respuesta inmune específica (vg). Demostró también que el tiempo de supervivencia de los injertos, era proporcional al número de incompatibilidades entre los genes HLA donante-receptor.

Gracias al descubrimiento de Dausset, en 1968 fue posible encontrar seleccionadores compatibles que permitieran un injerto duradero sin el riesgo de EICH (vg). En ese mismo año un niño con una enfermedad de inmunodeficiencia, se le practicó un trasplante con médula ósea donada por su hermano, reportándose así el primer trasplante exitoso de médula ósea con un sistema de compatibilidad directo por parentesco.

Posteriormente en 1973 y a partir del hallazgo que tuvo lugar en 1968, se llevó a cabo el primer trasplante de médula ósea alogénica (vg), realizado entre

personas que no tenían ningún parentesco, el receptor fue un niño de 5 años que padecía un severo síndrome de inmunodeficiencia.

Para 1978 se descubren las células madre hematopoyéticas de cordón umbilical.

Algunos experimentos realizados en el año de 1980, demostraron que ciertas células madre de la piel de ratones recién nacidos, retenían el marcador radioactivo (vg) timidina tritiada (vg) hasta la vida adulta; por lo anterior se les denominó LRC (Label Retention Cells – Células con Etiqueta de Retención) (vg). Esta técnica ha servido para identificar las células madre y estudiar tanto sus procesos de división celular, como de diferenciación y migración.

El término de célula madre embrionaria se introdujo en 1981 para distinguir las células embrionarias procedentes de la masa celular interna (vg), de aquellas derivadas de teratocarcinomas (vg) y que también poseen la capacidad de diferenciarse en distintos tipos celulares<sup>2</sup>.

Durante ese mismo año, células madre embrionarias de ratón son aisladas de la masa celular interna (vg), descubriendo que son capaces de diferenciarse en casi todos los tejidos del organismo, hecho que se le concede a los científicos Martin Evans, Mateo Kaufman y Gail Martin. A este último, se le atribuye haber acuñado el término "células madre embrionarias" en su escrito Isolation of a pluripotent cell line from early mouse embryos cultured in médium conditioned by teratocarcinoma stem cells (Aislamiento de una línea de células pluripotentes a partir de embriones tempranos de ratón cultivadas en medio condicionado por teratocarcinoma células madre) de 1981<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Azuara-Blanco Augusto y Dua, Harminder. Limbal Stem Cell of the Corneal Epithelium. International Review Journa Survey of Ophthalmology march 2000;vol 44 issue 5 pages 415-425. [http://www.surveyophthalmol.com/article/S0039-6257\(00\)00109-0/abstract](http://www.surveyophthalmol.com/article/S0039-6257(00)00109-0/abstract). Consultada el 25 de febrero del 2010.

<sup>3</sup> Gail R. Martin. Isolation of Pluripotent cell line from early mouse embryos cultured in medium conditioned by teratocarcinoma stem cells. Proc. Natl. Acad. Sct. USA. Vol. 78, no. 12 pp 7634-7638, december 1981

En 1988 se realiza en París el primer trasplante con células madre hematopoyéticas de cordón umbilical a un niño que padecía anemia de Fanconi.

Potten y Loeffler en 1990 definen a las células madre por sus atributos funcionales como células indiferenciadas capaces de:

- "Proliferar
- Auto-mantenerse
- Producir un gran número de progenie diferenciada y funcional
- Regenerar el tejido después de un daño
- Tener flexibilidad en el uso de estas opciones"<sup>4</sup>

A principios de 1990 descubrieron que los distintos tipos de células sanguíneas procedían de la misma célula madre.

En 1992, Reynolds y Weiss describieron la presencia de una zona de células madre neurales durante el desarrollo del cerebro de roedores; es una zona de intensa proliferación y la progenie de células madre, una parte muere y la otra da lugar a progenitores neuronales que migran hacia el bulbo olfatorio. Así los avances permiten identificar y aislar células madre en ratón mediante un cultivo in vitro, que se han diferenciado en neuronas y propagado en cultivos durante varios meses. También se aislaron células madre derivadas del bulbo olfatorio de hombre adulto que han crecido y establecido una línea celular troncal neural. Estas células se diferencian para dar los tres tipos clásicos de células nerviosas: neuronas, astrocitos y oligodendrocitos (vg), en respuesta a factores de crecimiento<sup>5</sup>.

---

Developmental Biology. <http://www.slideshare.net/kurtmilach/gail-martin-descubrimiento-de-las-clulas-madre-embionarias>. Consultada el 25 de febrero del 2010.

<sup>4</sup> Azuara-Blanco Augusto y Dua, Harminder. Limbal Stem Cell of the Corneal Epithelium. International Review Journal Survey of Ophthalmology march 2000;vol 44 issue 5 pages 415-425.

[http://www.surveyophthalmol.com/article/S0039-6257\(00\)00109-0/abstract..](http://www.surveyophthalmol.com/article/S0039-6257(00)00109-0/abstract..) Consultada el 3 de febrero de 2010.

<sup>5</sup> López Moratalla, Natalia. Extenso estudio sobre la clonación de células madre, las terapias de remplazo y trasplante celular. Colegio de Bioética de Nuevo León.

Fue en 1994 la primera vez que se obtuvieron células madre embrionarias humanas. Se aislaron a partir de un blastocisto (vg) procedente de una fecundación in vitro (FIV).

Siendo en este mismo año, su definición por Alberts y colegas:

"Una célula madre es toda aquella que no está totalmente diferenciada, tiene capacidad de división ilimitada y cuando se divide, cada célula puede permanecer como célula madre o puede iniciar una vía que conduce de forma irreversible a su diferenciación terminal".<sup>6</sup>

En 1997 gracias a los trabajos de varios investigadores de la Universidad de Toronto, Canadá se descubre que la leucemia mieloide aguda es provocada por culpa de una célula madre. Las leucemias son proliferaciones de neoplasias malignas (vg) que se originan a partir de las células madre de la línea mieloide (vg) en la médula ósea.

Con todos estos trabajos como antecedente, es a fines de 1998, cuando dos grupos de investigadores obtuvieron casi simultáneamente, pero valiéndose de métodos distintos, las primeras células madre humanas. El obstetra John Gearhart, por su parte, también reportó su descubrimiento de células madre en el Proceedings of the National Academy of Sciences. Gearhart y sus colegas de la Universidad John Hopkins en Baltimore extrajeron las células madre del tejido fetal de mujeres embarazadas<sup>7</sup>.

---

[http://bioetica.com.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=130&Itemid=109](http://bioetica.com.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=130&Itemid=109). Consultada el 15 de noviembre de 2009

<sup>6</sup> Cervelló Alcaraz, Irene. Identificación y Aislamiento de células madre somática del endometrio murino y humano. Tesis Doctoral. Valencia, 2008. Universidad de Valencia.

[http://www.tdr.cesca.es/TESIS\\_UV/AVAILABLE/TDX-0108110-125549/cervello.pdf](http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UV/AVAILABLE/TDX-0108110-125549/cervello.pdf). Consultada el 25 de mayo de 2010.

<sup>7</sup> John Gearhart. Events 2009 January.

<http://www.americanprogress.org/events/2009/01/inf/GearhartJohn.html>. (Traducción propia). Consultada el 20 de noviembre de 2009.

Al mismo tiempo, un equipo dirigido por el Dr. James Thomson, biólogo celular de la Universidad de Wisconsin igualmente tenía éxito en el cultivo de células madre embrionarias humanas obtenidas de embriones humanos creados in vitro. Esas células, procedentes de la fase del embrión denominada blastocisto (vg), es decir, un embrión precoz en fase anterior a su implantación en la mucosa uterina, que pueden ser cultivadas y dar lugar a los tejidos especializados, como el tejido cardíaco, el epidérmico y el neuronal entre muchos más.

Margarita Goodell pionera en investigaciones sobre plasticidad de células madre, en 2003 realiza un trabajo sobre Células madre: plasticidad en músculos y médula ósea lo que significa:

"Los recientes descubrimientos han demostrado la extraordinaria plasticidad de los tejidos derivados de células madre, plantea cuestiones fundamentales sobre las relaciones de linaje de células (vg) y sugiere la posibilidad de nuevas terapias basadas en células. Hemos examinado este fenómeno en una relación recíproca entre el potencial de las células madre derivadas del músculo esquelético y de la médula ósea. Hemos descubierto que las células derivadas del músculo esquelético de ratones adultos contienen una notable capacidad para la diferenciación hematopoyética.

También hemos encontrado que las células madre en la médula ósea pueden contribuir a la reparación del músculo cardíaco y la neovascularización (vg) después de la lesión isquémica (vg). Trasplantamos altamente puras células madres en ratones letalmente radiados que subsecuentemente presentaron una oclusión de arteria coronaria isquémica, y reperfusión. Las células madre incorporadas en el ratón diferenciadas con cardiomiocitos y células endoteliales contribuyeron a un tejido funcional".<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Goodell, Margaret A. Stem Cell Plasticity in Muscle and Bone Marrow. *Annals of New York Academy of Science*. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb03591.x. January 25, 2006. <http://www3.interscience.wiley.com/journal/120754366/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0> Consultado el 10 diciembre de 2009. Traducción propia, con ayuda del Maestro Alfonso Ochoa Hoffman.



En 2003 el Dr. Songtao Shi del National Institute of Health (Instituto Nacional de Salud) descubre nuevas fuentes de células madre maduras en dientes infantiles.<sup>9</sup>

Shinya Yamanaka y James Thomson lograron reprogramar las células de la piel para que se comporten como células madre embrionarias, permitiendo su obtención sin utilizar embriones. En junio de 2007, el doctor Shinya Yamanaka, de la Universidad de Kioto publicó en la revista *Cell* una innovación revolucionaria, logró reprogramar células epiteliales de ratones para transformarlas en células madre. Desde entonces los investigadores en biotecnología de vanguardia se lanzaron a la reprogramación de células humanas adultas para lograr que se comporten como células madre embrionarias, con capacidad para generar tejidos de todos y cada uno de los cerca de 220 tipos celulares distintos que conforman al hombre, sin tener que luchar con los problemas bioéticos inherentes a la utilización de embriones humanos. Ambos equipos utilizan un proceso similar, aunque no idéntico, para reprogramar las células adultas de la piel<sup>10</sup>.

La historia de estas extraordinarias células continuará, pero me detengo en este punto, ya que considero que he referido lo que han sido los acontecimientos más sobresalientes, ocurridos a lo largo de más de una centuria, lo que constituye los cimientos para las actuales investigaciones y descubrimientos respecto de estas células.

---

<sup>9</sup> Ding, G et al. Suppression of T Cell Proliferation by Root Apical Papilla Stem Cells In Vitro. *Cells Tissues Organs*. 2010;191(5):357-64. Epub 2010 Jan 14. [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20090302?itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed\\_ResultsPanel.Pubmed\\_RVDocSum&ordinalpos=1](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20090302?itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_RVDocSum&ordinalpos=1). Consultada el 5 de diciembre de 2009.

<sup>10</sup> Vierbuchen, Thomas et al. Direct conversion of fibroblast to functional neurons by defined factors. *Journal Nature* 463, 1035-1041 (27 February 2010) | doi:10.1038/nature08797. <http://www.nature.com/nature/journal/v463/n7284/abs/nature08797.html>. Consultado 13 de enero de 2010.

## 1.2. Definición de célula madre

### 1.2.1. Consideraciones previas al término célula madre

Antes de comenzar a definir propiamente que es una "célula madre", quiero hacer una consideración semántica previa respecto a éste término.

La precisión que me interesa realizar va directamente en relación a las locuciones anglosajonas STEM<sup>11</sup> CELLS<sup>12</sup>, que a su traducción al español, partiendo de que STEM significa tronco o tallo y CELL célula; tenemos que ambos términos nos resultan en: CÉLULAS TRONCALES.

Tomando como referencia lo anterior, referirnos a estas células como células madre en la realidad es incorrecto, no obstante en el argot popular e incluso en el científico, se ha aceptado referirse a ellas de esta manera. Poniendo de manifiesto que en la diversidad de textos, artículos y demás obras de consulta respecto del tema, los autores han dividido sus posturas y las han llamado células troncales, stem cells, algunos otros las denominan células progenitoras o primordiales, e incluso hay quienes deciden llamarlas por su potencial de diferenciación como células pluripotentes, totipotentes o multipotentes y otros tantos, justifican la utilización del término células madre por su aceptación semántica. Apreciación que es importante, porque los que hemos tenido acercamiento al tema nos llegamos a confundir por la variedad de términos utilizados en la diversidad de bibliografía existente.

Habiendo hecho la aclaración, para fines de la presente investigación y con el propósito de lograr una unificación utilizaré el término células madre (CM) por lo asequible del concepto y por la actualidad que éste ha logrado en el terreno de lo científico y de lo común.

---

<sup>11</sup> Diccionario Cambridge Klett Compact, español - inglés, ingles español 2002, p. 1176.

<sup>12</sup> Diccionario Cambridge Klett Compact, español - inglés, ingles español 2002, p. 674.

### 1.2.2. Concepto de célula madre

Definir a las células madre ha sido un trabajo arduo para la ciencia a través de su evolución por la complejidad que representó y los diferentes descubrimientos que se fueron presentando a lo largo de su historia, no obstante hoy se cuenta con una diversidad de conceptos que en mayor o menor medida incluyen los elementos básicos de su constitución.

Dada la diversidad de conceptos opto por retomar las palabras de C. R. Towns y D. G. Jones, para conceptualizar a las células madre, por parecerme concisas y completas y que ayudarán de una manera específica a acceder al trabajo que realizo.

Ellos mencionan:

"Las células madre son células no especializadas, que cuentan con la capacidad de regenerarse por sí mismas indefinidamente y bajo las condiciones apropiadas pueden transformarse en una gran variedad de células adultas del cuerpo humano"<sup>13</sup>. Se sitúan al inicio del linaje de un tejido (vg) determinado y se encuentran en todos los organismos multicelulares.

### 1.2.3. Características generales de las células madre

Referirnos a las características de las células madre será el siguiente paso que ayudará a comprender lo maravilloso de estas células, haciendo especial hincapié, que sus características son únicas debido a que ninguna otra célula del cuerpo humano posee tales capacidades.

---

<sup>13</sup> C. R. Towns and D. G. Jones Stem cells, embryos, and the environment: a context for both science and ethics. Specialized magazine Journal Medical Ethics. (article, clinical ethics). New Zealand, 2004. JMedEthics 2004;30:410-413 doi: 10.1136/jme.2003.002386. <http://jme.bmj.com/content/30/4/410.abstract>. Consultada el 11 de noviembre de 2009. Traducción propia.

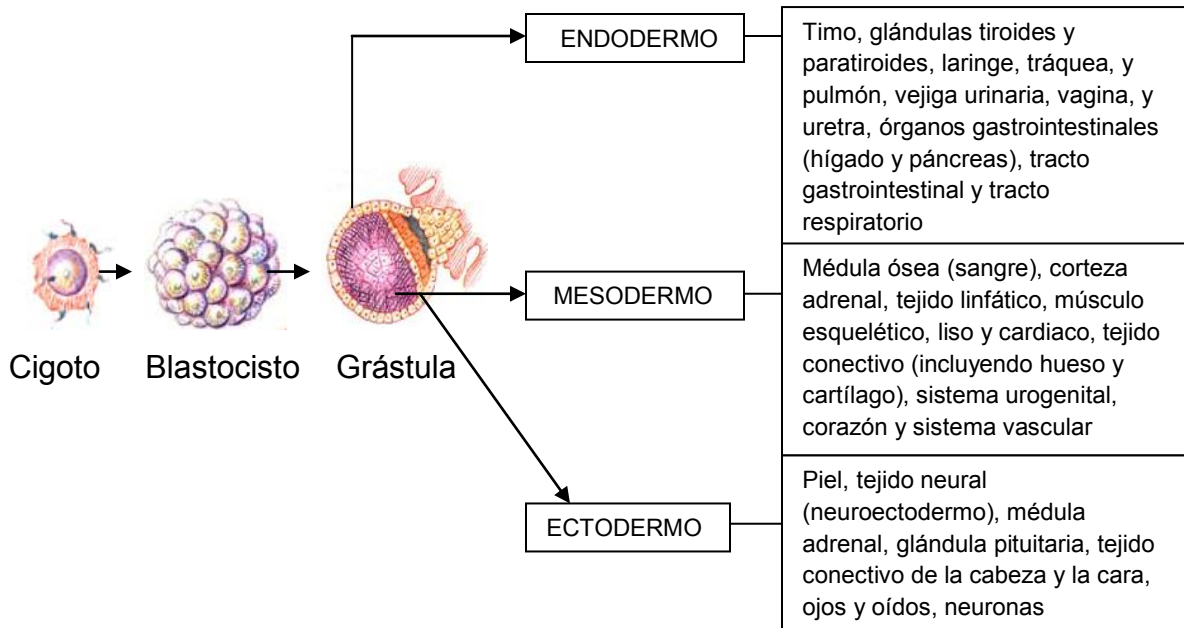
### 2.3.1. No especializadas con la capacidad de convertirse en especializadas (no diferenciadas con la capacidad de convertirse en diferenciadas)

La principal cualidad de las células madre es que estas son células no diferenciadas que existen en diferentes órganos o en la primera etapa embrionaria y que se multiplican durante largos periodos de tiempo. Bajo ciertas condiciones fisiológicas o experimentales, estas células pueden convertirse en células especializadas para realizar una función concreta como células cardíacas, pancreáticas, hemáticas y una variedad que alcanza los 200 tipos de tejidos y en su caso constituyen los tejidos del embrión (figura 1).

Las señales que aparecen tanto en el interior de la célula como en el medio que las rodea las hace convertirse en especializadas, a este proceso se le llama diferenciación. Las señales internas son controladas por los genes de la propia célula que se entrelazan a través de largas cadenas del ADN, que llevan instrucciones a todas las estructuras, haciendo pasar de una función a una célula. Las señales externas incluyen químicos secretados por otras células, el contacto con células vecinas y ciertas moléculas presentes en el entorno e incluso se puede hablar de la manipulación del entorno en laboratorio.

Dentro del concepto de especialización se localiza la plasticidad de las células madre, la cual refiere específicamente la posibilidad de que una célula madre adulta, por ejemplo, una célula madre adulta hemática, pueda producir no sólo células sanguíneas (que es su programación usual) como se había pensado, sino que puede generar células musculares y nerviosas entre otras, dejando de manifiesto la posibilidad de la existencia de una diferenciación de tejidos de diferentes linajes respecto de la célula de origen o precursora (vg).

Figura 1. Esquema clásico de diferenciación de los tejidos humanos.

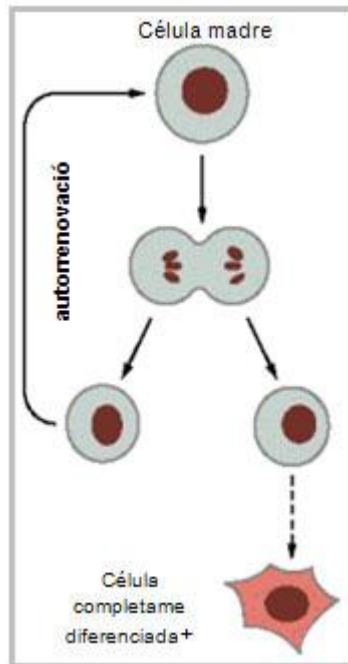


#### 1.2.3.2. Autorenovación (autoreplicación)

La autorenovación no quiere decir más que las mismas células madre producirán más de estas mismas conservando la característica de no especializadas durante un largo periodo de tiempo hasta volverse especializadas (figura 2).

En su mayoría, entre las células madre y su progenie totalmente diferenciada, existe una población intermedia de células madre, con una capacidad de auto renovarse y un restringido potencial de diferenciación. Una de las principales funciones de esta población intermedia es incrementar el número de células diferenciadas por cada división de las células madre.

Figura 2. Esquema de auto renovación de una célula madre<sup>14</sup>



### 1.3. Tipos de células madre según el tejido de origen

#### 1.3.1. Célula madre embrionaria (célula madre pluripotente)

En este apartado sólo haré una especificación general sobre qué son las células madre embrionarias, ya que en el siguiente capítulo abordaré el tema de una manera más específica, por tratarse del tema principal del presente trabajo.

Como su nombre lo sugiere, estas derivan de un embrión. Se obtienen de la masa celular interna (vg) del blastocisto. El blastocisto está formado por una capa externa denominada trofoblasto, formada por unas 70 células, y una masa celular interna constituida por unas 30 células que son las células madres embrionarias que tienen la capacidad de diferenciarse en todos los tipos celulares que aparecen en el organismo adulto, dando lugar a los tejidos y órganos.

<sup>14</sup> [http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_83.asp?cuaderno=83](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_83.asp?cuaderno=83). Consultada el 20 de enero de 2010.

### 1.3.2. Célula madre adulta (célula madre multipotente)

Es una célula indiferenciada que puede renovarse constantemente y dar lugar a células especializadas de tejido del cual se originan, que se auto replican durante toda la vida del organismo reemplazando de esta forma a las células cuando estas mueran, ya sea por desgaste, apoptosis (vg) o daño.

Las funciones principales de las células madre adultas en un organismo vivo son mantener y reparar el tejido en el que se encuentran.

Las células madre adultas generalmente se encuentran en cantidad escasa y frecuentemente son difíciles de identificar, aislar y purificar. Y habitualmente estas células no se replican indefinidamente en cultivo.

Las células madre adultas se conocen y estudian desde hace mucho tiempo como ya se hizo mención en diferentes tejidos, como la epidermis, el intestino y la sangre cuyas células se renuevan con frecuencia. Las células madre adultas más estudiadas han sido las formadoras de sangre o hematopoyéticas, que pueden ser separadas de la médula ósea y de la sangre periférica. Hace no mucho tiempo se descubrió su coexistencia en diversos tejidos que tienen limitada capacidad de renovación, como el músculo esquelético, piel, el hígado, páncreas, tracto gastrointestinal, retina, cornea y en la pulpa de la dentina, incluso en contra de lo que se pensaba las células madre adultas nerviosas se encuentran en gran variedad de localizaciones en el cerebro, un ejemplo las células de glía (vg).

Algunos científicos utilizan ahora las células madre somáticas en lugar de células madre adultas. A diferencia de las células madre embrionarias, que se definen por su origen (la masa celular interna del blastocisto), el origen de las células madre adultas en tejidos maduros se desconoce.

Los científicos de muchos laboratorios están tratando de encontrar maneras de hacer crecer células madre adultas en cultivo celular y manipular para generar tipos celulares específicos, para que puedan ser utilizados para tratar una determinada lesión o enfermedad; pero hasta la fecha no se ha podido aislar ninguna población de células madre adultas capaces de regenerar todos los tipos de células del cuerpo.

Se ha pensado que el tejido específico en dichas células varían en grado de potencialidad sin embargo, todavía es necesario identificar para la mayoría de los tejidos, los posibles marcadores retenidos exclusivamente por la población específica de las células madre adultas, como la falta en algunos casos, de estudios de marcadores genéticos (vg) que impliquen el funcionamiento de las células madre en el mantenimiento de ciertos tejidos.

Las células madre adultas por excelencia son las hematopoyéticas, estas pueden encontrarse en la sangre periférica, en la médula ósea o en la sangre del cordón umbilical.

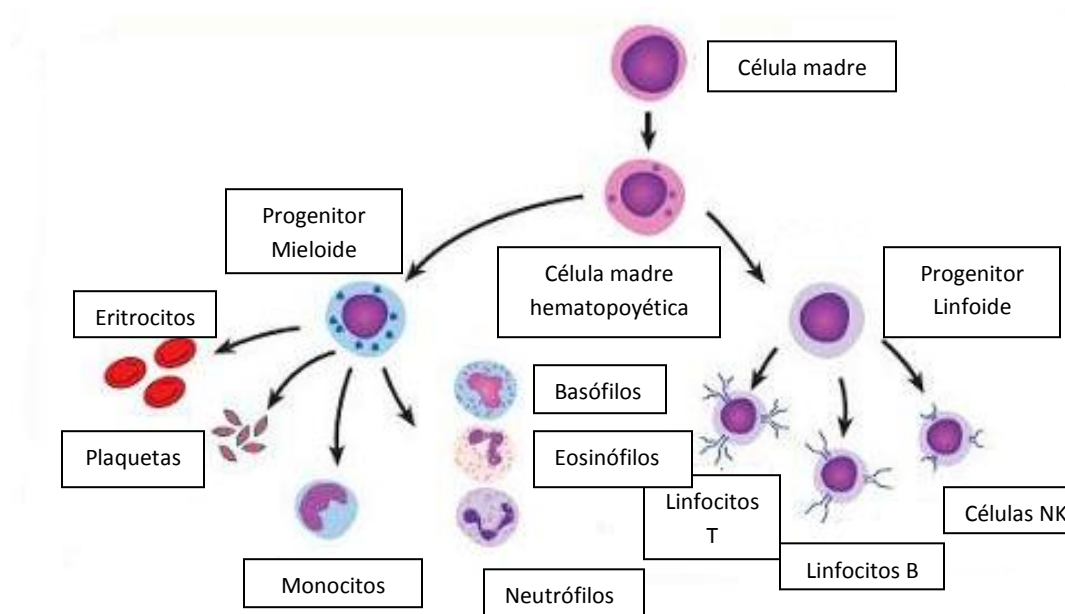
#### 1.3.2.1. Sangre periférica

En la actualidad las células madre hematopoyéticas se obtiene de la sangre periférica. Éstas se utilizan ampliamente en trasplantes y en muchos casos han sustituido los trasplantes alogénicos (vg) de médula ósea. Los progenitores hematopoyéticos se obtienen de la sangre, mediante la recolección automatizada con procesadores celulares, previa estimulación del donador mediante la administración subcutánea del factor estimulador de colonias de granulocitos (G-CSF, Granulocyte Colony Stimulating Factor vg), el cual acelera la producción de los neutrófilos (vg). Esta sustancia es una citosina (vg) que aumenta la producción y circulación de las células hematopoyéticas para optimizar su obtención por leucoféresis (vg).



En tejidos como la sangre de una sola célula madre adulta, se pueden originar grandes cantidades de 9 distintos tipos de células maduras: eritrocitos (vg), plaquetas (vg), neutrófilos, basófilos (vg), eosinófilos (vg), monocitos (vg), linfocitos T (vg), linfocitos B (vg) y células NK (vg) (figura 3). La tasa de producción de células madre adultas varía considerablemente entre los distintos tejidos. En la epidermis y la sangre, donde las células madre adultas tienen una vida muy corta, se generan millones de células diariamente (ej. en un hombre de 70 kilos se producen 1010 eritrocitos). En contraste, la producción de células madre adultas es muy baja en tejidos con una regeneración celular limitada como el cerebro o el hígado.

Figura 3. Sangre periférica.<sup>15</sup>

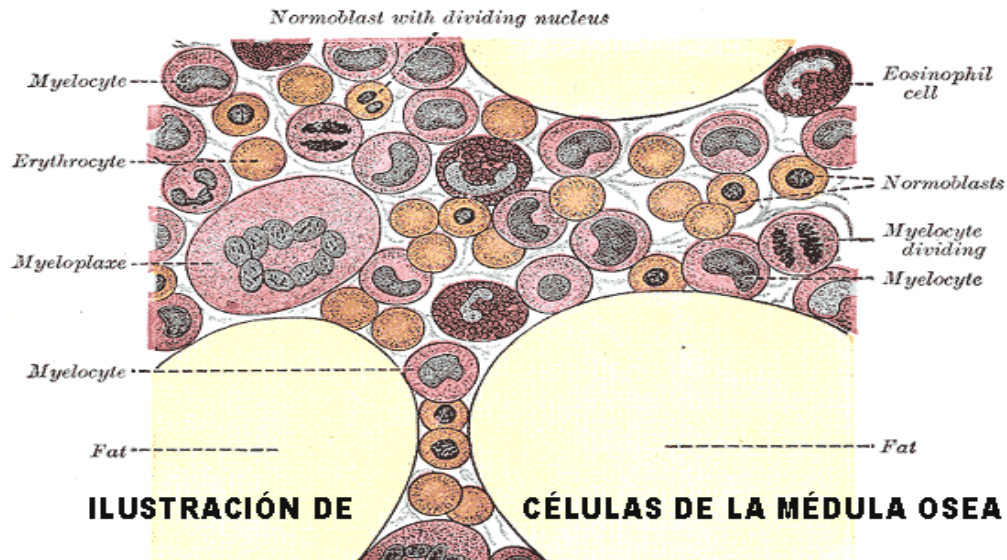


### 1.3.2.2. Médula ósea

La médula ósea, el material esponjoso que se encuentra dentro de nuestros huesos (figura 4), es probablemente la más rica fuente de células madre adultas (excluyendo la sangre del cordón umbilical).

<sup>15</sup> [http://www.lvcm.com.ve/images/def\\_cel2.JPG](http://www.lvcm.com.ve/images/def_cel2.JPG). Consultado el 15 marzo de 2010.

Figura 4. Células madre de la médula ósea<sup>16</sup>



El trasplante de células madre adultas hematopoyéticas alogénicas (vg) se realiza para tratar enfermedades hematológicas malignas y corregir alteraciones hereditarias de células residentes de la médula ósea. El método que se emplea para obtener las progenitoras celulares es el aspirado del contenido medular mediante la punción de un hueso. El material que se obtiene pasa por una serie de procesos de cribado para separar las células; el preparado resultante se reinfunde al paciente, alcanzando los espacios de la médula ósea, reparando las alteraciones que puedan existir.

El número de células madre y el grado de compatibilidad entre donante y receptor son factores importantes para realizar el trasplante. Las reacciones que determinan la compatibilidad tisular (vg) y el reconocimiento inmunológico de los antígenos de superficie de cada célula, se controlan por un grupo de genes denominado complejo mayor de histocompatibilidad (MHC) (vg), los cuales codifican la expresión del sistema de antígenos leucocitarios humanos (HLA). El

<sup>16</sup> [http://www.accumalaga.es/images/stories/celulas\\_de\\_la\\_medula\\_osea.png](http://www.accumalaga.es/images/stories/celulas_de_la_medula_osea.png). Consultado el 15 de mayo de 2010.

MHC se localiza en el brazo corto del cromosoma seis (vg). La compatibilidad de los antígenos HLA entre donador y receptor es un requisito fundamental para el éxito del trasplante. Desafortunadamente, sólo el 25% de los pacientes tiene un donador (hermano) HLA idéntico. Para superar este problema, varios países han establecido registros de individuos con tipificación HLA dispuestos a donar progenitores hematopoyéticos de la médula ósea o sangre periférica. El más completo de todos es el Registro Internacional de Trasplantes de Médula Ósea (International Bone Marrow Transplantation Register).

### 1.3.3. Células madre de cordón umbilical

Aunque las células madre localizadas en la sangre del cordón umbilical se pueden clasificar como un tipo de las células madre adultas hematopoyéticas, quiero separarlas y hacer una referencia específica y directa a ellas por el beneficio que han reportado para la medicina, convirtiéndose en un método popular y cada vez más viable para corregir diversas anomalías de origen hematopoyético, además de proveer a la ciencia una fuente de investigación alterna que no ha generado implicaciones éticas o morales y que ha obtenido protección legal en casi todos los países en los que se tienen laboratorios de recuperación y bancos de preservación.

Estas células son extraídas del cordón umbilical en el momento del parto, utilizándose el extremo del cordón unido a la madre, mientras la placenta sigue dentro del útero.

El procedimiento para obtenerlas se resume en 6 pasos (figura 5):

1. Inmediatamente después de que nace el bebé el ginecólogo corta el cordón umbilical y entrega el bebé al pediatra, posteriormente el ginecólogo desinfecta el cordón umbilical y punza la vena umbilical con la aguja unida a una bolsa de recolección estéril que contiene un anticoagulante, de esta forma la

sangre fluye hacia la bolsa de donde se obtienen aproximadamente 80 ml. de sangre. Esto se hace preferentemente antes de que la placenta haya sido extraída. La recolección es segura tanto para partos vía vaginal o cesáreas.

2. Al mismo tiempo se toma muestra sanguínea de la madre y del bebé por separado para su posterior estudio donde se determine la viabilidad de la muestra de cordón.

3. La bolsa en donde se recuperó la sangre de cordón y los recipientes muestras sanguíneas de la madre y del bebé son entregadas al laboratorio contratado.

4. Entregada las muestras al laboratorio se realiza un registro y se hace análisis de la sangre de la madre contra sífilis, hepatitis, virus de leucemia humana de las células T (HTLV) (vg), Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA) y citomegalovirus (CMV) (vg). Estas pruebas determinan el estado de la enfermedad y permite a la sangre del cordón ser potencialmente usada por la familia. En el caso de que el resultado de las pruebas sea positivo y exista alguna enfermedad, se realizará una nueva serie de exámenes confirmatorios. Cada muestra de sangre del cordón del bebé también es analizada para comprobar la ausencia de contaminación microbiológica.

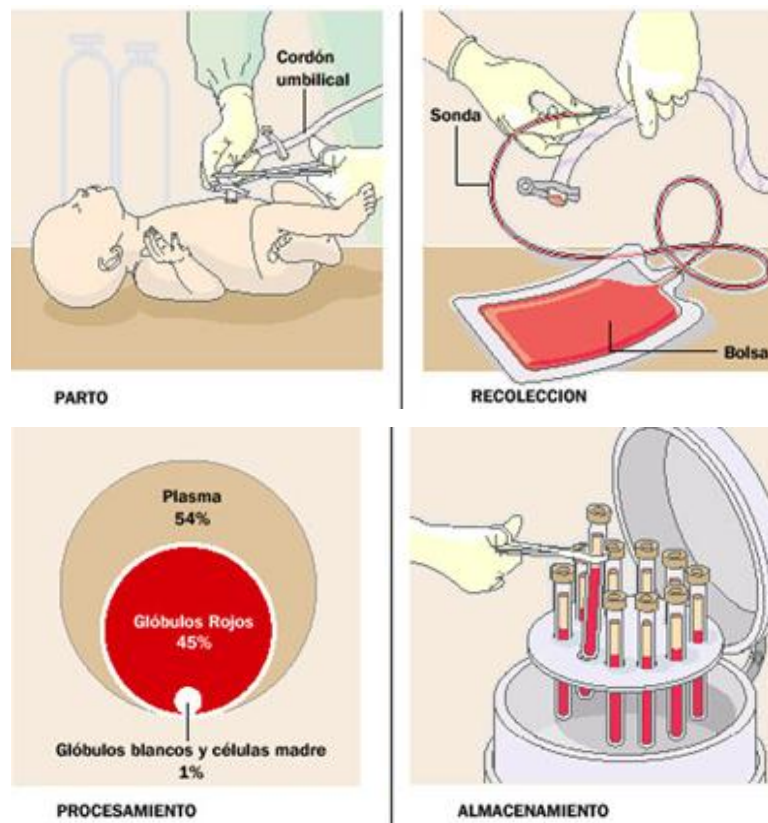
5. De ser viable la muestra de sangre de cordón, se centrifuga la sangre obtenida del cordón umbilical y pueden incluso separarse algunos linajes específicos de células madre para luego pasar a su embalaje.

6. Para ser almacenadas se emplean bolsas especiales para la criogenización. La bolsa incluye una muestra de 20 ml. y tres segmentos 5 ml. para pruebas, todo ello sobre envuelto para mayor protección. La técnica usada es llamada “tasa de congelamiento controlada”, la cual prepara las células para el

almacenamiento por largo tiempo. Luego, la bolsa es colocada en un casete protector y se coloca en nitrógeno líquido para la preservación criogénica.

La criopreservación o criogenización es el depósito, congelamiento y almacenamiento de células madre, estas células son congeladas a temperaturas de  $-190^{\circ}\text{C}$ . A esta temperatura las células se conservan vivas pero inanimadas lo que permite que se conserven en buen estado para su utilización futura.

Figura 5. Procedimiento de obtención de células madre de cordón umbilical<sup>17</sup>



La sangre de cordón umbilical es más segura y fácil de obtener, pues no es tan crítica la compatibilidad del sistema HLA entre donador y receptor. Con la médula ósea se necesita la compatibilidad de por lo menos seis antígenos, mientras que con la sangre del cordón umbilical se realizaría un trasplante exitoso

<sup>17</sup> [http://donacion.organos.ua.es/submenu3/inf\\_sanitaria/cordon/cordon2\\_1.asp](http://donacion.organos.ua.es/submenu3/inf_sanitaria/cordon/cordon2_1.asp). Consultada el 4 de noviembre de 2009.

con sólo cuatro antígenos, además las células sanguíneas de cordón umbilical son menos aloreactivas (vg) que las células de la médula ósea; por lo tanto, son aptas para trasplantes de receptores no relacionados. La sangre humana umbilical y placentaria, analizada después del parto, contiene gran concentración de células madre hematopoyéticas. La sangre de cordón umbilical, que normalmente se desecha, se obtiene fácilmente y de manera segura por personal calificado; es una alternativa de trasplante para la anemia aplásica, leucemia (vg), enfermedades metabólicas y otros padecimientos congénitos. Su principal limitante es el volumen obtenido, generalmente menor a 100 ml. el cual resulta suficiente para trasplantar a un receptor de menos de 40 kg. La sangre de cordón umbilical debe procesarse y estudiarse para descartar agentes infecciosos y determinar sus antígenos de histocompatibilidad HLA (vg); se puede mantener en buenas condiciones alrededor de 8 a 10 años en criopreservación<sup>18</sup>, en laboratorios públicos o privados, que prestan el servicio de recuperación y preservación para una posterior utilización.

Aunque el volumen de células obtenidas en una única recolección es limitado, se investiga como optimizar su obtención y fraccionamiento. Estas células tienen excelente capacidad de proliferación y reactividad inmunológica, lo que las hace ideales para la expansión de células madre ex vivo (fuera del cuerpo) y terapia génica.

Cuadro 1. Enfermedades tratadas con trasplantes de progenitores hematopoyéticos (médula ósea y sangre de cordón umbilical).

---

<sup>18</sup> Es sabido que las células madre pueden ser almacenadas con éxito por mucho tiempo, quizá décadas, bajo el proceso de criogenización, aunque tantos años no han pasado para probar la cantidad de tiempo absoluta que pueden ser guardadas las células. Sin embargo, un estudio reciente de la Universidad de Indiana sobre la sangre del cordón, demostró que su eficacia continúa luego de 15 años de haber sido criogenizadas. La médula espinal ha sido almacenada por décadas y se ha mantenido viable, por lo que no hay razón para creer que no suceda lo mismo en el caso de la sangre del cordón. Hal E. Broxmeyer et al. High-efficiency recovery of functional hematopoietic progenitor and stem cells for human cord blood cryopreserved for 15 years. "Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA" journal January 21, 2003, vol. 100 no. 649. <http://www.pnas.org/content/100/2/645.full.pdf+html?sid=bfe530ce-ada6-4c53-b712-457bfb28e3ec> Consultada el 28 de noviembre de 2009.

Leucemias	<p>Leucemias agudas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leucemia linfoblástica aguda (ALL)</li> <li>- Leucemia mieloide aguda (LMA) (vg)</li> <li>- Leucemia aguda bifenotípica (BAL)</li> <li>- Leucemia aguda indiferenciada</li> </ul> <p>Leucemias crónicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leucemia linfocítica crónica (LLC)</li> <li>- Leucemia mieloide crónica (LMC)</li> <li>- Leucemia mieloide crónica juvenil (JCML)</li> <li>- Leucemia mielomonocítica juvenil (JMML)</li> </ul> <p>Síndromes mielodisplásicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anemia refractaria con sideroblastos en anillo (RARS)</li> <li>- Anemia refractaria con excesos de blastos (RAEB)</li> <li>- Anemia refractaria con exceso de blastos en transformación (RAEB-T)</li> <li>- Leucemia mielomonocítica crónica (CMML)</li> </ul>
Linfomas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Linfoma de Hodgkin</li> <li>- Linfoma de no Hodgkin (tumor de Burkitt)</li> </ul>
Anomalías de los eritrocitos heredados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beta talasemia mayor</li> <li>- Anemia de Blackfan-Diamond</li> <li>- Aplasia pura de serie roja</li> <li>- Enfermedad de células falciformes</li> </ul>
Otros trastornos en la proliferación de células sanguíneas	<p>Anemias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anemia aplásica severa</li> <li>- Anemia de Fanconi</li> <li>- Anemia diseritropoyética congénita</li> <li>- Hemoglobinuria paroxística nocturna (PNH)</li> <li>- Trombocitopenia de Glanzmann</li> </ul> <p>Trastornos mieloproliferativos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mielofibrosis aguda</li> </ul>

- |  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>- Metaplasma mieloide agnogénica</li><li>- Policitemia vera</li><li>- Trombocitemia esencial o primaria</li><li>- Trastornos hereditarios del sistema inmunológico</li><li>- Inmunodeficiencia Combinada Severa (SCID) con deficiencia de adenosina deaminasa (ADA-SCID)</li><li>- SCID ligada al cromosoma X</li><li>- SCID con ausencia de linfocitos T y B</li><li>- SCID con ausencia de linfocitos T y linfocitos B normales</li><li>- Síndrome de Omenn</li><li>- Síndrome de Kostmann – Mielocatexis</li><li>- Ataxia-telangiectasia</li><li>- Síndrome de Guillain-Barré</li><li>- Inmunodeficiencia variable común</li><li>- Síndrome de DiGeorge</li><li>- Deficiencia de adhesión leucocitaria</li><li>- Trastornos linfoproliferativos (DBP)</li><li>- Trastornos linfoproliferativo ligado al cromosoma X (susceptibilidad del virus Epstein-Barr)</li><li>- Síndrome de Wiskott-Aldrich</li></ul> |
|--|---|



Cáncer en médula ósea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mieloma múltiple</li> <li>- Leucemia de células plasmáticas</li> <li>- Macroglobulinemia de Waldenstrom</li> </ul>
Otros tipos de cáncer Trasplantes para desórdenes heredados del sistema inmune u otros órganos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neuroblastoma</li> <li>- Retinoblastoma</li> <li>- Hipoplasia del cartílago piloso (HCC)</li> <li>- Enfermedad de Gunther</li> <li>- Síndrome de Hermansky-Pudlak</li> <li>- Síndrome de Pearson</li> <li>- Síndrome de Shwachman-Diamond</li> <li>- Mastocitosis sistémica</li> </ul>
Trasplantes para desórdenes metabólicos heredados	<p>Mucopolisacaridosis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mucopolisacaridosis (MPS)</li> <li>- Síndrome de Hurler (MPS-IH)</li> <li>- Síndrome de Scheie (MPS-IS)</li> <li>- Síndrome de Hunter (MPS-II)</li> <li>- Síndrome de Sanfilippo (MPS-III)</li> <li>- Síndrome de Morquio (MPS-IV)</li> <li>- Síndrome de Maroteaux-Lamy (MPS-VI)</li> <li>- Síndrome de Sly (MPS-VII)</li> <li>- Mucopolisacaridosis II (enfermedad de células I)</li> </ul> <p>Leucodistrofias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adrenoleucodistrofia (ALD) / Adrenomieloneuropatía (AMN)</li> <li>- Enfermedad de Krabbe (leucodistrofia globoide)</li> <li>- Leucodistrofia metacromática</li> <li>- Enfermedad de Pelizaeus-Merzbacher</li> <li>- Enfermedades lisosomales</li> <li>- Enfermedad de Gaucher</li> <li>- Enfermedad de Niemann-Pick</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfermedad de Sandhoff</li> <li>- Enfermedad de Tay-Sachs</li> <li>- Enfermedad de colman</li> </ul>
Otros desórdenes heredados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Síndrome de Lesch-Nyhan</li> <li>- Osteopetrosis</li> </ul>

#### 1.4. Células madre según su potencial de diferenciación

Aunque ya se ha hecho mención a los tipos de células madre que existen, la literatura que se hay al respecto señala un rubro más para caracterizar a las células madre, esto es el potencial de diferenciación que presentan, lo que implica que las células sufren modificaciones citológicas dando lugar a una forma y una función determinada durante el desarrollo embrionario o la vida de un organismo pluricelular, especializándose en un tipo celular determinado.

##### 1.4.1. Células totipotentes

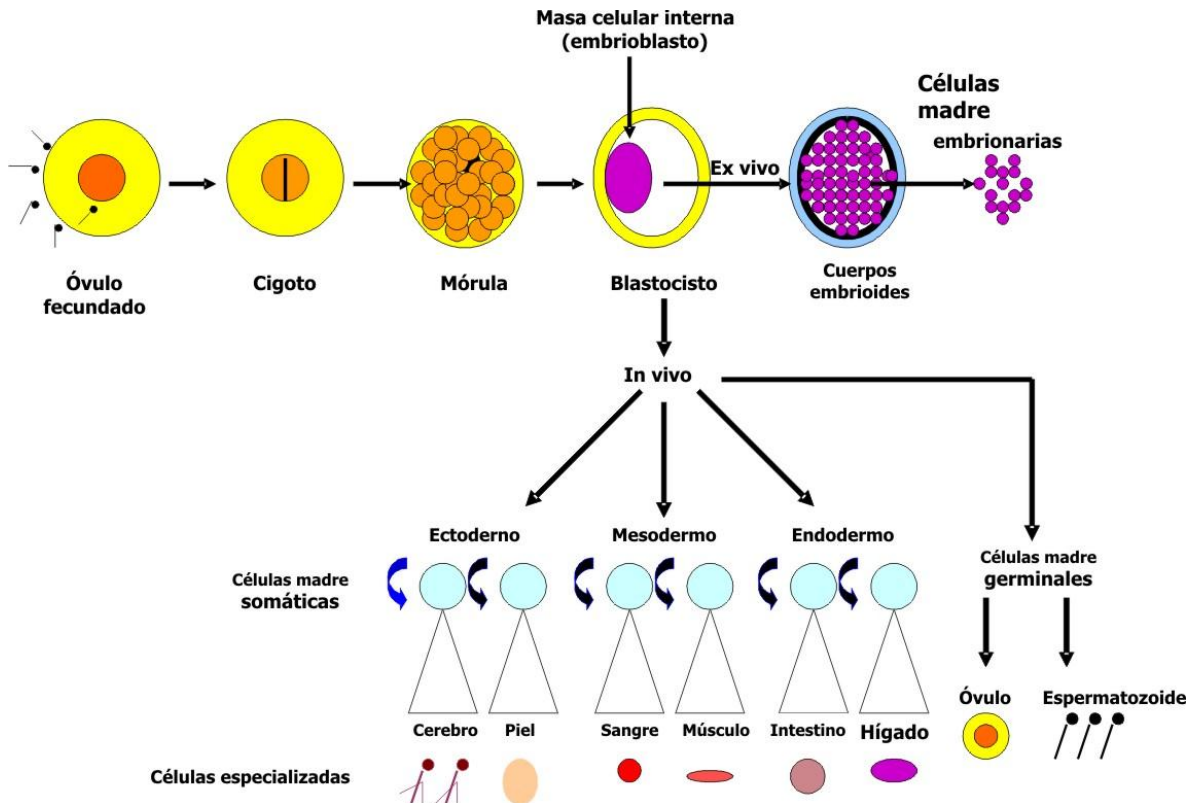
Estas pueden crecer y formar un organismo completo, tanto los componentes embrionarios (como por ejemplo, las tres capas embrionarias, el linaje germinal y los tejidos que darán lugar al saco vitelino (vg)), como los extraembrionarios (como la placenta). Es decir, pueden formar todo los tipos celulares.

La célula madre por excelencia es el cigoto (vg), formado cuando un óvulo es fecundado por un espermatozoide. El cigoto es totipotente, es decir, puede dar lugar a todas las células del feto y a la parte embrionaria de la placenta.

Conforme el embrión se va desarrollando, sus células van perdiendo esta propiedad (totipotencia) de forma progresiva, llegando a la fase de blástula o blastocisto en la que contiene células pluripotentes (células madre embrionarias)

capaces de diferenciarse en cualquier célula del organismo salvo las de la parte embrionaria de la placenta (figura 6).

Figura 6. Ejemplo del desarrollo de una célula madre totipotente<sup>19</sup>



#### 4.2. Células pluripotentes

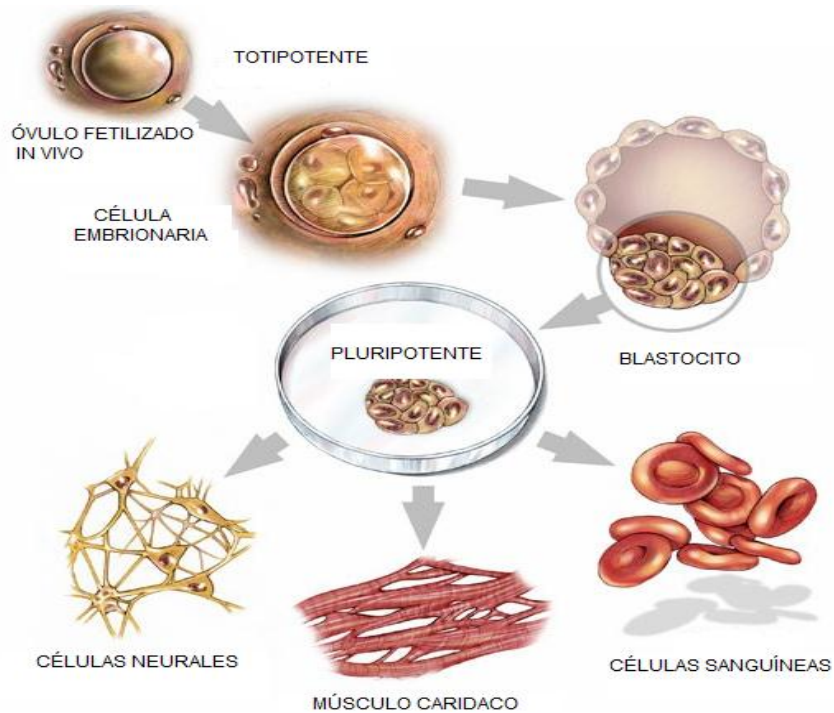
Estas células están presentes en estadios tempranos del desarrollo embrionario, con alta capacidad de autorenovación y con la capacidad de generar varios linajes celulares o tejidos diferentes (vg), aunque nunca en un organismo completo.

<sup>19</sup> <http://reycyc.files.wordpress.com/2009/04/celulas-madre-embriionarias.jpg>. Consultada el 2 de diciembre de 2009.

Las células madre embrionarias presentes en la masa celular interna del blastocisto son un ejemplo de células pluripotentes, capaces de originar distintos tejidos u órganos, pero no aquellos extraembrionarios necesarios para el proceso de gestación, como la placenta (trofoblasto) y otros tejidos de sostén necesarios para el desarrollo del feto dentro del útero.

Además este tipo de células in vitro se pueden diferenciar en células del endodermo (vg), ectodermo (vg) y mesodermo (vg). Así mismo, cuando estas células crecen, el medio líquido (in vitro) y sufren diferenciación, forman agregados tridimensionales llamados cuerpos embriones, que corresponden a estructuras tridimensionales muy semejantes a los embriones en primeros estadios de desarrollo.

Figura 7. Derivación de las células pluripotentes<sup>20</sup>



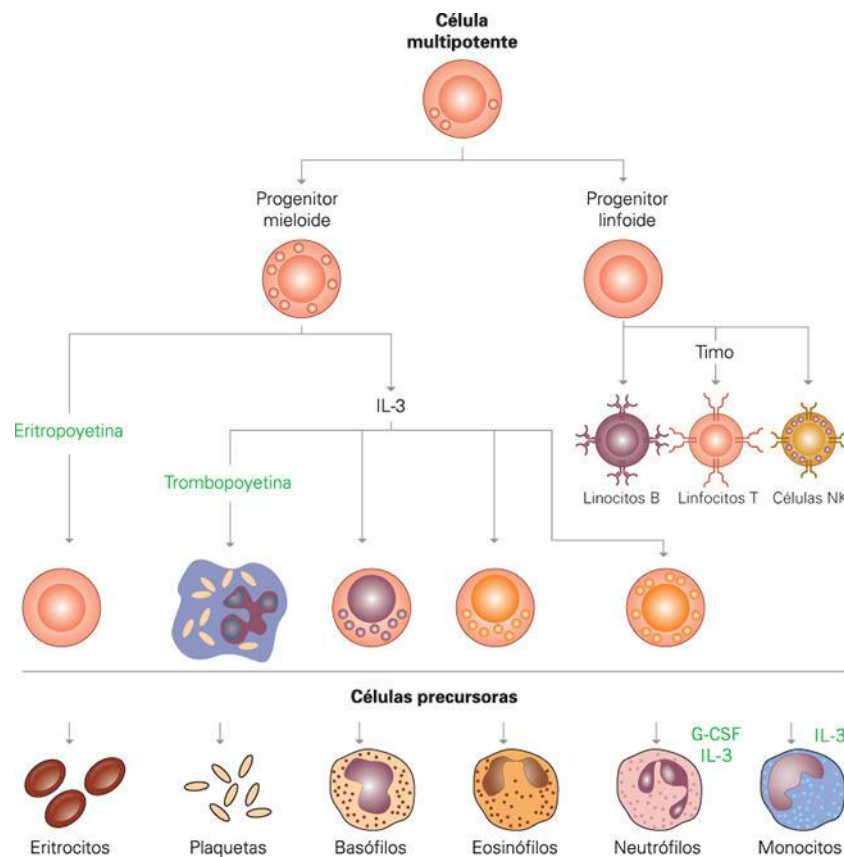
<sup>20</sup> <http://www.neoteo.com/Portals/0/imagenes/cache/9CC2x580y1000.jpg>. Consultada el 10 de diciembre de 2009.

### 1.4.3. Células multipotentes

Estas células están presentes en tejidos u órganos adultos y que, bajo determinadas condiciones, pueden dar lugar a diferentes, pero limitados, tipos celulares o tejidos. Normalmente, estas células multipotentes sólo originarán células de tejidos análogos (aunque queda siempre la posibilidad de la plasticidad), que repoblarán un tejido.

Las células madre hematopoyéticas son las células madre adultas multipotenciales mejor caracterizadas (figura 8).

Figura 8. Ejemplificación de células madre multipotentes<sup>21</sup>



<sup>21</sup> <http://mezaadoz.blogspot.com/2009/02/hematopoyesis.html?zx=5c0e0764076281f>. Consultada el 3 de febrero de 2010.

#### 1.4.4. Células unipotentes

Las células madre unipotentes pueden formar únicamente un tipo de célula particular. En los órganos ya formados, son encontradas en órganos adultos que dan origen a un único tipo de tejido, la función probable de estas células es la regeneración de determinados tejidos.

Este primer acercamiento al conocimiento de las células madre y el entendimiento del origen de su descubrimiento y desarrollo, serán de vital importancia que cimentaran las bases para la comprensión de que es una célula madre embrionaria, así como dimensionar sus atributos y el potencial que tienen en la práctica médica.

Todo el trabajo que se ha generado en torno a estas células, nos permiten saber que tan promisorio sería contar más información y progresos en torno a ellas para crear nuevos y mejores procedimientos que le permitan al campo de la medicina gozar avances innovadores ante los nuevos retos de la salud que cada día exigen explorar nuevas rutas para mejorar la calidad de vida y la condición de algunas enfermedades.

## CAPÍTULO II. CÉLULAS MADRE EMBRIONARIAS

### 2.1. Proceso embrionario

Antes de ofrecer una definición sobre célula madre embrionaria considero necesario realizar una breve explicación sobre las fases del proceso embrionario, esto con el propósito dar una idea clara y precisa de su origen.

Dicho proceso embrionario comienza con la fusión de un óvulo (ovocito, oocito u óvulo en maduración) y un espermatozoide (espermatozoo), a esta unión se le conocerá como fecundación, sin embargo antes de que se efectúe este proceso ocurren ciertos preparativos; las células sexuales femeninas y masculinas deben pasar por una larga serie de cambios que llevan por nombre gametogénesis<sup>22</sup> que convierten a estas células sexuales, desde los puntos de vista genético y fenotípico, en gametos maduros que son capaces de tomar parte en el proceso de la fecundación.

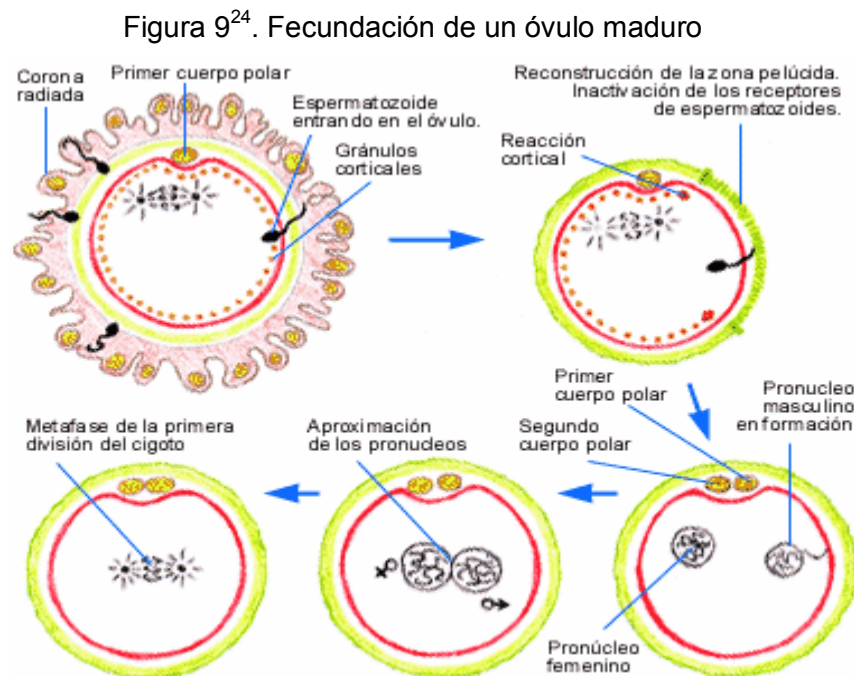
Una vez concluidos los preparativos de las células sexuales se realiza la fecundación, que tiene lugar en la parte superior de las trompas de Falopio, a donde llegan los espermatozoides ayudados por las contracciones de las paredes del útero; como proceso inicia en el momento que los espermatozoides empiezan a penetrar la corona radiada que rodea al óvulo, y sólo uno logra pasar por la zona pélcida para alcanzar el óvulo haciendo que la esta zona se torne impenetrable para el ingreso de otros espermatozoides evitando la poliespermia, después se fusionan las membranas plasmáticas del óvulo y del espermatozoide en el área de fusión. Después de que el espermatozoide ha entrado en el óvulo, se ha

---

<sup>22</sup> La gametogénesis suele dividirse en 4 fases: 1) el origen extraembrionario de las células germinales y su migración hacia las gónadas, 2) un aumento en el número de células germinales por mitosis, 3) una reducción del número de cromosomas en virtud de la meiosis y 4) la maduración estructural y funcional de los óvulos y espermatozoides.

completado la segunda división meiótica<sup>23</sup> (vg) y forma el pronúcleo femenino (el núcleo del óvulo maduro). Dentro del citoplasma del óvulo crece el núcleo de la cabeza del espermatozoide para formar el pronúcleo masculino. En este proceso se degenera la cola, permitiendo la interacción del contenido nuclear del espermatozoide con el citoplasma del óvulo.

Una vez que los pronúcleos femeninos y masculinos se han fusionado replicarán su ADN, entremezclándose cromosomas maternos y paternos (es una nueva célula que vuelve a tener 46 cromosomas, pero ahora tendrá 23 cromosomas del óvulo, más los 23 del espermatozoide), luego estos se separan longitudinalmente y experimentan una división mitótica que da origen a la etapa bicelular (cigoto) figura 9.



Inmediatamente después de la fecundación, el cigoto (vg) sufre un aumento en su metabolismo y comienza a presentar divisiones meióticas rápidas (a este

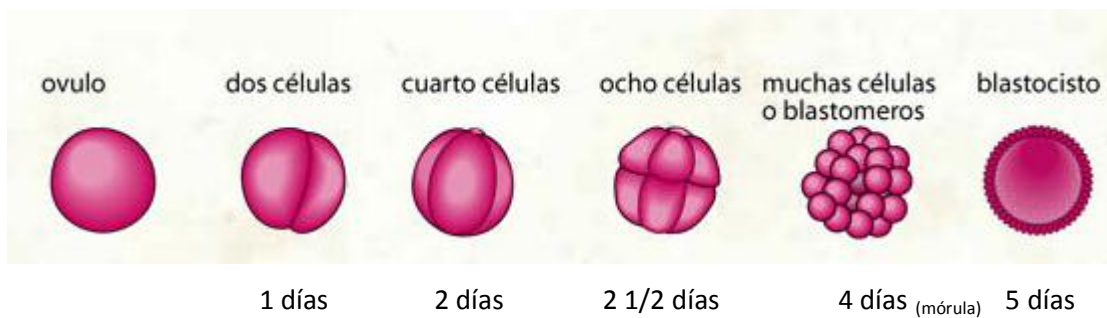
<sup>23</sup> La primera división meiótica, se lleva a cabo en las células germinativas durante la gametogénesis se denomina división de reducción, debido a que se reduce el número de cromosomas.

<sup>24</sup> <http://sites.google.com/site/epstareas/gametogenesies.jpg>. Consultada el 14 de abril del 2010.



momento se le conoce también como grastulación, mitosis o segmentación) originando un incremento vertiginoso del número de células. Primero el cigoto se divide en dos células que se conocen como blastómeros, a continuación, estas células se dividen en cuatro blastómeros, luego en ocho blastómeros y así sucesivamente hasta formar el blastocisto (figura 10), considerándose esta como una etapa crucial del desarrollo por la aparición de tres capas embrionarias que darán origen a diferentes tejidos y órganos (ectodermo (vg), mesodermo y endodermo). Esta segmentación ocurre durante el paso del cigoto (vg) a lo largo de la trompa de Falopio hacia el útero, donde al final de su recorrido se implantará definitivamente.

Figura 10<sup>25</sup>. Segmentación de un óvulo fecundado



Cuando la blástula se implanta en el endometrio uterino, se desarrolla el saco amniótico que albergará al embrión. El saco amniótico está lleno de líquido amniótico que amortiguará los posibles golpes que reciba.

Entre el útero y el embrión se desarrollará la placenta cuya función es alimentar al embrión y retirar y eliminar los productos de desecho, también actuará como barrera defensiva. La comunicación entre la placenta y el embrión se realiza a través del denominado cordón umbilical, por el que pasan dos arterias y una vena.

<sup>25</sup> [http://www.infovisual.info/03/067\\_es.html](http://www.infovisual.info/03/067_es.html). Consultada el 14 de abril de 2010.

Hasta este punto han pasado al menos dos semanas y hago un alto en esta parte del proceso embrionario y de gestación, ya que para el estudio que pretendo realizar de las células madre embrionarias, es suficiente con lo aquí explicado, y a continuación ofreceré su definición.

## 2.2. Definición de célula madre embrionaria

Las células madre embrionarias humanas como el nombre lo sugiere, derivan de embriones, específicamente de la masa celular interna del blastocito (vg), entre los 5 y 7 días de ocurrida la fertilización.

Estas células tienen la característica de ser pluripotenciales, lo que indica que por su propia constitución no son especializadas y por tanto son capaces de originar las células de cualquier órgano o tejido del cuerpo humano.

Las células madre embrionarias son pluripotentes, pueden ser cultivadas indefinidamente en un estado indiferenciado y conservan su potencial de desarrollo después de cultivos prolongados, dando lugar a células hijas idénticas a ellas (líneas celulares).

Se pueden obtener células madre embrionarias de dos fuentes principalmente, que son:

a) De embriones supernumerarios o sobrantes, conservados en criopreservación -congelación- después de un proceso de fecundación in vitro y que han sido donados a la investigación por los donantes del óvulo y espermatozoides de donde resulta el embrión,

## b) De un aborto espontáneo

Existe una tercera fuente, de los embriones humanos, obtenidas por clonación terapéutica, pero esta se encuentra en una etapa experimental.

### 2.2.1. Procesos de obtención de las células madre embrionarias humanas

Como mencioné en el apartado anterior, en la actualidad las células madre embrionarias humanas pueden obtenerse principalmente de los embriones supernumerarios resultantes de una fecundación in vitro y de abortos espontáneos.

A continuación describo de manera breve como se obtienen los embriones a través de los medios antes mencionados.

#### 2.2.1.1. Procedimiento de obtención de células madre embrionarias por fecundación in vitro (FIV)

Generalmente la fecundación in vitro es utilizada cuando se observan problemas que impiden el proceso de fecundación ya sea por causas atribuibles al hombre o a una mujer que desean concebir.

La fertilización in vitro ha sido una de las técnicas de laboratorio más usadas<sup>26</sup> con el fin de "remediar" la infertilidad. Además se ha encontrado que esta técnica permite estudiar y obtener líneas de células madre embrionarias.

---

<sup>26</sup> Al igual que la fertilización in vitro, la transferencia intratubárica de gametos, la transferencia intratubárica de cigoto y la transferencia intratubárica de embriones son procedimientos comunes de la tecnología de reproducción asistida. La tecnología de reproducción asistida también se refiere a técnicas específicas de micromanipulación y laboratorio, como la inyección intracitoplasmática de espermatozoides y la incubación con láser. Estas técnicas de micromanipulación con láser y micromanipulación de espermatozoides están diseñadas para incrementar la eficacia de la fertilización in vitro.

Este procedimiento se lleva a cabo de la siguiente manera:

### Fase 1. Estimulación ovárica o superovulación

Este primer paso se realiza durante el segundo día del ciclo menstrual, cuando se inicia la estimulación ovárica a través de la administración de ciertos medicamentos que estimulan el crecimiento del folículo ovárico.

Por lo general se suelen utilizar unas hormonas llamadas gonadotropinas o gonadotrofinas<sup>27</sup>. Estas hormonas son inyectadas durante 10 a 14 días, hasta que se estima que los ovocitos ya están lo suficientemente maduros. Este control se realiza por medio de ultrasonidos cada dos días. Durante esta fase, y para evitar que se produzca una ovulación espontánea se utilizan antagonistas GnRH que bloquean a la hormona luteinizante (LH) que es la que regula entre otras cosas, el momento de la ovulación mediante un pico en su producción.

### Fase 2. Extracción de ovocitos (figura 11)

Tres días antes de la extracción de los ovocitos se suministra a la mujer una hormona llamada Gonadotropina Coriónica Humana (GCH o hCG), que por su similitud externa a la Hormona Luteinizante o LH (vg) se utiliza con éxito para provocar la ovulación.

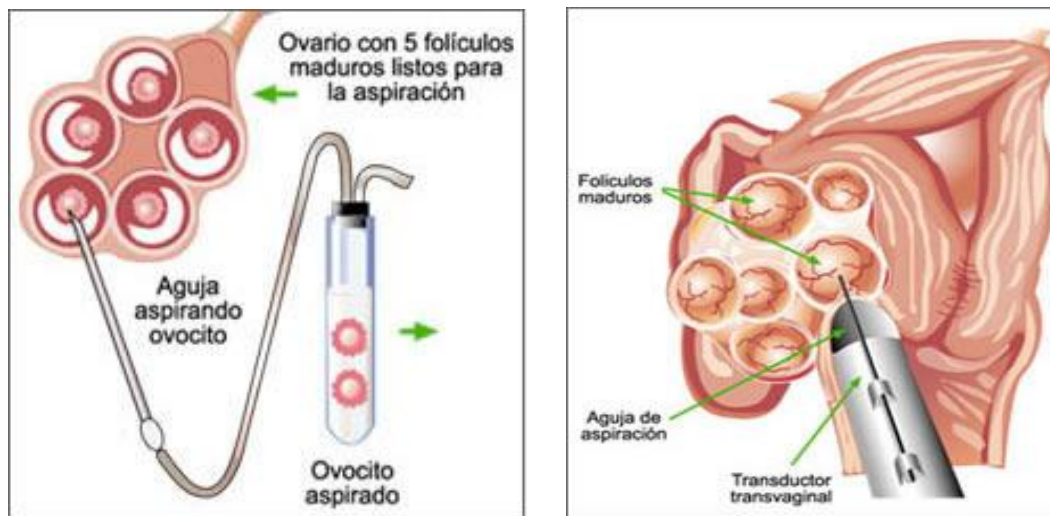
---

<sup>27</sup> La gonadotropina coriónica humana (GCH) (hCG por sus siglas en inglés) es una hormona sintetizada en el embrión y en el sincitiotrofoblasto (parte de la placenta) en las mujeres embarazadas y en el cerebro con diferentes funciones en hombres y mujeres: en la mujer estimula la maduración del óvulo y en el hombre la producción de testosterona en los testículos. La hCG durante el embarazo previene la desintegración del cuerpo lúteo en el ovario y por tanto mantiene la producción de progesterona, sumamente importantes para el embarazo, y además interviene en la tolerancia inmunitaria durante el mismo. La gonadotropina coriónica humana (hCG) se utiliza como fármaco inductor de la ovulación. De forma natural la ovulación se produce por un pico de hormona luteinizante (LH). Este incremento de LH tiene lugar aproximadamente 24-36 horas antes de la ovulación. La hCG debido a su parecido estructural con LH puede sustituirla en esta función. Este fármaco induce la ovulación unas 38 horas después de su administración.

<http://www.reproduccionasistida.org/reproduccion-asistida/fecundacion-in-vitro/embarazada/evolucion-natural-del-sindrome-de-hiperestimulacion-ovarica/>. Consultada el 20 de abril del 2011.

Esta ovulación se producirá en 72 horas, pero antes de que se lleve a cabo se procederá a la extracción de los ovocitos por medio de un procedimiento llamado aspiración folicular<sup>28</sup>. Este procedimiento extrae los ovocitos por medio de una aguja guiada por ultrasonidos, que se introduce en la vagina y a través de su pared se llega a los ovarios.

Figura 11<sup>29</sup>. Extracción de ovocitos por aspiración folicular y extracción de ovocitos por aspiración folicular transvaginal

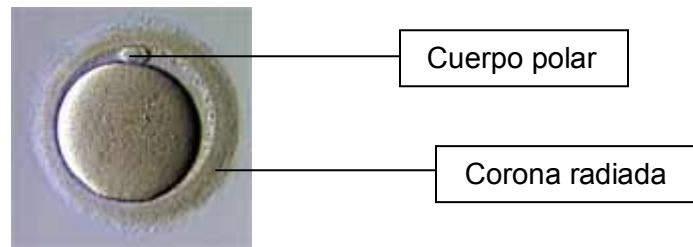


El resultado de la aspiración es un líquido folicular que se inspeccionará en el laboratorio bajo microscopio, para realizarse una clasificación de los óvulos que están presentes en este líquido. Los óvulos que se necesitan para ser inseminados deben encontrarse en metafase II o fase pre ovulatoria (se caracteriza por la presencia de cuerpo polar y expansión de la corona radiada - figura 12- ).

<sup>28</sup> En la actualidad para la extracción de los ovocitos ya no es necesaria ningún tipo de cirugía, ya que se utiliza una técnica llamada recuperación transvaginal del ovocito, en la que por medio de una aguja guiada vía ultrasonidos los ovocitos son recogidos sin necesidad de anestesia, ni hospitalización alguna.

<sup>29</sup> <http://www.embarazoalternativa.com/tag/embriones/>. Consultada el 10 de abril del 2010.

Figura 12<sup>30</sup>. Óvulo en metafase II o fase preovulatoria

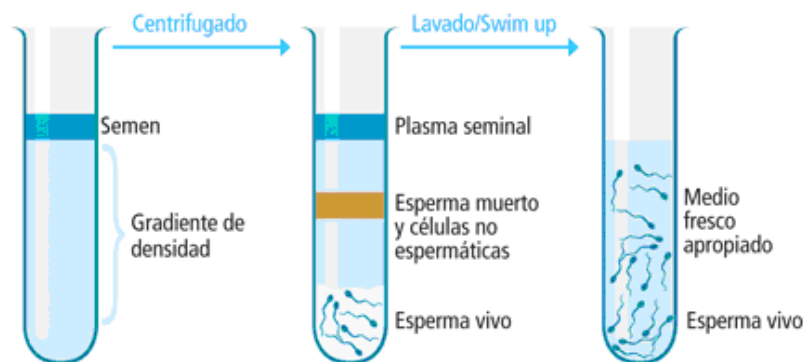


### Fase 3. Preparación de óvulos y preparación y capacitación de esperma

Una vez terminada la aspiración se transporta el líquido folicular al laboratorio donde se cuentan y aíslan los ovocitos extraídos retirando las células que los rodean. Tras su limpieza se les coloca en un cultivo especial y se les incubará durante 2 ó 3 horas a una temperatura de 37°C.

Al mismo tiempo, el semen se prepara para la fecundación, eliminando las células inactivas, el fluido seminal y se realiza su capacitado (figura 13). Si el semen proviene de un donante, probablemente habrá sido preparado antes de ser congelado y puesto en cuarentena, y cuando sea descongelado estará listo para usar.

Figura 13<sup>31</sup>. Proceso de lavado de esperma



<sup>30</sup> <http://www.cerivf.com/images/ocitolucinda-thumb.jpg>. Consultada el 16 de abril de 2010.

<sup>31</sup> [http://gtt-vih.org/files/imágenes/LMP/LMP44/EN%20PERSONA/LMP44\\_lavado\\_esperma](http://gtt-vih.org/files/imágenes/LMP/LMP44/EN%20PERSONA/LMP44_lavado_esperma). Gif. Consultada el 10 de abril del 2010.

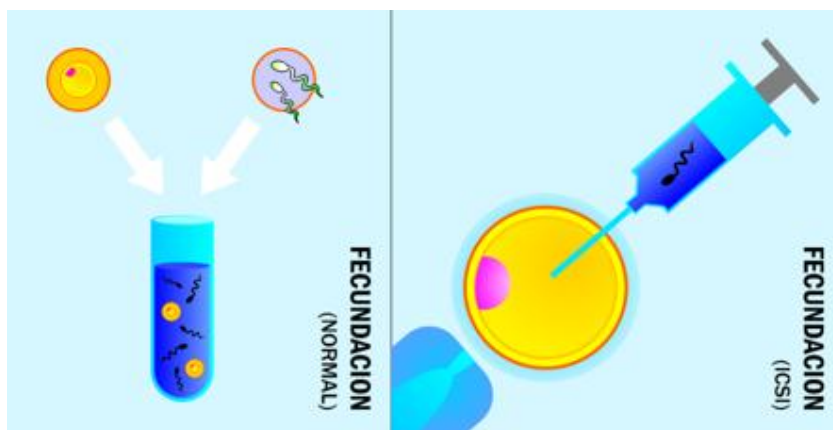
#### Fase 4. Fecundación

Pasada la incubación se procederá a unir los ovocitos y los espermatozoides, y esta tarea suele realizarse con dos procedimientos diferentes:

Fecundación in vitro convencional. Se juntan los ovocitos y el espermatozoides en una placa de Petri en una proporción de 1 ovocito por cada 70.000 espermatozoides aproximadamente. La placa de cultivo se deja en la incubadora, que se encuentra a la misma temperatura que el útero materno durante 24 horas (se incuban en una atmósfera de CO<sub>2</sub> 5% en aire y 98% de humedad).

Inyección Intracitoplásmica del Esperma (ICSI). En esta en vez de mezclar los ovocitos y los espermatozoides en una solución y esperar que la fecundación ocurra sola, es un técnico de laboratorio el que captura un solo espermatozoide y lo inyecta directamente en el interior de un ovocito.

Figura 14<sup>32</sup>. Tipos de fecundación en laboratorio



Después de utilizar cualquiera de los dos procedimientos, y tras esperar 18 horas se comprueba el número de ovocitos que han sido fecundados y estos serán pasados a un nuevo cultivo para iniciar la siguiente fase.

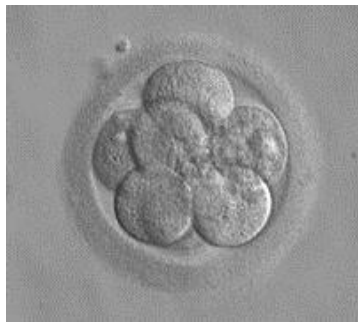
<sup>32</sup> <http://www.fecundacióninvitro.com/>. Consultada el 14 de abril del 2010.

## Fase 5. Cultivo de embriones

Tras la fecundación empieza la fase de cultivo de embriones. Esta etapa suele durar de 2 a 5 días, aunque no normal es que los embriones sean implantados una vez transcurridos 3 días.

Tras el periodo de 3 días el embrión ya cuenta con 6 u 8 células (figura 15).

Figura 15<sup>33</sup>. Embrión de 8 células listo para ser transferido



Para cultivos más largos de 3 días el medio en el que se desarrollan los embriones ha de ser más complejo y debe de contener vitaminas, metales, aminoácidos y otros nutrientes para que el embrión se desarrolle adecuadamente.

Si se opta por el cultivo hasta el día 5, cuando el embrión es implantado ya se ha transformado en un blastocito (vg) y tiene de 12 a 16 células (figura 16). Esta opción suele ser elegida cuando han fallado implantaciones anteriores y de este modo puede observarse mejor y durante más tiempo crecimiento de los embriones.

---

<sup>33</sup> <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/007279.htm>. Consultada el 14 de abril del 2010.



Figura 16<sup>34</sup>. Embrión de 12 células



También suele ser utilizado el periodo de 5 ó 6 días para realizar una mejor o más detallada selección de embriones<sup>35</sup>.

#### Fase 6. Transeferencia de embriones (figura 17)

Este es un procedimiento muy simple y no requiere anestesia ni hospitalización alguna, en realidad es muy similar a la técnica de la inseminación intrauterina.

Un número concreto de los embriones previamente seleccionados son transportados al útero por medio de una cánula (que en un pequeño tubo de plástico), y una vez transferidos suele administrarse una inyección de progesterona.

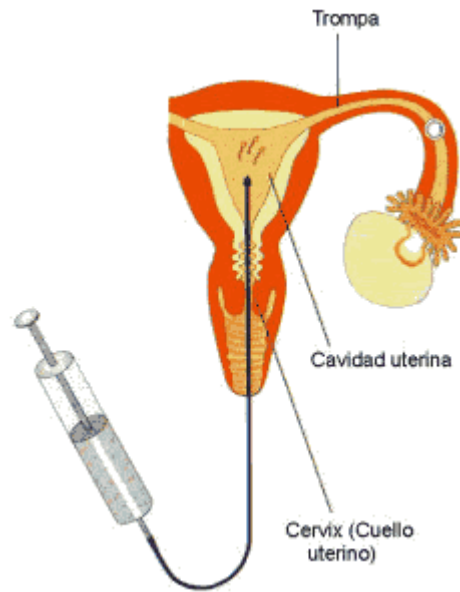
---

<sup>34</sup> <https://sites.google.com/site/subrogacion/lafecundacioninvitro>. Consultada el 16 de abril del 2010.

<sup>35</sup> Las parejas que tienen un riesgo alto de transmitir un trastorno genético (hereditario) a un hijo pueden considerar la posibilidad de hacerse un diagnóstico genético preimplantatorio (PGD). El procedimiento se hace aproximadamente de 3 a 4 días después de la fecundación. Los científicos del laboratorio retiran una sola célula de cada embrión y examinan el material en búsqueda de trastornos genéticos específicos. De acuerdo con la American Society for Reproductive Medicine (Sociedad Estadounidense para la Medicina Reproductiva), el PGD puede ayudar a los padres a decidir qué embriones implantar, lo cual disminuye la probabilidad de transmitirle un trastorno al hijo.

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/007279.htm>. Consultada el 4 de mayo del 2010.

Figura17<sup>36</sup>. Implantación (transferencia de embriones)



Fase 7. Criopreservación o criogenización de embriones sobrantes o supernumerarios

En la fertilización in vitro, los médicos tienen por costumbre fecundar un número elevado de óvulos, con el fin de garantizar el éxito de la técnica, los pacientes que recurren a esta técnica, pueden elegir congelar los embriones que no se transfieren al útero de la mujer. Esos embriones se mantienen en nitrógeno líquido (a 196° C bajo cero) durante periodos largos de tiempo. La ventaja es que los pacientes que no consiguen concebir tras el primer ciclo pueden reintentarlo utilizando los embriones congelados, sin tener que realizar de nuevo un ciclo de FIV completo: sólo tendrían que realizar la transferencia de dichos embriones, sin pasar de nuevo por la estimulación, la extracción y la fecundación. O, en el caso de pacientes que consiguen un embarazo, pueden mantenerlos para un segundo embarazo posterior. Los embriones restantes procedentes de FIV pueden donarse a otras mujeres o parejas. Si la implantación resulta exitosa, los embriones

<sup>36</sup> <http://www.uniquindio.edu.co/uniquindio/ntic/trabajos/5/grupo1/byron/paginas/invitro.htm>. Consultada el 4 de mayo del 2010.

restantes serán considerados "sobrantes o supernumerarios" y serán congelados para su conservación.

Existen diferentes técnicas para criopreservar (congelar) embriones, cada una con diferentes posibilidades de lograr la supervivencia. En la actualidad el método más efectivo es la vitrificación (supervivencia de hasta 98%), lo que a su vez se refleja en una posibilidad de hasta el 50% de embarazo con embriones congelados Según reportes de la literatura médica).

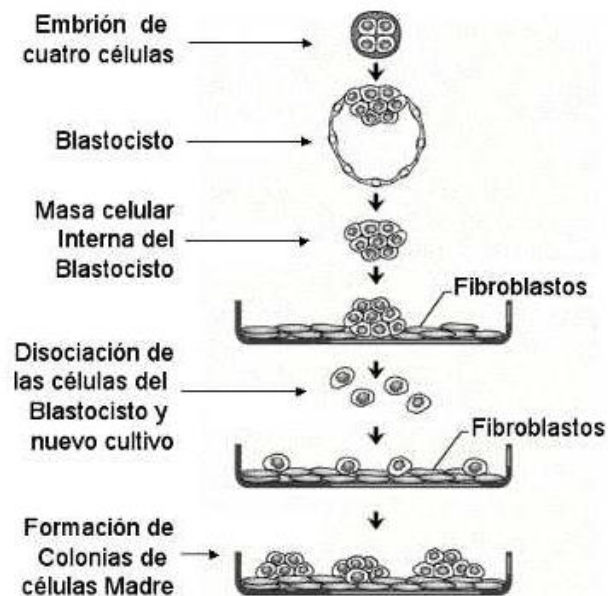
Si, a pesar de todo, siguen existiendo embriones criopreservados que, por el tiempo transcurrido o por otras razones, no vayan a utilizarse para su implantación, las dos alternativas posibles son la donación para la investigación y la destrucción. La investigación con embriones procedentes de la fecundación in vitro ha permitido hasta el momento la realización de estudios en células madre, de gran importancia en la comprensión del desarrollo embrionario y en el avance de las terapias regenerativas de tejidos. En cuanto a la destrucción de los embriones congelados, se considera como última alternativa, a petición explícita de los progenitores, o bien cuando no los quieran para ellos y no hayan autorizado la donación a otras parejas, ni la investigación con ellos.

Ahora bien, las células madre embrionarias humanas como se sabe derivan de la masa celular interna de embriones humanos sobrantes o supernumerarios que han sido conservados en congelación después del proceso de fecundación in vitro y con los medios y factores de inhibición de la diferenciación celular adecuados para permanecer en un estado indiferenciado de forma indefinida. Para el mantenimiento de las células madre embrionarias, antes de realizar su diferenciación, se procede al cultivo de fibroblastos (vg) embrionarios que formarán una alfombra bajo las células madre embrionarias. Estos fibroblastos han sido tratados para inhibir su capacidad de división, pero proporcionan el sustrato de anclaje de las células madre embrionarias en el cultivo y el alimento para el correcto crecimiento celular.

Después de varios meses de cultivo se puede llegar a obtener tener millones de células madre embrionarias con morfología de célula normal. En el momento deseado, estas células podrían empezar el proceso de diferenciación hacia diferentes tipos de tejidos diversos.

Se elaboró químicamente un medio de cultivo que ofrece siempre idénticas condiciones de crecimiento y diferenciación celular. Utilizando estos medios de cultivo y añadiendo factores de crecimiento extra se ha podido obtener la diferenciación de células madre embrionarias hacia diferentes células (neuronales, hematopoyéticas, musculares, epiteliales, endoteliales, entre otras).

Figura 18<sup>37</sup>. Esquema general para el aislamiento y expansión de células madre embrionarias



<sup>37</sup> <http://www.scielo.org.ve/img/fbpe/avft/v2/n2/art.07img3.jpg>. Consultada el 4 de mayo del 2010.

### 2.2.1.2. Procedimiento de obtención de células madre embrionarias por aborto espontáneo

Las células madre embrionarias pueden ser generadas desde células germinales, derivadas de fetos de aborto espontáneo, aislándose de la resta germinal de un feto de varias semanas de desarrollo. Aunque estas suelen estar más comprometidas, porque pueden encontrarse en una línea de diferenciación superior ya que estas células darán lugar a los gametos, espermatozoides y ovocitos, pero que potencialmente podrían originar otros tipos celulares, demostrando gran capacidad proliferativa cuando se someten a cultivo.

Existen otros métodos para la obtención de células madre están en estadios experimentales, por ejemplo los embriones humanos obtenidos por clonación terapéutica. Estos embriones se originan a partir de una célula somática (célula asexual del cuerpo) extraída del paciente y proporciona células madre genéticamente idénticas (esto mejora la compatibilidad).

### 2.3. Aplicaciones de las células madre embrionarias

Las células madre embrionarias representan una fuente ilimitada de células jóvenes, capaces de contribuir a cualquier tejido de un organismo adulto o maduro (niños, jóvenes y adultos).

La importancia que las células madre pluripotentes han obtenido hoy en día en la medicina es potencialmente enorme. La esperanza es que las células madre embrionarias humanas puedan ser utilizadas, por ejemplo, para producir nuevas neuronas para las personas con trastornos cerebrales degenerativos como lo son el Alzheimer y el Parkinson, o con daño de la médula espinal, para producir un nuevo páncreas para las personas con diabetes o producir nuevas células sanguíneas para las personas con anemias. En las personas con corazones deteriorados se podría reemplazar el tejido dañado con nuevas células cardíacas y

aquellos que están afectados de enfermedades inmunes pueden ser capaces de reponer su sistema inmune defectuoso.

Hasta este momento la experimentación con las células madre embrionarias se realizan con ratones y estos modelos experimentales con animales han producido varios ejemplos del potencial terapéutico de las células madre embrionarias. Y de avanzar en el uso de estas células se puede llegar a tratar y curar enfermedades malignas como, las neoplasias (vg) (cáncer de mama, cáncer de ovario, cáncer testicular, carcinoma renal, melanomas, tumores cerebrales primarios); enfermedades no malignas como, el sida, diabetes, lupus eritematoso, cirrosis, esclerosis lateral amiotrófica, infarto a nivel cerebral, enfermedad de Crohn, problemas cardiacos, Parkinson, defectos genéticos y leucemias.

Lamentablemente las investigaciones para posibles terapias con este tipo celular van más lentas que las de células madre adultas debido a las evocaciones éticas, morales, políticas y religiosas que al respecto tiene la utilización de células extraídas de embriones.

Hasta el día de hoy se sabe de la existencia de cuatro procedimientos que permiten poner en juego, si bien no el uso de las células madre embrionarias como tal, si los albores de su posible utilización.

### 2.3.1. Terapia celular

La terapia celular consiste en sustituir células dañadas o ausentes por células sanas. Desde hace tiempo se utilizan los trasplantes de células madre adultas de médula ósea, y que constituyen la hematopoyesis (vg) trilineal para el tratamiento de enfermedades hematológicas benignas y malignas.

En la actualidad el trasplante de médula ósea es la práctica terapéutica más usada y la que mayor éxito ha tenido.

Gracias a los descubrimientos recientes, la terapia celular podría extenderse para tratar diversas enfermedades que actualmente son incurables, como la diabetes; enfermedades neuromusculares, como la esclerosis múltiple o la distrofia muscular, el daño provocado por los infartos al miocardio e incluso enfermedades neurodegenerativas, como el Parkinson y Alzheimer. Estas investigaciones se enfocan a trasplantes de células hepáticas, neuronales, pancreáticas, entre otras variedades.

Esta terapia busca ser mejorada, con la utilización de células madre embrionarias por el potencial que estas han demostrado en laboratorio.

### 2.3.2. Terapia génica

La Terapia génica implica la curación o prevención de enfermedades y defectos graves debidos a causas genéticas, actuando directamente en los genes, mediante dos procedimientos, que pueden ser:

#### 2.3.2.1. Terapia génica de la célula somática

Este tipo de terapia consiste en introducir o modificar un gen de una célula, diferente a la germinal del cuerpo enfermo a fin de compensar o corregir un metabolismo alterado, esta terapia ha sido comparada a un injerto simple, porque en este caso no se modifica el genoma transmisible a la descendencia.

El tratamiento génico somático permite la introducción de material genético sólo en las células de esta categoría, razón por la cual se presenta como una alternativa para el mejoramiento de muchas enfermedades.

El procedimiento implica identificación y aislamiento de genes, seguido de la amplificación o clonación molecular y selección de un mecanismo vector que permita introducir estos genes en el organismo, o en su defecto, en el tejido u órgano en donde debe expresarse preferencialmente el gen.

### 2.3.2.2. Terapia génica de la línea germinal

En contraste con la terapia génica de la célula somática que intenta curar a los individuos, esta terapia intenta eliminar genes malos del individuo y de los descendientes de esta persona.

Esta se puede llevar a cabo de dos modos:

a) Mediante la modificación de una célula germinal o de un cigoto de modo tal que el nuevo genoma esté en cada una de las células del cuerpo del individuo y es por esta razón transferido a la siguiente generación a través de las células germinales, ó

b) Mediante la modificación de las células madre embrionarias y la generación de un cuerpo que contiene un elevado índice de células, derivadas de estas blastómeras alteradas genéticamente.

Consiste en la introducción o modificación de un gen de las células de la línea germinal, o gónadas, razón por la cual el gen modificado de esta manera será transmitido a la descendencia.

Este tratamiento permite la introducción de ADN extraño al cigoto o embrión, se confía que el material genético foráneo se adhiera al genoma del individuo cuyo material genético ha sido modificado para que pueda ser susceptible de transmitirse de generación en generación.



Hasta el momento se han realizado experimentos con ratones, que han permitido suplir, por ejemplo, la deficiencia de la hormona de crecimiento de la proteína básica de la mielina y el de la beta globina. Pero aún no se aplica en humanos por los riesgos que podría ocasionar la introducción del gen extraño al embrión, sin embargo, la ciencia sigue en su proceso de estudio de este tipo de terapias.

Dentro de la próxima década las tecnologías de la terapia génica pueden darnos la capacidad de modificar genéticamente nuestros cuerpos (y los de nuestros hijos). Algunas personas están deseando el momento ver el momento cuando las enfermedades genéticas podrían ser tratadas por terapias génicas y eliminadas de las subsiguientes generaciones.

### 2.3.3. Terapias de regeneración

La regeneración es un proceso lento que recapitula parte de los procesos que ocurrieron en el desarrollo embrionarios y que restablece la estructura y función perdidas, sin que quede señal morfológica alguna, ni déficit funcional manifiesto (cicatrices o la pérdida de movimiento por ejemplo).

Los humanos llevan a cabo su desarrollo embrionario por una serie de mecanismos que, en gran parte, se pierden al llegar al ser adulto. Esto es, el animal pierde la capacidad de recreación de órganos y tejidos y con ello la posibilidad de regenerar cualquier parte de su cuerpo que pueda ser dañado, amputado o deteriorado. Pero aunque esa capacidad en gran parte se pierde, se conserva una capacidad de regeneración limitada a sólo algunos tejidos y órganos.

La regeneración implica una recapitulación del desarrollo embrionario a partir de células pluripotenciales, las cuales se consiguen por dos procedimientos:

I. Desdiferenciación de células que retoman la actividad proliferativa (como ocurren en las regeneraciones de anfibios, peces y algunos órganos como el hígado).

II. Por células madre, poblaciones celulares que son apartadas durante el desarrollo embrionario para ser usadas en fases posteriores al crecimiento para la regeneración (como ocurre en hueso, epitelios, hematopoyesis y músculo esquelético).

Estos mecanismos están mediados por la presencia de factores bioactivos reguladores de los estados proliferativo y diferenciado.

La complejidad de este fenómeno ha detenido a los investigadores en su avance para encontrar qué caminos activen los programas de regeneración en el adulto, por lo que esta terapia se encuentra en una fase de experimentación, pero no por esto implica que debemos descartarla, ya que su promesa para el campo de las terapias con células madre, de poder avanzar sobre esta, será de enorme trascendencia para la medicina.

Con esta terapia se busca regenerar principalmente tejido cardíaco, tejido esquelético y muscular que son complicados y difíciles de tratar.

#### 2.3.4. Clonación terapéutica

Las células madre embrionarias al diferenciarse, expresan significativas cantidades de proteínas del complejo mayor de histocompatibilidad (vg) que pueden provocar un rechazo inmune ante su trasplante. Para resolver el problema del rechazo del huésped, se pueden modificar las células madre embrionarias humanas o se puede utilizar la transferencia nuclear somática para asegurar que las células madre embrionarias humanas son genéticamente idénticas a la persona que debería de haber recibido su progeñe, esto no sólo nos llevaría a

otra vía de obtención de células madre embrionarias, sino a una técnica de la medicina: el clonado terapéutico.

En esta técnica, un núcleo del paciente es insertado en un óvulo enucleado (como en la clonación). El embrión obtenido crece in vitro hasta que ha desarrollado una masa celular interna. Las células de la masa celular interna se cultivan para generar células madre que son genéticamente idénticas al paciente.

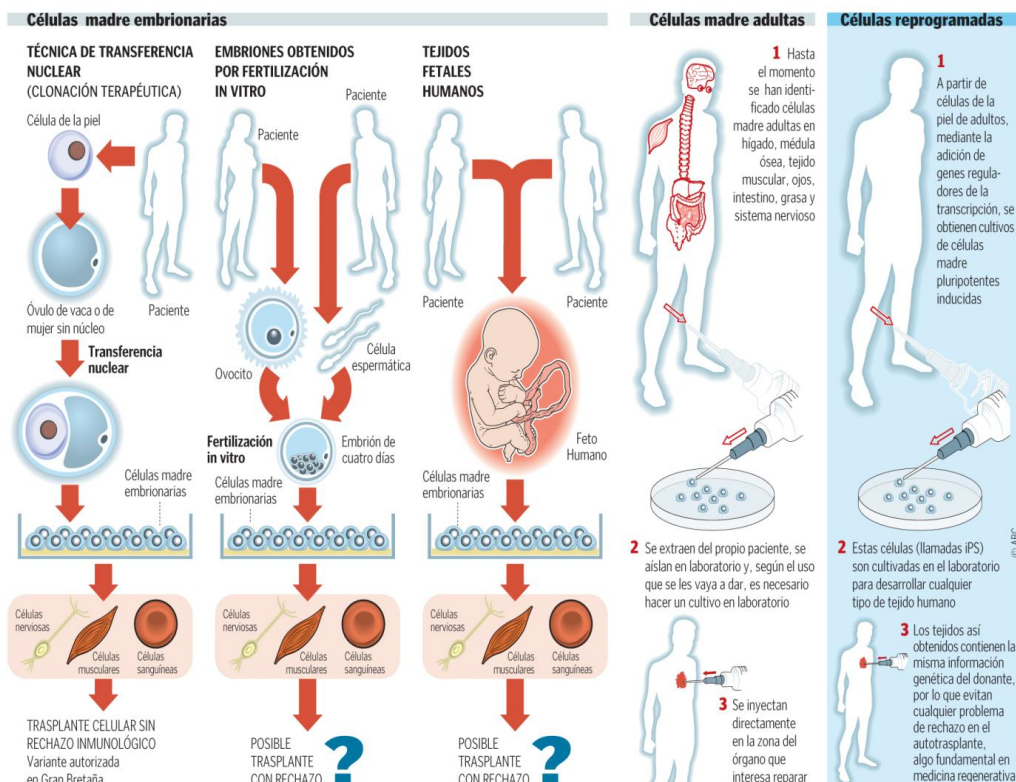
Si además estas células proceden de un embrión clónico del paciente destinatario del trasplante, su organismo reconocería a las células trasplantadas como propias (tienen el mismo genoma), desapareciendo el peligro de rechazo.

Por lo tanto, la denominada “clonación terapéutica” usa los embriones clónicos como fuente de células madre para trasplante. El modo de empleo sería el siguiente. Supongamos que se quieren usar en un enfermo de aplasia medular, cuya médula ósea no es capaz de fabricar las células de la sangre. Habría que fabricar un embrión clónico de dicho paciente a partir del núcleo de una célula viable del enfermo. Una vez que el embrión así generado alcanza la etapa de blastocisto (vg), se destruye para extraerle sus células madre. Luego, en el laboratorio, estas células serán transformadas en células de médula ósea, que finalmente son trasplantadas al paciente sin ningún problema de rechazo.

Como se puede notar la ciencia ha avanzado mucho en este tema y nos ha proveído de algunas técnicas que nos prometen un futuro esperanzador en el campo de la medicina, sin embargo para encontrar y avanzar en las aplicaciones más prometedoras en humanos hacen falta muchas horas de investigación en laboratorio y una apertura de la sociedad. El estudio de las células madre embrionarias proporcionaría valiosa información sobre los complejos eventos que ocurren durante el desarrollo humano y, en consecuencia, más pistas sobre su utilización en terapias.

Figura 19<sup>38</sup>. Ejemplos de las diferentes terapias con células madre

**DIFERENTES FORMAS DE OBTENER CÉLULAS MADRE**



Cuadro 2. Cuadro comparativo de diferencias entre células madre embrionarias y células madre adultas

<b>Células madre embrionarias</b>	<b>Células madre adultas</b>
Se pueden mantener indiferenciadas por un año o más en condiciones de laboratorio.	Su tiempo y capacidad de diferenciación es limitado.
Cuando las células madre embrionarias se diferencian expresan significativas cantidades de las proteínas del complejo mayor de	Histocompatibilidad restringida, ya que solo se da con algunos receptores.

<sup>38</sup> [http://www.abc.es/gestordocumental/uploads/Sociedad/celulas\\_madre.jpg](http://www.abc.es/gestordocumental/uploads/Sociedad/celulas_madre.jpg). Consultada el 15 julio del 2010.

<p>histocompatibilidad (vg) que pueden provocar en su caso un rechazo inmune, pero puede ser tratado.</p>	
<p>Las células madre embrionarias pueden convertirse en todos los tipos celulares del cuerpo porque son pluripotentes.</p>	<p>Las células madre adultas se limitan generalmente a diferenciarse en distintos tipos de células de su tejido de origen (aunque siempre queda abierta la posibilidad de la plasticidad, lo que significa que pueden transdiferenciarse y dar lugar a otros tipos celulares).</p>
<p>Un gran número de células madre embrionarias pueden crecer relativamente fácil en cultivo.</p>	<p>Las células madre adultas son difícil de encontrar en tejidos maduros y aun no existe un método 100% efectivo para ampliar su número en cultivo.</p>
<p>No envejecen.</p>	<p>Envejecen.</p>
<p>En laboratorio se pueden obtener líneas de células madre embrionarias y se pueden conservar durante años en criogenización, después descongelarse y obtener más líneas para seguirse estudiando. Una vez obtenida una línea los científicos no tienen que volver a aislar células madre de nuevo.</p>	<p>Es difícil obtener poblaciones puras de células madre adultas en cantidades suficientes para estudiarse.</p>
<p>Las células madre embrionarias al contrario de las adultas no presentan ninguna anomalía genética debido a su indiferenciación.</p>	<p>Las células madre adultas pueden contener más anomalías de ADN, causadas por la luz solar, las toxinas, y los errores en las copias de ADN durante la vida, estas debilidades potenciales podrían limitar la utilidad de las células</p>

Las células madre embrionarias son, en cuanto a su estudio y posibles aplicaciones, complejas, ya que hay mucho factores a considerarse que hacen de estas un tema de abordaje complicado para quien no esta inmerso en el campo de las ciencias que conocen este tema, por lo que espero, que desde de mi visión y comprensión como abogada pueda esta información ser la pauta que permita enlazar y dar secuencia a este trabajo.

El contenido de estos dos primeros capítulos son solo el esbozo del panorama científico respecto de estas células, pero que me será de utilidad para establecer los conocimientos base que ayudarán a entender la importancia del trabajo científico realizado con las células madre embrionarias, así como conocer algunos de los avances generados y vislumbrar la viabilidad de estas en el terreno de la medicina, siendo así que las terapias permitan concebir un futuro esperanzador para quienes requieran de ellas.

La intención del presente trabajo es que las células madre embrionarias algún día puedan ser reguladas en nuestro país, pero para que esto suceda se requiere, que la sociedad tenga un acceso sencillo a la información sobre el tema y que aquellos a quienes les toque realizar el trabajo legislativo estén preparados para abordar este tópico con la información necesaria o correcta para entender sus procesos y aplicaciones, para que con este conocimiento su regulación tenga una plataforma y sean considerados todos aquellos factores que puedan convertir la investigación y el uso de estas células en trabajos peligrosos o faltos de ética por parte de quien los realiza.

No pretendo hacer un trabajo extensivo de medicina, de genética ni de biología, pero si persigo que haya claridad en la información presentada y que esta sea concisa y con los elementos suficientes para que se conozca el tema, no

obstante decidir detallar con mas precisión algunas partes de los procesos que se involucran en el uso de embriones para la obtención de líneas celulares de células madre embrionarias debido a que es importante conocerlos para tener un panorama amplio de cuales pueden ser los parámetros a establecer en su uso, y las consideraciones que deben tomarse en cuenta en una legislación, respecto de la terminología, restricciones y procedimientos.

A continuación desarrollo, tres conceptos importantes, que ampliaran la comprensión del uso, de las posturas que se han manifestado y de los beneficios o perjuicios que las células madre traen a cuevas.

### **CAPÍTULO III. ESTATUS DE LA VIDA, EL EMBRIÓN Y LA PERSONA**

En torno a las células madre embrionarias existen tres conceptos fundamentales que son cuestión central en este capítulo, la vida, el embrión y la persona; su tratamiento puntual y conceptualización, servirán de base para plantear una propuesta de regulación en nuestro país.

Cabe mencionar que la intención de este capítulo no es llegar a una definición unívoca de cada concepto debida a la complejidad que presentan, por lo cual es conveniente establecer algunas posturas del pensamiento que los han abordado para tener un panorama que favorezca su comprensión.

Cada una de las perspectivas en las que baso este capítulo muestran, posturas polarizadas respecto a su contenido, no por esto inválidas ya que cada una de ellas cuenta con un sustento teórico que las respalda. La exposición de estas ideas es imparcial ya que no puedo considerarme partidaria de ninguna en especial, por lo cual se expresarán de acuerdo a la relevancia otorgada por la literatura en el tema a la que tuve acceso y en cuanto a la notabilidad que requiere este trabajo de investigación.

#### **3.1. La vida**

De los tres conceptos a tratar en este capítulo, la vida se encuentra en un laberinto que parece no encontrar una salida; científicos, filósofos tienen la suya y solo la comparten en algunos términos, no así para cualquier persona que busque comprender qué es la vida, se observa que existe más de una posibilidad de entenderla, ya que el pensamiento generado en sus diferentes vertientes, ha dificultado la posibilidad de crear de un sólo concepto que responda a la interrogante de ¿cuándo inicia la vida humana? y menos el poder responder certeramente a ¿qué es la vida?



Buscar obtener una única concepción no solo es un arduo trabajo, también ha representado advertir que es controvertido y debatible, en gran medida por las implicaciones éticas que reviste dado el avance acelerado de la ciencia.

Parte de la complejidad del trabajo conceptual, es la existencia de diversas perspectivas como la biología, la embriología, la genética, la sociología, filosofía e incluso teología<sup>39</sup>, que han generado un gran cúmulo de conocimientos, que se oponen uno a otro, lo cual impide realizar una unificación de conceptos.

La vida como concepto, ha sido sujeto y objeto de estudio de toda rama de la ciencia, no obstante aún está lejos de ser asumida como una por todas las ciencias, en todo caso existe la posibilidad de describir a los seres humanos por sus características o propiedades.

Un primer viso esencial, en la comprensión de qué es la vida y cuándo se origina se relaciona con el fenómeno de la evolución; los seres vivos provenimos de otros seres vivos, que a su vez fueron originados a partir de otros y así sucesivamente. La capacidad de dejar descendientes, y la de la variación de las características de los seres vivos con el tiempo, son cualidades inherentes a los seres vivos. En el camino de la evolución el ser humano actual es un recién llegado de apenas unos 150 000 años, teniendo en cuenta que la vida surgió hace unos 4000 millones de años<sup>40</sup>.

Así pues la evolución de las especies es algo que va cambiando gradualmente, algo que despliega o desarrolla una cierta capacidad que ya se

---

<sup>39</sup> Para fines de esta tesis las ideas teológicas no serán sustentadas, por considerarlo un tópico a ultranza polémico y con dimensiones no solo diversas, sino muy personales. No por ello negando que es una parte existente en este tema.

<sup>40</sup> Jouve de la Barreda, Nicolás. La vida humana: singularidad genética de principio a fin. Congreso Mundial Provida. Madrid, España. [http://www.provida.es/pensamiento/Publicaciones/Nicolas\\_Jouve.htm](http://www.provida.es/pensamiento/Publicaciones/Nicolas_Jouve.htm). Consultada el 18 de octubre de 2010.

posee y que no se actualiza en un instante, sino de forma paulatina, debido a las potencialidades intrínsecas de la especie.

Las entidades son vivas si tienen las propiedades necesarias para evolucionar por selección natural.<sup>41</sup> En otras palabras, si puede multiplicarse, si poseen un mecanismo para asegurar la continuidad de los caracteres, y si pueden variar.

Ha sido bien sabido que la fecundación del óvulo (cigoto) puede considerarse como señalamiento del comienzo de cada individuo, distinto de sus padres con su propio código genético individual y único, pero esto puede realmente llevarnos a afirmar que con este acto se inicia la vida o sólo será la muestra de la individuación de una célula y de la continuación de la especie (evolución).

Se ha considerado por la literatura científica que la mejor aproximación al fenómeno de la vida viene del campo de la genética, ya que es esta rama de la biología centra su estudio en torno a la propia materia que caracteriza en esencia a los seres vivos, los ácidos nucleicos y sus propiedades, principalmente la replicación y la mutación. La biología estudia la vida, y las propiedades de la vida se empiezan a entender cuando se supone sustanciada o estructurada materialmente en algún tipo de molécula, que para cumplir su papel sea capaz de satisfacer las mismas capacidades fundamentales que atribuimos a los seres vivos, reproducción y variación. Es decir, capacidad de replicación, para transmitir

---

<sup>41</sup> La selección natural es la base de todo el cambio evolutivo. Es el proceso a través del cual, los organismos mejor adaptados desplazan a los menos adaptados mediante la acumulación lenta de cambios genéticos favorables en la población a lo largo de las generaciones. Cuando la selección natural funciona sobre un número extremadamente grande de generaciones, puede dar lugar a la formación de la nueva especie. El carácter sobre el que actúa la selección natural es la eficacia biológica que se mide como la contribución de un individuo a la siguiente generación de la población. La eficacia biológica es un carácter cuantitativo que engloba a muchos otros relacionados con: la supervivencia del más apto y la reproducción diferencial de los distintos genotipos o alelos. Los individuos más aptos tienen mayor probabilidad de sobrevivir hasta la edad reproductora y, por tanto, de dejar descendientes a las siguientes generaciones; la reproducción diferencial puede deberse a diferentes tasas de fertilidad o fecundidad o a la selección sexual.

<http://www.ucm.es/info/genetica/grupod/Genetica%20evolutiva/Seleccion%20natural/Seleccion%20Natural.htm>. Consultada el 20 de septiembre del 2010.

y conservar los patrones propios de cada especie de célula en célula, de padres a hijos y de generación en generación, y la de la variación, que es la que confiere la contingencia de la evolución.

El éxito del ser humano como especie, consiste en que precisamente los miles de genes que componen su genoma, son el producto final que ha superado de forma gradual, conjunta y coordinada todas las exigencias de adaptación a que se ha visto sometido durante su historia evolutiva por selección natural.

Dentro de las conceptualizaciones que se han propuesto para el fenómeno de la vida me gustaría destacar las que a continuación transcribo, ya que son fundamentales y explican parte de lo ya abordado hasta este punto:

El biólogo inglés Cyril Dean Carlington (1903-1981) propuso que " la vida es cada una de las formas que adquiere la molécula de ADN".

Otro autor inglés, uno de los descubridores de la estructura molecular de ADN, Francis Crick (1977) señalaba que "llamar a un virus ser vivo es realmente llevar el término de vida hasta el límite, ya que este también puede multiplicarse, experimenta mutaciones y tiene la posibilidad de evolucionar mediante selección natural".

En definitiva, hay aspectos del fenómeno biológico que se pueden conocer, pero de ahí a pretender que lo entendemos todo media un abismo. Una cuestión relacionada con la vida que si es abordable en términos genéticos es ¿Cuándo comienza la vida?, o si se prefiere ¿Cuándo hay vida? Los genetistas son claras al afirmar que la vida comienza en el momento mismo de la fecundación, cuando surge un programa genético individual y completamente nuevo capaz de dar al final del desarrollo un nuevo ser. Las excepciones se pueden encontrar en las especies vegetales o de animales inferiores que posean mecanismos partenogénéticos o vegetativos de reproducción, que darán lugar a clones más o

menos numerosos al mantener la identidad genética de padre e hijo o entre miembros de la misma generación.

Queda entonces una interrogante ¿Dónde quedan los demás organismos, que a pesar de tener un proceso o un mecanismo de reproducción diferente tienen vida? ¿O la dejan de tener por reproducirse de manera diferente? Por su parte muchos biólogos no aceptan que la vida sea concebida desde el punto de vista genético ya que supone que la vida es todo sistema capaz de evolucionar por selección natural, esto implicaría incluir a los virus dentro del grupo de seres vivos.

Se tiene considerado a este enfoque genético como una visión reduccionista de la vida (especialmente la vida humana). El proyecto de identificar y sintetizar un genoma puede ser percibido como una demostración de que la vida es reducible al ADN y nada más que a eso.

Si se puede considerar al ser humano desde una perspectiva genética, la célula resultante no sólo es una masa de material orgánico, sino, un ser cuyo desarrollo y funcionamiento se deriva de la programación genética y de las sucesivas operaciones de miles de genes que están presentes desde la fecundación. La independencia biológica total nunca se obtiene, ya que el ser humano dependerá en un inicio de su madre en el ambiente intrauterino, y a su desarrollo que será un proceso continuo en el que adquirirá diversas capacidades tanto físicas, como cognitivas durante toda su vida y hasta su muerte.

Para muchos científicos, el momento en el que comienza la vida es en la fecundación, ya que se considera que tanto el óvulo como el espermatozoide poseen vida y que al unirse se constituye la primera célula humana completa diferente, estas dos células son capaces de desarrollar un nuevo ser humano con características propias que se encuentran inscritas en el patrimonio genético de la nueva célula.

Se han suscitado algunas objeciones que plantean ciertas dudas en cuanto a la consideración de vida propiamente humana a partir de la fecundación. Se trata de precisar si desde la unión de los gametos de los padres esa vida es plenamente humana en fase de desarrollo, o si en el cigoto se encuentran solamente unas potencialidades, que se van actualizar en estadios posteriores que es cuando esa vida recibirá propiamente el carácter de humana. Por eso han surgido planteamientos que optan por aplazar el fenómeno humano hasta fases posteriores del desarrollo intrauterino.

Otro acontecimiento que se pone en discusión persistentemente es la idea de identificar el inicio de la vida humana con base en el concepto de la viabilidad del feto, esto significa que en el humano comienza la vida cuando este puede existir independientemente de su entorno biológico maternal (nacimiento).

Para tales efectos se entiende que un feto es maduro cuando todos sus sistemas orgánicos adquieren un grado de desarrollo que le permiten adaptarse a la vida extrauterina sin ningún riesgo. El límite de la viabilidad tiene lugar cuando los pulmones maduran<sup>42</sup>.

La implantación, es considerada también como el momento inicial de la vida, aduciendo que se establece en ese momento físicamente el binomio madre hijo con todas las relaciones endocrinas e inmunológicas, está se genera cuando se adhiere el embrión humano (blastocisto) a la pared del útero, la implantación comienza al final de la primera semana (séptimo u octavo día). Pero se sabe que este momento del desarrollo es un tema grabado en el genotipo (programado). Pero en el caso de la implantación de gemelos monocigóticos<sup>43</sup> se implantarán a

---

<sup>42</sup> Sin embargo los avances tecnológicos permiten en la actualidad que un infante prematuro sobreviva extrauterinamente aproximadamente a partir de las 25 semanas de gestación.

<sup>43</sup> Los gemelos monocigóticos o univitelinos provienen de un cigoto formado por la unión de un óvulo y un espermatozoide que tras la fecundación se divide para crear dos embriones. Los bebés que surgen de esta fecundación llevan la misma información genética, por eso son siempre del mismo sexo, lo que se conoce como gemelos idénticos, que aunque no lo son completamente, sus semejanzas físicas suelen ser muy grandes. <http://www.bebesymas.com/embarazo/tipos-de-gemelos>. Consultada el 15 de agosto del 2010.

diferentes horas, cada feto tendrá su propia bolsa amniótica y su placenta y cada uno expresará sus individualidades (ejemplo las huellas de las manos y dedos).

Encontramos también teorías sobre el inicio de la vida a partir de la aparición de la corteza cerebral, del sistema nervioso y más específicamente de la manifestación de actividad eléctrica del cerebro; se sabe que a los 14 días, en el embrión se forma el primer esbozo del sistema nervioso, pero es hasta los 2 meses que aparece el primer registro de actividad eléctrica cerebral detectada por medio de un electroencefalograma, a los cinco meses, el cerebro posee el sustrato necesario para realizar funciones como las sensaciones, la memoria, o el aprendizaje; cierto tiempo después del nacimiento, cuando el niño adquiere conciencia de su propia existencia; a los siete años, cuando se dice que el niño adquiere uso de razón.

A la idea anterior le agregamos el hecho sobre la muerte<sup>44</sup> que deviene cuando hay una pérdida del patrón del electroencefalograma<sup>45</sup> cerebral (falta de funciones cerebrales<sup>46</sup>), por lo que contrariamente se podría interpretar que la vida inicia cuando se adquiere actividad eléctrica cerebral.

---

<sup>44</sup> Se puede definir como un evento obtenido como resultado de la incapacidad orgánica de sostener la homeostasis. Dada la degradación del ácido desoxirribonucleico (ADN) contenido en los núcleos celulares, la réplica de las células se hace cada vez más costosa. Desde el punto de vista médico es el cese global de funciones sistémicas en especial de las funciones bioeléctricas cerebrales, y por ende de las neuronales. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04\\_8681.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_8681.pdf). Consultada el 10 de diciembre de 2010.

<sup>45</sup> Electroencefalograma (EEG) es una exploración neurofisiológica que se basa en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral en condiciones basales de reposo, en vigilia o sueño, y durante diversas activaciones (habitualmente hiperpnea y estimulación luminosa intermitente) mediante un equipo de electroencefalografía (producto sanitario).

<http://www.encyclopediasalud.com/categorias/cerebro-y-sistema-nervioso/articulos/electroencefalograma-eeg/>. Consultada el 15 de agosto del 2010.

<sup>46</sup> Ausencia de respuesta y recepción (el paciente muestra nula respuesta a estímulos externos y no responde a estímulos dolorosos), ausencia de movimientos respiratorios (incluyendo ausencia de respiración espontánea con apnea mayor de tres minutos), ausencia de reflejos, electroencefalograma plano, pupilas fijas y dilatadas, falta de movimiento ocular o ausencia de reflejos osteotendinosos.

Dibarbora, Elisa Antonia. Definición y criterios médicos de muerte: una mirada bioética.

<http://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articulos/901/1/Definicion-y-criterios-medicos-de-muerte-Una-mirada-bioetica.html>. Consultada el 15 de agosto del 2010.

En el terreno jurídico en nuestro país no existe una definición, como tal, sobre qué es la vida, solamente se hace mención a ella como objeto de su protección y salvaguarda.

Ejemplo de esto es lo establecido en el Código Penal del Distrito Federal (2011), en el artículo 123, en referencia al homicidio: "Al que prive de la vida a otro, se le impondrá de ocho a veinte años de prisión".

Tanto en la Constitución, como la legislación federal y en la local mexicana podemos observar referencias similares, pero jamás un concepto sobre qué se entiende por vida como derecho humano y garantía a proteger.

En tratados internacionales y declaraciones a los que México está suscrito de igual manera encontramos menciones a la protección, pero nunca una definición, un ejemplo, en la Declaración Universal de los Derechos Humanos. Artículo 3, se menciona: "Todo individuo tiene derecho a la vida, la libertad y a la seguridad de su persona".<sup>47</sup>

Por último, respecto de la vida, una idea que llamó mi atención es que se ha considerado como concepto demográfico poblacional y se ha referido al nacimiento, que para su determinación se utiliza la tasa de natalidad<sup>48</sup>, esta tasa refleja el número de nacimientos de una población por cada mil habitantes en un año, lo indispensable para esta tasa son los nacidos vivos; para esta consideración, se entenderá la expulsión o la extracción completa del cuerpo de la madre independientemente de la duración del embarazo, de un producto de la concepción que, después de esta separación, respire o manifieste cualquier otro signo de vida, tal como palpitación del corazón, pulsación del cordón umbilical o contracción efectiva de algún músculo sometido a la acción de la voluntad, haya o

---

<sup>47</sup> <http://www.un.org/es/documents/udhr/>. Declaración Universal de los Derechos Humanos. Consultada el 11 de enero del 2011.

<sup>48</sup> Una tasa refleja la relación existente entre una cantidad y la frecuencia de un fenómeno, se trata por lo tanto de la relación entre dos magnitudes.

no sido cortado el cordón umbilical, y esté o no unida la placenta; todo producto de tal nacimiento es considerado como nacido "vivo"<sup>49</sup>.

Resulta interesante que esta idea demográfica no sólo ha sido utilizada en nuestro país, también en varios países de América latina definida de la misma manera. Me agrada la amplitud del concepto, pero al igual que en las anteriores ideas quedan precisiones por hacer, conceptos que redondear y verdades absolutas a las que difícilmente se llegarán para hacer una unificación del saber respecto de la vida en una concepción única.

Me detengo aquí en las consideraciones respecto de la vida para continuar con lo concerniente al embrión, que como tema subsecuente, añadiré conocimiento y cierta puntualidad a lo ya escrito hasta este punto.

### 3.2. El embrión<sup>50</sup>

Se llama embrión (figura 21) al ser humano durante la fase inicial de su existencia y desarrollo, este se crea a partir de la fecundación; proceso por el cual se une un óvulo y un espermatozoide (gametos o células sexuales del hombre y la mujer) se recombinan sus cargas genéticas, creando el cigoto, que será la primera célula con la dotación genética completa, a partir de la cual se desarrollará el embrión. Esta célula se desdobra por mitosis dentro de una membrana única envolvente (corión), primero en dos (blastómeros), luego en cuatro, ocho, dieciséis y así sucesivamente hasta alcanzar sesenta y cuatro células (mórula), estas primeras multiplicaciones se realizan mientras la mórula recorre el camino hacia el útero por las Trompas de Falopio. El corión desarrolla vello coriónico a través de los cuales el embrión mantendrá comunicación con el organismo materno en las paredes

---

<sup>49</sup> Glosario de términos demografía y estadística vital. Proyecciones de población. Instituto Nacional de Estadística de Chile. <http://palma.inec.cl/demografia/menu/glosario.pdf>, también en la literatura mexicana encontramos la misma definición para nacido vivo, en el Marco Metodológico para la Generación de las Estadísticas Vitales. Nacimientos. INEGI 2004, México.

<sup>50</sup> De la raíz griega *Eu* -dentro de *bryos-pulular* o reproducción rápida.



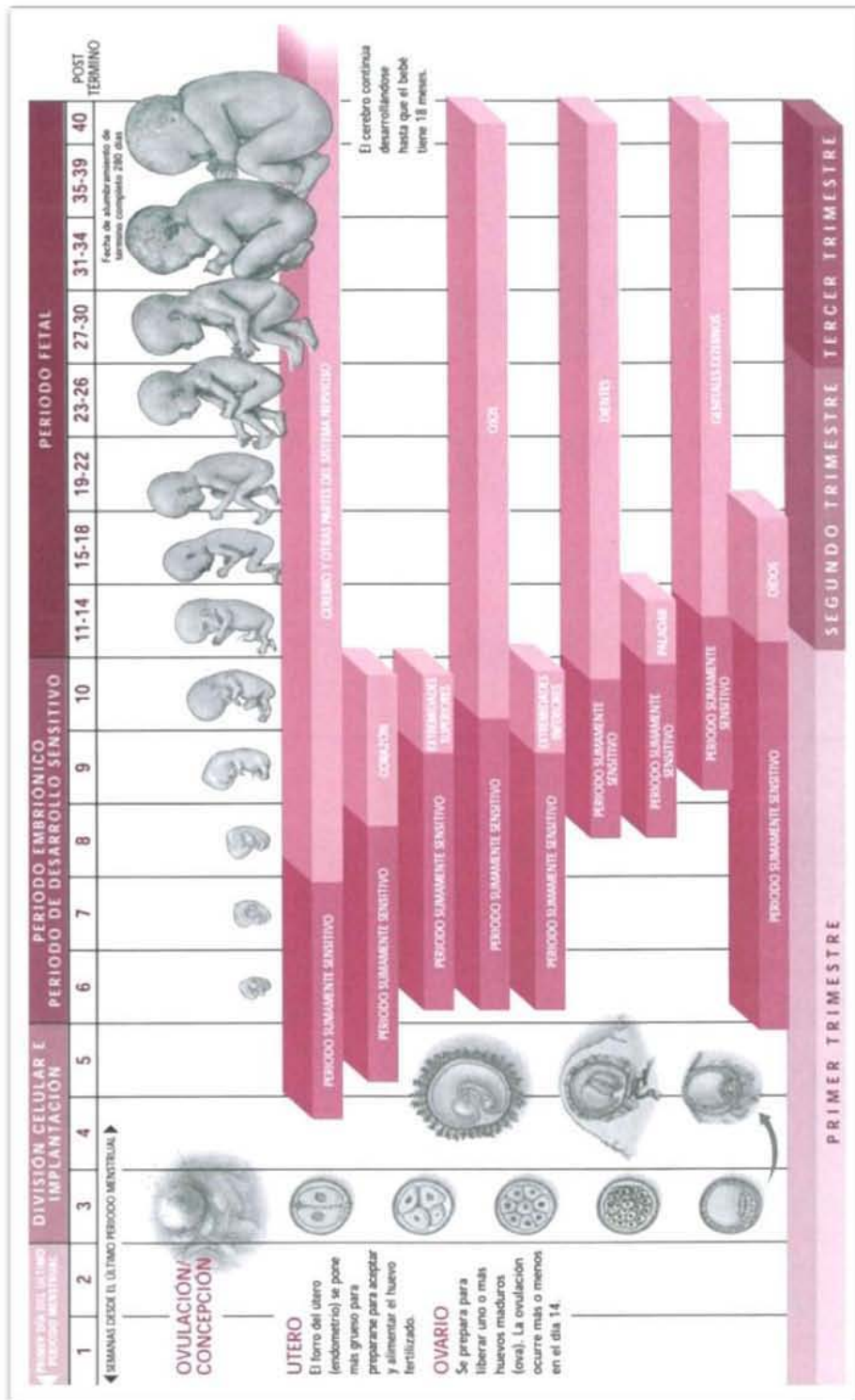
internas del útero; así a partir del 6° ó 7° día comienza el proceso de anidación que terminará al día 14.

Para la semana 3, se forman las tres capas germinales primitivas (endodermo, ectodermo y mesodermo) de las que derivaran los tejidos y órganos del futuro organismo y a partir de la 4ª ó 5ª semana se podrán escuchar las pulsaciones del corazón (se distinguirán dos aurículas y dos ventrículos), empezará a tener una forma más definida y es posible conocer el sexo del futuro ser.

De la semana 6 a la 7 el cerebro se desarrolla en 5 áreas, se forma el tejido que se convertirá en vértebras, se verán los primeros esbozos de los miembros inferiores y superiores, el corazón continúa desarrollándose y ahora late a un ritmo regular. A la 8ª el cerebro continúa formándose y los pulmones comienzan a tener forma

De modo convencional, el término embrión se utiliza hasta la 8ª semana del desarrollo, a partir de ese momento se denomina feto, momento en el que se han desarrollado, aunque de forma primitiva, casi todos los órganos del futuro ser que nacerá.

Figura 21<sup>51</sup>. Desarrollo embrionario y fetal



<sup>51</sup> <http://www.guiaparavivir.com/index.php?page=desarrollo-fetal>. Consultada 15 octubre del 2010.

Esta diminuta célula que dará paso a un ser se ha convertido en objeto de polémicas discusiones, debido a que su entorno natural se encuentra modificado por la ciencia moderna, entre las muchas razones que lo convirtieron en el centro de atención, encontramos los procedimientos de fecundación in vitro, el aborto inducido, la criogenización de embriones en espera de ser implantados, donados a la ciencia o de su destrucción, los métodos anticonceptivos y la eugenesia<sup>52</sup>, como los tópicos más sonados.

Esto que se ha determinado como el avance de la ciencia creó alrededor de la manipulación de los embriones un halo de incertidumbre ante qué es legal o ilegal, qué es ético o no, e inclusive si es moral o inmoral, si tiene derechos, cuáles son y qué deberes existen hacia él; estas situaciones han complejizado su concepción actual, así como la determinación de las limitantes éticas para el estudio y utilización de los embriones humanos.

Se ha concebido la idea de que el embrión no es aún un individuo humano y se ha realizado una clasificación entre embrión y preembrión para realizar una justificación sobre la manipulación de estos durante los primeros 14 días de su desarrollo; la actual tendencia a realizar esta diferenciación respecto de esos dos términos es sólo en lo que concierne a su estado de desarrollo, ya que el preembrión (embrión pre-implantatorio) y el embrión son el mismo ser formado en el proceso de la fecundación.

Cuando se origina el cigoto, este reúne toda la información genética necesaria para programar la formación del nuevo ser con una potencialidad propia y una autonomía genética, ya que, aunque dependa de la madre para subsistir, su desarrollo se va a realizar de acuerdo con su propio programa genético, de tal forma si no existen alteraciones que interfieran con el proceso que ha de seguir, a partir de que empiece a actuar el primer gen en dicha célula, la programación

---

<sup>52</sup> La ciencia de mejorar los caracteres hereditarios no sólo por apareamientos seleccionados, sino por cualquier otra influencia.

genética en éste conducirá a la formación del individuo adulto. Pero antes de que esto suceda en los primeros momentos de vida embrionaria, ¿se puede expresar ya la certeza de que existe un ser humano individualizado o sólo un conglomerado de células en activa división?

En cuanto a la humanización del embrión, existe una gama de opiniones ya que hay quienes consideran que es ser humano desde el momento en que el feto tiene forma humana, otros, cuando empieza a desarrollar actividad cerebral detectable, pasando por quienes señalan la aceptación de sus padres, ser procreados con intención y que éste viva. Aunque en el terreno científico y más certeramente desde el punto de vista genético no existe una respuesta cierta en respecto al que momento específicamente, aunque el programa genético cargado en éste es humano y no de perro o de caballo, por lo que se puede suponer que la vida que surgirá es humana.

Respecto a su individualización se requieren dos propiedades, la unicidad, que refiere a la calidad de ser único y la unidad, es decir, ser uno solo. Aunque estas dos propiedades fundamentales no están definitivamente establecidas en el nuevo ser en desarrollo antes de que termine la anidación, un ejemplo de esto son los gemelos monocigóticos.

Sin modificar el rumbo hay una situación que se plantea en el camino respecto del embrión, esto es, la fecundación in vitro, que ha generado respecto del embrión una gran controversia referida a si él embrión fuera del ambiente extrauterino sigue teniendo el mismo estatus, que él que se encuentra en el útero.

Desde el punto de vista biológico la vida humana comienza tras la fecundación con la aparición de una realidad celular. La fecundación no es un instante, sino un proceso que constituye el cigoto, al final de la de fusión de los gametos, estableciéndose así la identidad genética del nuevo individuo. Sea como fuere la forma y el modo como ha llegado a la vida, cada cigoto vivo es un ser

humano con el carácter personal, propio y específico de todos los individuos de la especie humana.

El que a un embrión in vitro no se le destine (temporal o definitiva) a su implantación en el seno materno, no significa que su valor o status sea diferente al embrión en el útero: o es un embrión humano o no lo será nunca independientemente de "cuánto tiempo esté fuera de su sitio".

El potencial de desarrollo continuo se ha considerado un elemento clave para cualquier definición de embrión, pero resulta discutible si es posible definir al embrión humano sin establecer referencias a un momento evolutivo determinado. Así, el término embrión humano no sería aplicable antes de finalizado el proceso de fertilización del ovocito por un espermatozoide humano, ya que es en ese momento cuando se origina el genoma del nuevo individuo, en tanto que previamente los genomas heredados del padre y de la madre existen por separado.

Si la definición se basa en la singamia quedarían excluidas las tecnologías que no involucran la fertilización de un ovocito por un espermatozoide humano, pero algunas de esas técnicas podrían originar seres vivos si se aplican en humanos. Así, desde una perspectiva biológica, la definición de embrión incluiría entidades sin potencial de formar un ser humano por lo que sería más apropiado evaluar la capacidad de desarrollo hasta la etapa de formación de la línea primitiva, o más allá.

El embrión es indudablemente un ser vivo, pero no un ser humano. El embrión no tiene sistema nervioso desarrollado y es poco sensible aún a estímulos determinados. Para ser un ser humano no basta tener vida, ni sensación, es necesaria una conciencia típicamente humana, esta requiere de un cerebro mínimamente desarrollado; algunos otros alegan que por poseer ADN humano, no obstante cada célula en mi uñas lo contiene, más eso no les da el

carácter de ser humano, ni siquiera por la potencialidad que guarda hacia lo humano. Pero cada espermatozoide es en potencia un ser humano<sup>53</sup>.

Muchas son las cualidades que se deben ponderar para considerar al embrión un ser humano (más allá de una célula viva), pero como se vio en el apartado anterior no es tarea fácil determinar un fenómeno tan complejo y generar un concepto ideal, ya que variadas son las posturas en torno al embrión y mucha la polémica generada.

Por último, pero no así menos importante, se tocará el tema de la persona, en donde seré breve, ya que únicamente mencionaré algunas ideas para redondear las hasta aquí expresadas.

### 3.3. Persona

La idea de persona ha realizado un recorrido histórico, que denota nunca haber sido entendida en las dimensiones actuales, pero que ha respondido a las condiciones culturales de los pueblos.

Definir a la persona no ha sido tarea fácil, pero es la que ha logrado mayor estabilidad; la importancia de su establecimiento radica en entender la sutil diferencia entre ser humano y persona, lo que sentará bases para hacer una propuesta respecto a cómo regular la utilización y experimentación de células madre embrionarias sin meterse en terrenos que no corresponden.

Respecto de la definición de persona, es por muchos conocido que el origen etimológico de la palabra persona proviene del latín *personare* cuyo similar griego es *próspera* (*πρόσωπο*: *προς/pros* = delante, *ωπρος/οπος* = cara), ambas

---

<sup>53</sup> Esa potencialidad se da gracias a la morfogénesis, permitiendo que en un embrión se desarrollen los órganos diferenciados de un adulto a partir de estructuras indiferenciada (brazos, manos, dedos, vertebras, costillas, el cerebro y otras partes del cuerpo).

de significado máscara, por lo tanto persona equivaldría a personaje<sup>54</sup> de teatro griego clásico, pero se sabe que existe un equivalente en etrusco (que hace pensar en una común raíz indoeuropea), específicamente de la palabra *phersu* que al igual designa a la máscara de teatro que usaban los actores para interpretar sus personajes en las representaciones teatrales de la antigüedad.

En el derecho romano persona se entendía y se aplicaba a los actores de la vida social y jurídica, estos eran hombres considerados como sujetos de derecho. Es con Teodocio II cuando este concepto se contrapone al de esclavo y extranjero, siendo ciudadanos romanos las personas en sentido jurídico<sup>55</sup>.

Sin embargo esta acepción originaria, no refería al individuo humano como tal, este primer significado ha evolucionado y por tanto sufrido ciertos cambios<sup>56</sup> que se verán reflejados en su conceptualización a lo largo de las épocas y de los pensamientos.

---

<sup>54</sup> Persona significó sonar a través de algo o hacer resonar la voz, esto hace referencia al *prosopeion*, máscara con la cual el actor hacía resonar su voz y desempeñaba un papel.

<sup>55</sup> El derecho romano sólo reconocía como persona a quien reuniera los tres requisitos siguientes: tener *status libertatis* (ser libre no esclavo), tener *status civitatis* (ser romano, no extranjero) y tener *status familiae* (ser independiente de la patria potestad). Chávez Asencio, Manuel. La persona Humana. Publicación del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM.

<http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/revdpriv/cont/11/dtr/dtr1.pdf>. Consultada el 8 de agosto del 2010.

<sup>56</sup> a) Definición de la persona en términos de sustancia, caracterizada por la atribución de determinadas propiedades, entre ellas su individualidad e incomunicabilidad y su carácter racional. (Aristóteles, Boecio y buena parte del pensamiento medieval).

b) Subraya el carácter de pensante de esta sustancia (*res*) y la reduce a su condición de sujeto epistemológico que en la época del idealismo se convertirá en sujeto trascendental. (Edad Moderna).

c) Subraya el carácter ético de la persona y su condición de ser libre ante la obligación moral, en contraposición al mecanismo que rige el mundo de la naturaleza. (Tendría su origen en los estoicos, y su culminación en el Kant de la razón práctica y en Fichte).

d) Como variante de esta tercera surge la consideración jurídica de la persona, que sobre la base de su dignidad fundamentalmente ética, la define por los derechos universales e inalienables de la que es sujeto.

e) Corriente existencialista y personalismo filosófico y teológico (sus raíces se remontan a la tradición religiosa judeo-cristiana y a algunos representantes de la tradición cristiana como San Agustín, Pascal, Lutero, Kierkegaard, Curiel Alcántara, Lucía. La persona: Fundamento de la acción educativa. Nota técnica del proyecto de Investigación Institucional Ser Persona. Integra CIDE, México 2010.

<http://es.scribd.com/doc/54259757/Persona-Fundamento-de-la-Educacion>. Consultada el 8 de agosto del 2010.

Muy comúnmente el derecho y la filosofía han tenido un tratamiento especial para este concepto, pero en ciencias como la psicología también se ha buscado el conocimiento acerca de las personas, entendiéndola como un individuo donde se combinan factores biológicos, psíquicos, sociales y culturales. Se analiza al sujeto en sí mismo y su raíz profunda.

También se ha pensado a la persona en base a la inteligencia y a la posesión de ciertas capacidades o funciones, como un agente moral y como un sujeto generador de relaciones.

Antes de continuar cabe precisar que hombre y persona no son términos sinónimos. El concepto "persona" respetando las características humanas, hace referencia a la dimensión jurídica del ser humano, como sujeto de derechos y obligaciones dentro de la relación jurídica. Persona es un concepto de la técnica jurídica, cuyo contenido en la norma se aplica a todo hombre y a toda mujer. El sujeto de derecho es el portador o titular del derecho subjetivo, así como el elemento esencial de toda relación jurídica, ya sea de derecho privado o público.

Otro concepto que vale la pena diferenciar por la similitud que guardan es la de persona entendida en el ámbito jurídico y de la personalidad.

Por lo que toca a la persona jurídica<sup>57</sup>, se puede entender como la dimensión jurídica del ser humano, por la cual se posibilita ser sujeto de derechos y obligaciones reconocidos por el derecho para poder participar en la relación jurídica.

---

<sup>57</sup> Todo ser humano por su propia naturaleza es persona y así lo reconoce el artículo 1.2 de la Convención Americana sobre los Derechos Humanos que expresa que persona es todo ser humano, pero que requiere el reconocimiento de la norma jurídica para que estén debidamente protegidos sus derechos.



Y personalidad es el reconocimiento por el derecho de la persona jurídica, para ser sujeto de imputación de las consecuencias del sistema normativo<sup>58</sup> (La personalidad abre la puerta de la titularidad de derechos a una persona).

Cabe aclarar que hay una diferencia entre persona y persona jurídica, ya que la persona entendida naturalmente son los individuos de la especie humana y la persona entendida de manera jurídica, son todos los entes aptos para ser titulares de derechos (ya que puede haber personas físicas y un constructo llamado persona moral).

Un paso más para concretar el planteamiento sobre la persona será hablar del inicio y fin de la persona, para lo cual existen diversas proposiciones.

El inicio se ha establecido en el artículo 22 del Código Civil para el Distrito Federal (CCDF), el cual señala que la capacidad jurídica<sup>59</sup> de las personas físicas (es el hombre, en cuanto tiene obligaciones y derechos, una sola persona) se adquiere por el nacimiento y se pierde por la muerte; pero desde el momento en que un individuo es concebido, entra bajo la protección de la ley y se le tiene por nacido para los efectos declarados en este código.

Es conveniente notar que en este artículo, después de señalar como se adquiere y pierde la capacidad jurídica, indica que al concebido (naciturus) se extiende la protección y es considerado persona jurídica. A lo anterior el artículo 1313 CCDF, señala la capacidad para heredar y previene que todos los habitantes del D. F., cualquier edad que tengan, poseen capacidad para heredar, pero señala que pueden perderla por falta de personalidad.

---

<sup>58</sup> Artículo 6 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos y 16 del Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos. Todo ser humano tiene derecho, en todas partes, al reconocimiento de su personalidad jurídica.

<sup>59</sup> Aptitud para ser titular de derechos y obligaciones.

Respecto a la Teoría del Naciturus, con dos vertientes, en tanto no nacido y en tanto el nacimiento no se produzca con determinados requisitos, el concebido no nacido, no ha adquirido aún personalidad. El derecho conserva a su favor los derechos que eventualmente adquirirá cuando nazca. Porque sólo a partir del momento de su nacimiento va a adquirir la capacidad jurídica (pero nada impide que antes de nacer, siempre que esté concebido, pueda ser designado válidamente heredero, legatario o donatario, para ejercer sus derecho al adquirir personalidad, después de nacido).<sup>60</sup>

Continuando con el argumento de la persona jurídica establecida en el artículo 22 del CCDF él inicio de la persona es con el nacimiento, que de acuerdo al artículo 337 del CCDF, se establece: para los efectos legales sólo se reputan nacido el feto que, desprendido enteramente del seno materno vive veinticuatro horas o es presentado vivo al registro civil.

La prueba del nacimiento esta constituida con la copia del acta de nacimiento<sup>61</sup> que se obtenga del registro civil, que es un título legitimador de este hecho.

La contraparte del inicio es la extinción de la persona, en él mismo artículo 22 del CCDF se señala que la capacidad jurídica se pierde por la muerte.

Que como prueba definitiva del acaecimiento de la muerte se debe expedir el acta de defunción, donde se pruebe la comprobación del hecho biológico del cese irreversible de las funciones vitales (artículos 117 y 119 del CCDF).

---

<sup>60</sup> El artículo 1314 señala : "que son incapaces para adquirir por testamento o por intestado a causa de - falta de personalidad-, los que no estén concebidos al tiempo de la muerte del autor de la herencia o los concebidos cuando no sean viables conforme a lo dispuesto por el artículo 337 del CCDF. Esto significa interpretando a contrario sensu, que el concebido como individuo es persona física (artículo 22 CCDF) y se pierde al no ser viable conforme a lo dispuesto en el artículo 337 CCDF en relación a su capacidad, está restringida a su viabilidad, que se entiende como condición resolutoria negativa que se refiere al derecho de heredar, pues la condición como modalidad de la obligación no puede referirse a la persona ni a su capacidad.

<sup>61</sup> Artículo 54 del CCDF. Las declaraciones de nacimiento se harán presentando al niño ante el juez del registro civil en su oficina o en el lugar donde aquel hubiera nacido, acompañando el certificado de nacimiento.

Una vez que sabemos dónde inicia y donde termina una persona para el derecho civil es importante hablar sobre la dignidad de la persona (igualdad). La palabra dignidad es abstracta y significa "calidad de digno". Deriva del adjetivo latino *dignus, a, um*, que se traduce por valioso. De aquí que la dignidad es la calidad de valioso de un ente. El valor está insertado dentro de uno de los trascendentales o propiedades máximas del ente: el bien. Así, todo lo valioso es bueno.

La persona como ser tiene una dignidad especial: la humana. El camino hacia el reconocimiento pleno de la dignidad humana es parte de la historia. Encontramos al inicio la sujeción del hombre por el hombre en el terreno social y en el íntimo de la familia, como en la esclavitud, la patria potestad, etc.

La dignidad humana es reconocida internacionalmente en la Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948), en su artículo primero, que proclama: " todos los seres humanos nacen libres e iguales en dignidad y derechos y dotados como están de razón y conciencia, deben comportarse fraternalmente los unos con los otros".

La dignidad le permite al individuo como persona ser sujeto en la relación jurídica y acreedora a la protección del derecho.

Una tendencia que ha existido en el derecho es la de poder llegar a equilibrar ante la ley a todas las personas proporcionándoles igualdad. Prueba de ello es que actualmente en México la igualdad de dignidad y de derechos del hombre y de la mujer están reconocidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 4º: "El varón y la mujer son iguales ante la ley. Esta protegerá la organización y el desarrollo de la familia". Y en el artículo 2º del CC DF: "La capacidad jurídica es igual para el hombre y la mujer. A ninguna persona por razón de edad, sexo, embarazo, estado civil, raza, idioma, religión, ideología, orientación sexual, identidad de género, expresión de rol de género,

color de piel, nacionalidad, origen o posición social, trabajo o profesión, posición económica, carácter físico, discapacidad o estado de salud, se le podrán negar un servicio o prestación a la que tenga derecho, ni restringir el ejercicio de sus derechos cualquiera que sea la naturaleza de estos".

Persona entonces es un cúmulo de concepciones, sucesos y procesos que nos hablarán de una entidad única, inequívoca y siempre en potencia.

Las ideas presentadas son un complemento para los anteriores capítulos, a las cuales les dedico un espacio a parte por considerar importante un hacer de ellas un tratamiento más puntual.

Hablar de vida, no es sencillo ya que implica tener en cuenta las diversas posturas que se adjudican la respuesta a la interrogante de ¿cuándo inicia la vida?, respuesta que ha de interesar ya que mucho se puesto en tela de juicio la afectación a la vida producida por el uso de embriones para la obtención de linajes celulares para su estudio, por lo cual tener claridad respecto si de verdad se realiza un afectación a la vida, podrá ser determinante en la legislación, ya que de mantener una postura cerrada, nunca se logara en nuestro país el uso de embriones, ni siquiera siendo estos supernumerarios.

Establecer una mínima base sobre el embrión que permita poner de manifiesto de mejor manera al ente objeto de estudio, da ahí que consideré importante mostrar detalles de las peculiaridades en los procesos biológicos y genéticos de los embriones para tener certeza de qué es y que su uso, a pesar de la afectación causada, busque generar un bien mayor en la población.

Respecto al concepto de persona su propósito es únicamente distinguir al ente en desarrollo, de aquel sujeto humano que cuenta con los atributos que la ley le confiere para ser un sujeto jurídico, así como determinar en base a la persona y

personalidad jurídica, que los embriones también deben tener derechos sobre todo cuando se busca experimentar con ellos.

Como mencione estas ideas aquí vertidas son herramientas para tener la posibilidad de agregar un peldaño al sustento para poder realizar una legislación más estable, uniforme e informada.

Si bien es cierto no están representadas todas y cada una de las teorías existentes, consideré prudente establecer las que a esta investigación fueran de utilidad y que me permitirán respetar la línea de investigación, siendo no extensa pero si clara en las posturas que expongo, por considerarlas mi mejor punto de referencia para poder establecer con mayor claridad el rumbo de la fundamentación para que este tema se pudiera regular en nuestro país.

## **CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE FUNDAMENTACIÓN PARA LA REGULACIÓN RESPECTO DE LA OBTENCIÓN, ESTUDIO Y APLICACIÓN DE CÉLULAS MADRE EMBRIONARIAS EN MÉXICO**

La ciencia médica, al igual que otras ramas del conocimiento ha tenido un proceso evolutivo impresionante a nivel mundial, situación que la mantiene por un lado a la vanguardia y por otro en ciernes. La demanda de curas para las nuevas enfermedades que surge, así como el deseo por un aumento o mejora en la calidad de vida de la población, apareja una oleada de estándares de belleza, que promueven los nuevos inventos; estas novedades que se están generando, merecen no sólo ser estudiadas en un laboratorio, también requieren pasar por un proceso mediante el cual la sociedad en su conjunto, las conozca y acepte para que sean susceptibles de legislarse en cualquier latitud para seguridad de quienes las empleen. Al respecto considero necesario recalcar la importancia de crear ordenamientos que den certeza y eliminen los problemas éticos, tanto más, cuando no haya una conceptualización clara en todas sus dimensiones y cuando la misma ciencia no haya establecido los parámetros para su estudio y que este no perjudique a las personas, los animales o el medio ambiente.

El ritmo tan exponencial, con el que los nuevos hallazgos en medicina se han generado, dificultan la posibilidad de una divulgación correcta y suficiente lo que impide a la población para comprender los recientes tópicos científicos y principalmente, ha imposibilitado crear legislación que vaya un paso adelante de los avances científicos y tecnológicos; dicha situación no ocurre solamente en el campo de la medicina, sino también en otras áreas. Además, siempre estarán de por medio los intereses económicos tanto privados como públicos que se mueven de tras de los grandes avances y los derechos de propiedad de su explotación.

El tema de esta tesis se viene delineando en los capítulos anteriores y para concluirlo, es necesario hablar de las células madre embrionarias no sólo desde el

terreno científico, sino también desde la perspectiva jurídica, proporcionando las bases legales su estudio, su extracción y su uso en la medicina en nuestro país.

Como punto de partida para hablar de una regulación en México, estableceré un acotado marco de referencia sobre las legislaciones ya existentes en otros países con relación a las células madre adultas, de cordón umbilical y las embrionarias. Otros puntos de apoyo necesarios también, son las convenciones internacionales y nuestro derecho interno para la propuesta de fundamentación para la regulación.

#### 4.1. Legislaciones extranjeras respecto de la obtención, estudio y aplicación de células madre embrionarias.

Muchos países han sido pioneros en el estudio de células madre, en la aplicación de métodos terapéuticos y en el establecimiento de legislación específica respecto de las células madre en general, otros tantos, han entrado recientemente al círculo de quienes han realizado trabajos ex profeso. Las posturas son diversas, ya que la ideología, los valores de las diferentes sociedades e incluso la religión ha orientado el sentido de los trabajos realizados en las diversas partes del mundo, gracias a lo cual su tratamiento es más avanzado que el nuestro, pese a que tienen ideas conservadoras y de no inclusión en sus legislaciones.

Ejemplos hay muchos, para efectos de este trabajo de investigación elegí como referencia, cinco países con divergencias en sus posiciones legislativas, a lo largo de su historia, como consecuencia de las decisiones de quien detenta el poder, de las necesidades sociales e ideológicas y de los grupos que generan presión. España, Reino Unido, Alemania, Estados Unidos y Brasil, cada uno de manera muy particular se ha preocupado por las células madre, y además de poner atención al avance obtenido en el terreno científico, han creado una protección legal para los procesos y las técnicas desarrolladas respecto del

estudio y aplicación de estas células con legislaciones innovadoras, instaurando así medidas de seguridad para los pacientes que recurren al uso de las células madre como una opción viable terapéutica y la delimitación puntual para el trabajo que realizan los científicos y los médicos.

#### 4.1.1. España

España ha sido un país que además de precursor, se ha mantenido a la delantera en los temas de células madre, desde la promulgación de la Ley 35/1988, de 22 de noviembre de 1988, sobre Técnicas de Reproducción Asistida<sup>62</sup>, reconocida como la legislación más innovadora de su tiempo en Europa. Esta Ley permaneció 15 años vigente y a lo largo del tiempo la investigación y la práctica médica han superado lo legislado generando problemas, sin duda alguna, la más importante de estas dificultades ha sido la acumulación de un elevado número de embriones supernumerarios sin destino.

El código penal español de 1996<sup>63</sup> castigaba con pena de prisión de uno a cinco años e inhabilitación especial para empleo o cargo público, profesión u oficio de seis a diez años a quienes fecundaran óvulos humanos con cualquier fin distinto a la procreación humana y a la creación de seres humanos idénticos por clonación u otros procedimientos dirigidos a la selección de la raza.

Hasta 2003, la ley Sobre Técnicas de Reproducción Asistida prohibía tanto la creación como la utilización de embriones sanos con fines de investigación científica. Es en ese mismo año que la nueva Ley de Reproducción Asistida del 21 de octubre de 2003<sup>64</sup> (aprobada en mayo del 2004) autorizó la investigación con embriones, siempre y cuando las células madre provenientes de embriones

---

<sup>62</sup> [http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/spanish\\_law45.pdf](http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/spanish_law45.pdf). Consultada el 7 de noviembre del 2011.

<sup>63</sup> [http://www.ehu.es/p200-content/es/contenidos/informacion/ivcke\\_i\\_jose\\_luis\\_delacuesta/es\\_joseluis/adjuntos/introduccionnuevocp.pdf](http://www.ehu.es/p200-content/es/contenidos/informacion/ivcke_i_jose_luis_delacuesta/es_joseluis/adjuntos/introduccionnuevocp.pdf). Consultada el 7 de noviembre del 2011.

<sup>64</sup> [http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/spanish\\_law45.pdf](http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/spanish_law45.pdf). Consultada el 8 de noviembre del 2011.



congelados supernumerarios, no fueran parte de un proyecto de paternidad, considerando a estos embriones no viables, puesto que sus posibilidades de desarrollarse en un tanque de nitrógeno líquido son casi nulas.

Si embargo en España y en muchos países de Europa no es legal crear un embrión para investigación médica (incluyendo la activación de ovocitos mediante transferencia nuclear o clonación), prohibido por el artículo 18.2 del Convenio de Derechos Humanos y Biomedicina del Consejo de Europa<sup>65</sup>, ratificado por España y otros países de Europa, entrando este en vigor desde el 1 de enero de 2000<sup>66</sup>.

Ley de mayo de 2006 sobre Técnicas de Reproducción Asistida, establece para los donantes, respecto a los embriones sobrantes de fecundación in vitro, dará la posibilidad de congelarlos para un uso futuro, donarlos a otras parejas o autorizar su utilización para investigación, así también permite la posibilidad de generar hermanos salvadores, esto es, un hijo sano que sea compatible con los tejidos de su hermano enfermo para poder curarlo.

En España la ley sobre Investigación Biomédica, aprobada en julio de 2007<sup>67</sup>, es menos estricta y aunque prohíbe la creación de preembriones y embriones sólo con fines de experimentación permite la utilización de cualquier técnica de obtención de células madre humanas con fines terapéuticos, es decir, los científicos locales pueden trabajar con excedentes de tratamientos de fertilización asistida, siempre que se siga un escrupuloso sistema administrativo para la solicitud y los donantes del óvulo y de esperma creadores del embrión den su consentimiento informado. En esta ley se estipula que toda actividad relacionada con células madre debe contar con un informe favorable de la Comisión de Garantías para la Donación y la Utilización de Células y Tejidos Humanos.

---

<sup>65</sup> <http://www.unav.es/cdb/coeconvenccion.html>. Consultada el 9 de noviembre del 2011.

<sup>66</sup> <http://www.comitedebioetica.es/normativa/legislativo.php>. Consultada el 9 de noviembre del 2011.

<sup>67</sup> <http://www.boe.es/boe/dias/2007/07/04/pdfs/A28826-28848.pdf>. Consultada el 9 de noviembre del 2011.

Para 2008 en Europa, se prohíbe a los investigadores el registro de patentes de células madre embrionarias con la finalidad de no interferir en los intereses públicos<sup>68</sup>.

#### 4.1.2. Reino Unido

El Reino Unido se conoce como el lugar con el mejor ambiente político para la investigación de células madre, desde las de adultos, hasta las células embrionarias y donde los cuestionamientos éticos al respecto de estas investigaciones son escasos.

A partir de la Ley de la Fecundación Humana y Embriología de 1990<sup>69</sup>, se permite la utilización de embriones humanos, con el fin de realizar investigaciones sobre el aborto espontáneo, la infertilidad y enfermedades genéticas.

Estos embriones humanos que se utilicen para la investigación médica, se estipula, son supernumerarios, y en vez de ser destruidos en el plazo de 14 días después de la fecundación, pueden ser dados a la ciencia, siempre y cuando medie el consentimiento legal de parte de los donantes, en caso de fallecimiento o de no necesitarlos más.

En Julio del 2000, el departamento de salud británico publicaba el Reporte del Comité Donaldson<sup>70</sup> redactado por un grupo de médicos expertos en clonación humana, en este reporte se da una visión científica a favor de la investigación con

---

<sup>68</sup>Basteiro, Daniel. 2011. La Eu prohíbe patentar tratamientos con células embrionarias. Diario Público. <http://www.publico.es/ciencias/402258/la-ue-prohibe-patentar-tratamientos-con-celulas-embrionarias>. Consultada el 15 de noviembre del 2011.

<sup>69</sup> <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/22/contents>. Consultada el 15 de noviembre del 2011.

<sup>70</sup> Donaldson report. Stem cell research: medical progress with responsibility. A report from the chief medical officer's expert group reviewing the potential of developments in stem cell research and cell nuclear replacement to benefit human health. [www.lifecellinternational.com/.../stemcell\\_resear](http://www.lifecellinternational.com/.../stemcell_resear). Consultada el 21 de noviembre del 2011.

células madre, en el cual se exponen las limitaciones éticas y técnicas de la clonación y las posibilidades del uso de células madre con fines terapéutico-experimental, también menciona la posibilidad de conseguir otro tipo de células madre no embrionarias que evitarían el uso y destrucción de embriones. Además se estiman las ventajas del uso de células embrionarias sobre las de adulto.

En agosto del 2000 el ministro Tony Blair propuso una modificación a la Ley de Fecundación Humana y Embriología del 90, un año más tarde se da la aceptación a esta alteración, con la cual se permite la clonación terapéutica de embriones, utilizada para producir células madre destinadas a la curación de enfermedades graves.

Antes esa posibilidad de clonación terapéutica, se establece una aclaración vital en la Ley de Fecundación Humana y la Embriología, en la que se establece que esta Ley aplica por igual a todos los embriones ya hayan sido creados para la implantación en una mujer o simplemente creados para la investigación médica, no haciendo diferencias entre un embrión generado por un óvulo y un espermatozoides humano a uno creado en laboratorio por clonación.

En mayo de 2004, derivada de la Ley de Fecundación Humana y Embriología del 2001 y gracias a una cuantiosa donación, se abre el primer banco de células madre embrionarias en Reino Unido<sup>71</sup>, este banco tenía el objetivo de crear a partir de líneas celulares, nuevos tejidos que podrían ser utilizados posteriormente en el tratamiento de enfermedades como: Alzheimer, Parkinson, cáncer padecimientos coronarios, diabetes y distrofia muscular, entre otros.

---

<sup>71</sup> International stem cell bank open (2005). BBC News. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/4355722.stm>. Consultada el 22 de noviembre del 2011.

Para el año 2008 tal fue el auge alcanzado en este terreno que la ley Fecundación Humana y Embriología fue nuevamente modificada, permitiendo la creación de embriones híbridos (humano – animal) con fines terapéuticos<sup>72</sup>.

#### 4.1.3. Alemania

Alemania siempre ha sido el país europeo más reticente a la utilización de embriones, y esto se ve reflejado claramente en su Ley de Protección del Embrión de 1991<sup>73</sup>, sólo permite el diagnóstico o el análisis de un embrión para su propio beneficio y con el objetivo de implantar este embrión individual en tratamientos de fecundación in vitro.

Esta ley prohíbe principalmente la creación de embriones humanos con fines de investigación, la extracción de células totipotentes de un embrión humano, la transferencia genética en células germinales humanas y la clonación, y sanciona penalmente a quien actué contrariamente a lo establecido en esta ley.

Pese a esta condicionante Alemania abrió ciertas posibilidades y estableció que bajo determinadas circunstancias rigurosamente reglamentadas, sería posible importar células madre de otros países para proyectos de investigación especiales de gran importancia. Estas células madre deberán tener origen en líneas de células madre creadas con anterioridad al 1 de enero de 2002<sup>74</sup>, y sólo se pueden utilizar en proyectos de investigación con objetivos de mucha importancia y cada caso tiene que ser aprobado por una comisión especial de ética.

---

<sup>72</sup> Navas, María Elena (2008). Sí a los embriones híbridos. BBC Mundo.  
[http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid\\_7409000/7409484.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_7409000/7409484.stm). Consultada el 23 de noviembre del 2011.

<sup>73</sup> <http://www.bioeticaweb.com/content/view/1014/86/>. Consultada el 23 de noviembre del 2011.

<sup>74</sup> Roberts, MacKenna (2007). German biothiicist support relaxation of stem cell law. Bio News. 417.  
[http://www.bionews.org.uk/page\\_13132.asp](http://www.bionews.org.uk/page_13132.asp). Consultada el 23 de noviembre del 2011.

La fecha establecida se fijó antes de la entrada en vigencia de la Ley Alemana de Células Troncales del 18 de junio del 2002, aprobada por el Comité Nacional de Bioética, para evitar que la autorización de importación incitara la creación de líneas celulares en otras partes del mundo con fines de comercialización, así como, sólo las células producidas a partir de embriones supernumerarios, inicialmente creadas con fines reproductivos y que ya no constituyen más un proyecto parental, pueden ser importadas, sin contrapartida financiera.

Finalmente, esta importación de células madre embrionarias y la utilización de embriones, no deben violar las reglamentaciones de los países de donde provengan las células, ni la Ley Alemana de Protección al Embrión de diciembre de 1990.

Los proyectos de investigación deben ser examinados y evaluados por la Comisión Central de Ética de Investigación sobre las células madre, a fin de determinar si corresponden a las exigencias legales y se justifican desde un punto de vista ético.

En 2008 la cámara baja del parlamento, estuvo a favor de ampliar el plazo límite para adquirir las células madre, permitiendo comprar material con la condición de que este haya sido creado antes del 1º de mayo de 2007<sup>75</sup>.

#### 4.1.4. Estados Unidos

Estados Unidos es clave en el desarrollo en este campo debido a que en este país encontramos la más sofisticada industria biotecnológica, pero también es un país de muchos contrastes, derivados de sus ciudadanos, sus legisladores y el

---

<sup>75</sup> Roldán, Carlos Álvaro (2008). Alemania suaviza su restrictiva normativa sobre células madre embrionarias. El mundo. <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2008/04/11/biociencia/1207911724.html>. Consultada el 23 de noviembre del 2011.

partido en el poder. A esto sumemos las posibilidades que tienen las compañías privadas ante la libertad de empresa<sup>76</sup> además de la capacidad legislativa que tiene cada uno de los estados de Norteamérica.

La prohibición de utilizar fondos federales para financiar la investigación que involucrara la creación o destrucción de embriones humanos data de 1995, con la aprobación por el Congreso a la enmienda Dickey-Wicke<sup>77</sup>. No obstante el sector privado pudo financiar ciertas investigaciones, un ejemplo de esto fue el apoyo que recibieron los trabajos que condujeron a la ramificación de líneas de células madre humanas, en la Universidad de Wisconsin, a cargo de James Thomson en 1998, financiados por la sociedad Geron.

Dicha enmienda da cabida a una doble moral, debido a que por un lado, los institutos y universidades que reciben fondos para investigación del gobierno federal, quedarán sometidas a las restricciones ya impuestas, y por otro, deja la puerta abierta a las compañías privadas para realizar experimentación, y la posibilidad de que aquellos dependientes de fondos públicos, puedan comparar líneas de células madre obtenidas en laboratorios privados y experimentar con ellas.

En agosto del 2001 el presidente en turno, George W. Bush, da a conocer su decisión de autorizar fondos federales, únicamente para la investigación con líneas celulares de células madre pre-existentes, antes del 1 de agosto de 2001. Sin embargo en su controversial decisión, no se opuso a que instituciones privadas experimentaran con células madre embrionarias.

---

<sup>76</sup> Permitir la actividad libre y sin restricciones de todo tipo de empresas, bajo el argumento de que restringir o intervenir en su actividad atentaría contra la libre empresa, o hacerlo bajo el argumento de proteger el mercado libre.

<sup>77</sup> Kiessling, Ann A. (2010). The History of the Dickey Wicker Amendment. Bedford Stem Cell Research Foundation. <http://www.bedfordresearch.org/article/dickey-wicker-amendment-human-embryo-research-25912>. Consultada el 2 de diciembre del 2011.

En 2006 Bush veta una ley aprobada por la Cámara de Representantes en 2005, que pretendía ampliar los fondos públicos para las investigaciones con células madre embrionarias, el nuevo presidente de Estados Unidos Barack Obama, levanta todas las restricciones administrativas impuestas por su antecesor y autoriza el financiamiento de las investigaciones sobre células madre, a través de una Orden Ejecutiva<sup>78</sup> (EO 13505 “Quitando las Barreras para la Investigación Científica Responsable Sobre Células Madre Humanas”), la cual modifica el modo en el que los Institutos de Salud (NIH) pueden apoyar y realizar investigaciones sobre células madre. Este decreto debió ser desarrollado en un plazo de 120 días por los institutos nacionales de salud, elaborando directrices para la investigación sobre células madre.

#### 4.1.5. Brasil

Brasil en el tema de las células madre aún es neófito, en parte tal vez debido a que es el país con mayor población de católicos en el mundo<sup>79</sup> o por que es una potencia en desarrollo.

En su preocupación respecto del progreso científico y tecnológico, Brasil adopta la primera versión de la Ley de Bioseguridad en 1995 (ley 89774/95<sup>80</sup>), en esta se establecían normas para el uso de ingeniería genética y mecanismos de control y seguridad para los organismos genéticamente modificados (OGM).

---

<sup>78</sup> Obama, Barak. 2009. Executive Order. Removing barriers to responsible scientific research involving human stem cells. White House. [http://www.whitehouse.gov/the\\_press\\_office/Removing-Barriers-to-Responsible-Scientific-Research-Involving-Human-Stem-Cells](http://www.whitehouse.gov/the_press_office/Removing-Barriers-to-Responsible-Scientific-Research-Involving-Human-Stem-Cells). Consultada el 8 de diciembre del 2011.

<sup>79</sup><http://int.jovensconectados.org.br/es/brasil/96-brazil/425-the-largest-catholic-country-in-the-world>. Consultada el 10 de diciembre de 2011.

<sup>80</sup> Castro Fonseca, Paulo de Freitas (2010). El papel de la prensa en el debate acerca de la reglamentación sobre Biotecnología en Brasil: ¿seguridad de los transgénicos o de las células madre embrionarias? Revista Iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad. Rev. iberoam. cienc. tecnol. soc. vol.5 no.15 Ciudad Autónoma de Buenos Aires set. 2010. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132010000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132010000200003&script=sci_arttext). Consultada el 10 de diciembre del 2011.

Así mismo se autoriza la creación de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio), que se traduce en una comisión permanente de expertos en bioseguridad y que será responsable del análisis técnico de las solicitudes para realizar experimentos o autorizar la comercialización de OGM.

Esta ley fue revocada por la Ley de Biotecnología del 2005 (Ley 11105/05) en esta, el congreso brasileño autoriza la investigación con células madre embrionarias con fines terapéuticos, con la limitante de que únicamente podrán ser utilizadas células madre de embriones congelados, producidos mediante fertilización in vitro tres años antes del 2005.

Su fin deberá ser investigar posibles terapias que permitan revertir y curar enfermedades crónicas y neurodegenerativas que tienen un gran impacto en la población.

Sin embargo esta ley fue centro de la polémica y enfrentó la resistencia religiosa ya que en mismo año, el ex Procurador General de la República de Brasil, Claudio Fonteles, interpuso una acción directa de inconstitucionalidad en su contra, bajo el argumento de que atenta contra el derecho a la vida del embrión, consagrado en la Constitución brasileña.

La discusión respecto de la inconstitucionalidad se prorrogó durante tres años; en mayo del 2008 finalmente se anunció la resolución del supremo Tribunal Federal, rechazando la citada acción de inconstitucionalidad. Ante esta decisión judicial Brasil pasó a convertirse en la primera nación de Latinoamérica en legalizar los estudios con células madre embrionarias.

A pesar de esta decisión Brasil, no concede protección por patente a los organismos vivos debido a que los artículos 10 y 18 de la Ley de Propiedad



Industrial (Ley 9.279/06)<sup>81</sup> establecen que el país no reconoce las patentes sobre la vida. No obstante, en el país se aceptan las patentes sobre los procesos destinados a obtener células madre y otras actividades, tales como la proliferación, la diferenciación y el tratamiento para pacientes.

#### 4.2. Legislación internacional que prevé condiciones para la obtención, estudio y aplicación de células madre embrionarias

Los acuerdos así como las normas internacionales, son un reflejo de la realidad social mundial, así como de las necesidades que se tienen, en ese tenor la comunidad internacional busca adecuarse a las situaciones que se presenten.

En cuanto a los temas de bioética y las nuevas tecnologías, en medicina existen diversos acuerdos y ordenamientos a nivel internacional, muchos de ellos vinculantes y otros tantos, arreglos entre países que pueden ser una guía útil para el establecimiento de normas y principios respecto de los avances en el ramo.

Actualmente no existe una convención o arreglo internacional dedicado al tratamiento único de las células madre, sin embargo existen pautas que sirven al trabajo que los investigadores en el mundo realizan, con estas células y que particularmente me permitirán señalar los principios y conceptos que considero deben estipularse para la legislación de este tema en nuestro país.

La idea de generar preceptos en bioética, no sólo a nivel nacional, sino más allá de las fronteras territoriales soberanas de cada estado, tiene un referente histórico interesante que se desenvuelve gracias al Código de Nüremberg de 1947<sup>82</sup>, considerado el primer antecedente de relevancia internacional sobre ética

---

<sup>81</sup> Jurberg, Claudia (2008). La aprobación brasileña de la investigación sobre células madre embrionarias podría fomentar la protección por patente. Intellectual Property Watch. <http://www.ip-watch.org/2008/06/09/la-aprobacion-brasilena-de-la-investigacion-sobre-celulas-madre-embrionarias-podria-fomentar-la-proteccion-por-patente/>. Consultada el 13 de diciembre del 2011.

<sup>82</sup> <http://ohsr.od.nih.gov/guidelines/nuremberg.html>. Consultada el 13 de diciembre del 2011.

de la investigación. El Código fue producto de los Juicios de Nüremberg (agosto 1945 a octubre 1946) instaurados contra médicos nazis que realizaron experimentos médicos crueles que atentaban contra los derechos humanos. Hoy en día este código supone la pauta para cualquier experimentación en el terreno científico. Dentro de los preceptos que pueden ser útiles a las actuales experimentaciones con células madre, destaca la idea de que los experimentos realizados tengan como fin la búsqueda del bien social siempre y cuando éstos no sean realizados innecesariamente o existan paliativos de bajo impacto en cuanto los daños que éste cause; también se empieza a construir la idea del consentimiento por parte de quienes participen en los experimentos, sin que con posterioridad, se traducirá en un consentimiento informado por parte de quien es capaz de expresarlo y de quienes no pueden.

Diecisiete años después de Nüremberg es adoptada por la 18ª Asamblea Médica Mundial en Helsinki, Finlandia en junio de 1964 la Declaración de Helsinki, la cual retoma las ideas de Nüremberg, constituyéndose en la referencia internacional de la ética en la investigación. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial los Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos (enmendada 6 veces, siendo la última en la 59ª Asamblea General en Seúl, Corea en octubre del 2008), en su texto se establece como propuesta los principios éticos que deberán regir la investigación en seres humanos incluyendo la investigación realizada con material humano.

Aunque dicha declaración está destinada principalmente a los médicos de la Asociación Mundial Médica, exhorta a todos los que realicen investigación médica a adoptar los principios que en ella establecen.

Más puntualmente y para el tema en cuestión, establece que para la investigación médica en que se utilice material o datos humanos identificables, el médico debe pedir normalmente el consentimiento para la recolección, análisis, almacenamiento y reutilización, aunque existirán situaciones en las que será

imposible obtener el consentimiento para dicha investigación, dejando la posibilidad de que cuando el individuo potencial sea incapaz, el médico debe pedir el consentimiento informado del representante legal. Además establece pertinentemente que la investigación sólo puede ser realizada después de ser considerada y aprobada por un comité de ética de investigación.

El Pacto Internacional sobre Derechos Civiles y Políticos de 1966<sup>83</sup>, en el artículo 7, expresa que nadie será sometido sin su libre consentimiento a experimentación médico o científica, punto que enfatiza la aprobación de la participación de los sujetos a experimentación, lo cual se complementa con lo establecido en los dos preceptos anteriormente descritos.

En 1993, el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS por sus siglas en inglés) publica las “Pautas Éticas Internacionales para la Investigación y Experimentación Biomédica en Seres Humanos<sup>84</sup>”. Estas pautas, son una guía que basa sus principios en lo establecido en el Código de Nüremberg y la Declaración de Helsinki de 1964, así como en la Propuesta de Pautas Internacionales para la Investigación Biomédica en Seres Humanos de 1982.

De la Organización de las Naciones Unidas se desprende la Declaración de las Naciones Unidas sobre la Clonación Humana (2005), en donde se establece que los estados miembros de la organización adoptarán todas las medidas necesarias para proteger adecuadamente la vida humana en la aplicación de las ciencias biológicas, así como la promulgación y aplicación de legislación nacional al respecto.

---

<sup>83</sup> <http://www2.ohchr.org/spanish/law/ccpr.htm>. Consultada el 19 de diciembre de 2011.

<sup>84</sup> Los principios recogidos en estas pautas, deberán regir en toda investigación o experimentación, éstos son: el respeto a las personas en cuanto a su autonomía aunque esta sea disminuida, la búsqueda del bien referida a la obligación de lograr máximos beneficios y la reducción al mínimo de los daños que puedan causarse; y por último el de justicia, referida al trato correcto, moral y apropiado que merece todo sujeto de investigación.

Si bien es cierto que esta declaración trata de la clonación humana, impone a los estados la adopción de las medidas pertinentes en cuanto a la aplicación de las ciencias biológicas, llámese clonación, fecundación in vitro o de las células madre.

Por su parte la UNESCO, en la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos del 2005 trata las cuestiones éticas relacionadas con la medicina, la vida y las tecnologías conexas aplicadas a los seres humanos, en una nota importante esta declaración dimensiona las cuestiones éticas desde lo social, lo jurídico y lo ambiental.

Es importante destacar dentro de los objetivos de esta Declaración, que se busca establecer un marco universal de principios y procedimientos que podrán ser utilizados por los países como guía en la realización de legislación, políticas públicas y cualquier otro instrumento que sirva a la bioética, además se reconoce la importancia de la libertad de investigación científica siempre y cuando ésta se atenga a los principios que enuncia esta declaración y que las repercusiones que ésta genere, sean en beneficio del desarrollo, buscando siempre el respeto de la dignidad humana, los derechos humanos y las libertades fundamentales. Una consideración interesante que poco se menciona es la de propiciar el acceso equitativo a los adelantos que reporte la medicina, la ciencia y la tecnología a la comunidad científica y a la sociedad.

La declaración establece principios éticos que pueden ser rectores en el desarrollo de las investigaciones médicas, estos son: el respeto a la dignidad humana y derechos humanos, potenciar los beneficios y reducción de los efectos nocivos, autonomía en cuanto al ejercicio de sus decisiones, consentimiento libre e informado por parte de los pacientes, el respeto a la vulnerabilidad humana y a la integridad personal, la privacidad y la confidencialidad de la información, igualdad, justicia y equidad y no discriminación.

Igualmente establece la creación de los Comités de ética, con la idea de que estos evalúen problemas éticos, jurídicos, científicos y sociales suscitados por la investigación, prestar asesoría sobre cuestiones éticas en contextos clínicos, así como evaluar los adelantos de la ciencia y la tecnología y fomentar la educación sobre la bioética.

También insta a una cooperación internacional, a través de la cual los estados fomenten la difusión de la información científica y estimulen el aprovechamiento de los conocimientos científicos y tecnológicos.

Las legislaciones y acuerdos internacionales que tocan los temas de la bioética, de la experimentación y del papel de la medicina en la salud de la población, no se restringen a ser tratadas por los organismos internacionales sobre salud y ciencia, también han sido abordadas en el terreno de lo comercial; la Organización Mundial del Comercio establece ciertas reglas respecto de la invención de patentes, protección de derechos de autor y de la protección de la salud pública.

En cuanto a la Convención Universal sobre Derechos de Autor de 1952<sup>85</sup>, en su primer artículo establece el compromiso por parte de los estados signantes, a adoptar todas las medidas necesarias a fin de proteger los derechos de autor sobre obras científicas, lo que implica que deberá existir una protección suficiente a quien desarrolle una obra de este carácter; importante señalamiento ya que los avances científicos que se han reportado suelen protegerse al máximo por las industrias farmacéuticas, y cada día son más y más.

Existe también el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el comercio (ADPIC) de 1994, en el cual se menciona a las patentes, rubro importante en las investigaciones con células

---

<sup>85</sup> [http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=15241&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=15241&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html). Consultada el 20 de diciembre de 2011.

madre, ya que los logros alcanzados sobre estas células empiezan a moverse por el mundo; sin embargo existen posturas como la de la Unión Europea que prohíbe a los estados patentar métodos con estas células, situación determinada en el acuerdo que otorga la posibilidad de excluir de la patentabilidad las invenciones cuya explotación comercial vayan contra el orden público y con el fin de proteger la salud, sin embargo para el resto de los países que han adoptado este Acuerdo, las reglas continúan en el mismo sentido.

La Declaración de Doha relativa al Acuerdo sobre los ADPIC y la Salud Pública del 2001<sup>86</sup>, estipula que en el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio, no deberá impedir y apoyará a los estados parte, para que adopten medidas que protegen la salud pública de cada nación, hace énfasis en la promoción del acceso a medicamentos para todos y prevé flexibilidad en los acuerdos sobre los ADPIC, para tal efecto.

Lo expresado hasta aquí, ofrece un breve panorama que permite tener una idea sobre lo que ocurre en el mundo con relación al tema que nos ocupa y a la vez abre la posibilidad para imaginar o plantear un escenario posible que haga factible el acompañamiento al desarrollo científico con base en una regulación que posibilite la investigación con células madre embrionarias, dentro de un marco legal perfectamente definido y cuyos objetivos sean inobjetables, respondiendo inequívocamente a los intereses y necesidades de nuestra nación.

#### 4.3. Propuesta de fundamentación para la regulación respecto de la obtención, estudio y aplicación de células madre embrionarias en México

En nuestro país muchos son los temas que quedan en el tintero de los legisladores y que exigen imperiosamente ser regulados debido a su importancia, algunos de estos aspectos se han convertido en relevantes para la nación como la

---

<sup>86</sup> [http://www.wto.org/spanish/thewto\\_s/minist\\_s/min01\\_s/mindecl\\_trips\\_s.htm](http://www.wto.org/spanish/thewto_s/minist_s/min01_s/mindecl_trips_s.htm). Consultada el 20 de diciembre del 2011.

seguridad, la educación, la salud, por citar algunos, dentro de los cuales su apremiante necesidad hace difícil su jerarquización para abordarlos de manera prioritaria.

Lo que si es claro es que se tiene la necesidad de modificar las leyes existentes de acuerdo a las exigencias de la actualidad, así como también, la de crear un conjunto de normativas respecto a los tópicos que han surgido, producto del desarrollo de las sociedades y del propio ser humano.

Uno de los tantos temas que requieren consideración por parte del aparato legislativo es el referente a las nuevas tecnologías en el ramo de la salud, específicamente, la investigación de las células madre embrionarias, cuya atención se ha soslayado, postergando su tratamiento y resolución en virtud de las implicaciones que trae consigo.

En nuestro país el tema de las células madre embrionarias, así como el del aborto o el de eutanasia, son espinosos ya que tienen un sesgo ético que ha generado polémicos puntos de vista, principalmente, porque se vinculan con la vida. Lo que genera que el peso de las decisiones entorno a ellos sean controversiales y muy complejas, lo que cierra las posibilidades para ser discutidas centradamente y sin prejuicios.

Antes de iniciar el planteamiento relativo a la regulación de las células madre embrionarias, considero necesario hacer una aclaración, en el tenor de las ideas expuestas, mi interés es que se genere en nuestro país una legislación a favor de la experimentación y utilización de células madre embrionarias, estableciendo un basamento legal, actualizado, con una perspectiva amplia y que contemple todos los ángulos posibles que evite una apertura desmedida de las investigaciones que puedan llevarse a cabo con embriones. Por todo lo antes mencionado debe establecerse una regulación tomando en cuenta lo que en el resto del mundo se viene haciendo en esta materia, para considerar las

peculiaridades, condiciones y recursos de nuestro país, para que una actividad de esta naturaleza, pueda llevarse a cabo. Mi intención primordial es proponer que se realice bajo un estricto respeto hacia la vida, la dignidad humana y a los principios bioéticos, estableciendo reglas claras, buscando siempre que la investigación que se realice tenga como único fin el bienestar de la sociedad, evitando la generación de prácticas extremas, peligrosas y fuera de la ley.

El primer punto sensible a considerar en la regulación de las células madre embrionarias dada la información recabada, es el fenómeno de la vida, por que es fundamental para determinar el estatus jurídico y ontológico del embrión como ente activo respecto de la investigación y aplicación de las células madre embrionarias, no obstante debido a las diversas posturas científicas que la estudian, no se cuenta con una sola conceptualización respecto de la vida, por lo que, para nuestro ordenamiento jurídico, como para el del resto del mundo, establecer una definición en este sentido ha sido complicado, pese a esa diversidad es factible puntualizar las características que las envuelven y que pueden ser protegidas por la ley, permitiéndose así, encontrar un punto de acuerdo a partir del que se puedan estudiar embriones, afectando mínimamente la dignidad humana y buscando siempre el beneficio colectivo.

En nuestra Carta Magna y en algunos de los tratados suscritos por México en materia de derechos humanos<sup>87</sup> figura una protección a la vida como un derecho inherente de todo ser humano, sin embargo existe ambigüedad en éste y otros términos importantes, que de continuar igual puede generar incertidumbre y entorpecer las formas jurídicas. Una primera situación a disponer para que en nuestro país las investigaciones con células madre y su posible uso terapéutico puedan tener cabida, es el establecimiento de consideraciones pertinentes respecto de la vida, así como el desarrollo conceptos unificados respecto a qué

---

<sup>87</sup> Ejemplos: Convención sobre los Derechos del Niño, Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos, Convención Americana sobre Derechos Humanos y Declaración Universal de los Derechos Humanos.



debe entenderse en la ley por: embrión<sup>88</sup>, embriones supernumerarios, células madre embrionarias, líneas celulares, masa celular interna, como los principales de muchos otros a definir para la incorporación de este tema a la legislación vigente. Así como hacer una distinción entre embrión, persona jurídica y ser humano (entendiendo a este último no sólo en su dimensión biológica, sino como un ente social, lingüístico, emocional y racional). Este paso al parecer es uno de los más complicados ya que requiere conocimiento y apertura de todos los involucrados.

El trabajo legislativo que se ha generado en torno de las células madre en general había sido nulo hasta hace poco, no obstante podemos encontrar en la Ley General de Salud<sup>89</sup>, el establecimiento de ciertas reglas respecto del trasplante de células madre adultas y de cordón umbilical, que se ubican en los artículos 313 al 319 y artículos 330 al 342 bis 2 de la ley. En el artículo 330 de esta ley se ha establecido que “Los trasplantes de órganos, tejidos y células en seres humanos vivos podrán llevarse a cabo cuando hayan sido satisfactorios los resultados de las investigaciones realizadas al efecto, representen un riesgo aceptable para la salud y la vida del donante y del receptor, y siempre que existan justificantes de orden terapéutico”. Lo señalado en esta disposición, implica que hubo de por medio la investigación sobre el órgano, tejido o células a trasplantar y que los resultados reportaron beneficios y pocos riesgos, siguiendo estas ideas se podría entender que de realizarse investigación en embriones y la posibilidad comprobar su eficacia en tratamientos terapéuticos con seres humanos se podría considerar como una fuente alternativa de trasplante, ya que en el citado artículo

---

<sup>88</sup> La Ley General de Salud en su artículo 314, fracción VIII se establece que se llama embrión, al producto de la concepción a partir de ésta, y hasta el término de la duodécima semana gestacional; por su parte el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de la Disposición de Órganos, Tejidos y Cadáveres de Seres Humanos en su artículo 6, fracción XI se establece que el embrión es el producto de la concepción hasta la decimotercera semana de gestación, en cada ordenamientos se estipulan dos temporalidades distintas para considerar el fin de la etapa de desarrollo del embrión, situación que puede genera complicaciones en el momento de determinar su uso; además e la literatura se llama embrión hasta la semana 9.

<sup>89</sup> Reformas a la ley general de salud del 11 de junio de 2009. [http://www.pjetam.gob.mx/legislacion/Diario\\_Oficial/2009/REF\\_LEY\\_GRAL\\_DE\\_SALUD.pdf](http://www.pjetam.gob.mx/legislacion/Diario_Oficial/2009/REF_LEY_GRAL_DE_SALUD.pdf). Consultada el 20 de diciembre del 2011.

en la fracción II sólo se restringe la utilización de tejidos embrionarios en caso de aborto inducido, por lo que deja abierta la posibilidad de utilizar embriones supernumerarios.

Aunque lo establecido en materia de trasplantes puede ser en efecto una disposición para regular los trasplantes con células madre embrionarias, además, es necesario que se genere un reglamento diferente que verse específicamente en materia de células madre adultas, de cordón umbilical y de células madre embrionarias, ya que encontramos en nuestra legislación disposiciones aisladas y sólo respecto a las células de cordón umbilical y adultas.

Por su parte en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud se establecen las formalidades a seguir respecto de la investigación de nuevos recursos profilácticos, de diagnósticos, terapéuticos y de rehabilitación, que podrían ser el sustento de las investigaciones que logran realizarse con embriones para obtener células madre embrionarias.

Para que una investigación con embriones pueda llevarse a cabo, las reglas a establecer deben presentarse de manera clara, precisa y objetiva, en este caso no basta con tener el permiso para hacerlo, es importante que existan las medidas pertinentes para que estas investigaciones sean éticas y sólo encaminadas a reportar un beneficio para la colectividad, por lo cual es importante, que exista una disposición definida que regule los pasos a seguir en la investigación y posible uso de las células madre embrionarias. El primero y más importante es el que se refiere a las formalidades que se encuentran en la presentación de un protocolo científico<sup>90</sup>, que permita la posibilidad de que exista un dictamen favorable de las

---

<sup>90</sup> El protocolo deberá contener un análisis objetivo y completo de los riesgos, involucrados, comparados con los riesgos de los métodos de diagnóstico y tratamiento establecidos, la descripción de los recursos disponibles, incluyendo áreas, equipo y servicios auxiliares de laboratorios y gabinetes, así como los estudios previos de investigación clínica, cuando los hubiere, la historial profesional del investigador principal, que incluya su preparación académica, producción científica representativa y práctica clínica o experiencia en el área de la investigación propuesta, la preparación académica y experiencia del personal médico, paramédico y otros expertos que participarán en las actividades de la investigación.

comisiones de investigación y ética correspondientes; además se debe contar con la aceptación del titular de la institución donde se efectuaría la investigación; que el investigador líder se comprometa a realizar reportes periódicamente y que estos sean del conocimiento público, asimismo, que las investigaciones se hagan sobre embriones supernumerarios y se tenga el consentimiento de los donadores.

A la par de visto bueno para realizar una investigación, es fundamental establecer bajo qué principios de bioética se regirá, la ley deja abierta esta situación, señalando que la experimentación deberá ajustarse a los principios científicos y éticos que la justifiquen, pero el ordenamiento debe ser más preciso, y una forma de hacerlo es a través del establecimiento de principios a los que toda investigación debe ajustarse sin distinción, ni al arbitrio de quienes las realizan. Los principios básicos de ética conocidos en el mundo y que pueden servir de guía en nuestra ley, son: el principio de autonomía que radica en el consentimiento informado; el principio de la beneficencia, que implica tratar a las personas de una manera ética, protegerlos de daños y procurar su bienestar; el principio de no maleficencia, el cual señala que no siempre se sabe si puede hacer el bien y buscar la prevención y el principio de justicia que implica tratar igual a los iguales, mediante las consideraciones de dar a cada persona una participación igual, dar a cada persona una participación de acuerdo a su necesidad individual, dar a cada persona una participación de acuerdo a su esfuerzo individual, dar a cada persona una participación de acuerdo a su contribución social y dar a cada persona una participación de acuerdo a su mérito<sup>91</sup>.

Otro punto importante a considerar en el tema, es la protección de la salud, que en nuestro país esta estratificada y no todos gozan de este derecho tan fundamental, ya que los que pueden acceder a servicios de salud de alta calidad y

---

<sup>91</sup> Informe Belmont: Principios Éticos y Directrices para la Protección de Sujetos Humanos de Investigación (Reporte de la Comisión Nacional para la Protección de Sujetos Humanos de Investigación Biomédica y de Comportamiento). Febrero 1976  
[http://medicina.unmsm.edu.pe/investigacion/etica/documentos/5.%20belmont\\_report.pdf](http://medicina.unmsm.edu.pe/investigacion/etica/documentos/5.%20belmont_report.pdf). Consultada el 22 de diciembre del 2011.

a tecnologías de primer mundo, son aquellos con recursos monetarios, un ejemplo de esto es la posibilidad de guardar la sangre de cordón umbilical en los bancos de criogenia norteamericanos, cuyo primer pago está entre 400 a 1700 dólares, implica en la mayoría de los servicios el kit de extracción, el envío al banco y examen de la sangre recolectada, así como una renta anual de entre 100 y 150 dólares por la guardia de las muestras obtenidas del cordón<sup>92</sup>. Este “seguro” que se genera para un hijo no puede ser financiado por alguien que gana el salario mínimo en nuestro país, mucho menos podrá financiar un tratamiento con células madre embrionarias y aún menos, si estos procedimientos terapéuticos están en manos de farmacéuticas que siempre tendrán de por medio intereses económicos.

Sin embargo garantizar el derecho a la salud en México para todos sus pobladores representa un reto, ya que requiere la decisión para generar políticas públicas que demuestren que se toma a la salud como un factor indispensable para el desarrollo del país y que lejos de ser sólo un gasto público, es una inversión, poniendo al alcance de todos servicios de salud de una forma equitativa.

Los trabajos realizados en el mundo con embriones han dado muestras del futuro promisorio de las terapias con células madre embrionarias, lo ideal sería que todo aquel que la requiriera pudiera tener acceso a ellas, ya fuera como parte del servicio público de salud o a un costo asequible.

Una obligación que México tiene en el terreno de la ciencia y la tecnología<sup>93</sup>, es incentivar la investigación del país, así como establecer la legislación y políticas públicas necesarias para que ésta se estimule, sin embargo como vemos esto no ha ocurrido, razón por la cual es importante que se generen las condiciones para que se realicen investigaciones con los recursos necesarios para que puedan generar nuevas alternativas de tratamientos a enfermedades

---

<sup>92</sup> Los rangos de precio fueron obtenidos de diversas fuentes, como: Cryo-cell (<http://www.cryo-cell.com.mx/site/index.php>), Codrón Vital (<http://www.cordonvital.com/>), CrioCord (<http://www.cordonvital.com/>)

<sup>93</sup> Artículo 3 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y artículo 1 de la Ley de Ciencia y Tecnología.

costosas de tratar para el sector salud, lo cual contribuiría al desarrollo del país e impediría a los grandes consorcios farmacéuticos seguir lucrando con la salud de la población.

Muchos de los países que han puesto atención en la regulación las células madre en general y las embrionarias, iniciaron con una reglamentación a favor o en contra de las técnicas de reproducción asistida y de procrear hermanos salvadores; estos cuerpos normativos les permitió dar el salto hacia la regulación de la experimentación y el uso de células madre, sin embargo en nuestro país este paso no existe, debido a que no hay una regulación sobre las técnicas contra la infertilidad, por lo que se deja desprovisto un terreno importante a la posible experimentación con células madre embrionarias; los embriones supernumerarios deberían estar contemplados como una figura jurídica ya que mucha de la investigación realizada en el mundo de células madre embrionarias, han utilizado a estos como un recurso y como medida para no hacer uso de la clonación terapéutica o de embriones que pudieran ser viables. Sin lo cual es importante establecer que con el consentimiento de los donadores de óvulos y esperma con los cuales se crearan los embriones, se decida cual será el destino de ellos, teniendo como posibilidades: que los embriones sobrantes pueden ser adoptados por otras parejas, quedar guardados en criogenia para un futuro uso, su destrucción o su donación a la ciencia.

Esta situación provoca un vacío ya que las clínicas que proporcionan servicios contra la infertilidad trabajan sin que sus actos negligentes puedan ser castigados y a su vez generan una problemática, que el destino de los embriones supernumerarios al ser donados a la ciencia no sean usados ética y correctamente.

Un factor importante que se ha venido determinando con el paso del tiempo y con diversos sucesos históricos como, el experimento Willowbrook<sup>94</sup> o el experimento Tuskegee<sup>95</sup>, han dejado como legado a las experimentaciones la idea del consentimiento, que se determina de acuerdo al grado de complejidad y de seguridad de las investigaciones, por lo general se pide el consentimiento formal de quien se someterá a experimentación o que como representante legal, da su autorización por un tercero sin capacidad para darla, previo conocimiento de las posibles consecuencias de su decisión, en el caso de los embriones supernumerarios recaerá en los donadores que deberán conocer las alternativas para éstos y decidir su destino.

El consentimiento otorgado reviste ciertas formalidades, que para fines de los embriones supernumerarios no se encuentran estipuladas, no obstante el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, en sus artículos del 20 al 27, establece las reglas para otorgar el consentimiento informado, trasladándolo al consentimiento que deben proporcionar los donantes de óvulos y espermatozoides que en ambos casos será de igual forma, recibirán una explicación clara y completa de cual será el uso de sus embriones, este consentimiento se hará por escrito.

Otro elemento importante a considerar son los resultados de las investigaciones que puedan llevarse a cabo, en este caso significa la generación de líneas de células madre embrionarias<sup>96</sup> y los métodos terapéuticos en el

---

<sup>94</sup> El experimento fue realizado entre 1950 a 1970, en el cual se contagio a niños con retraso mental recluidos en la Escuela Estatal de Willowbrook en Nueva York, teniendo como objetivo estudiar el curso natural de la enfermedad sin recibir tratamiento y probar con posterioridad un método de inmunización. <http://ties.prevenmed.com/ppt/etica.pdf>. Consultada el 20 de diciembre del 2011.

<sup>95</sup> El Estudio de la Sífilis de Tuskegee (1932-1972), también conocido como el estudio de la Sífilis del Servicio de Salud Pública, fue un estudio clínico conducido alrededor de Tuskegee Alabama en donde 399 afroamericanos de escasos recursos participaron en un experimento que tenía el objetivo de estudiar cómo la enfermedad progresa y mata a las personas. Este estudio se volvió notorio porque fue conducido sin el debido respeto a los sujetos de experimentación, y condujo a grandes cambios en la manera en que los pacientes debían ser protegidos en estudios clínicos. <http://www.libro-online.eu/doc/582613/el-experimento-tuskegee>. Consultada el 20 de diciembre del 2011.

<sup>96</sup> Una línea de célula madre está compuesta por un grupo de células madre originadas por una única y original célula madre, las mismas se duplican in vitro, por un plazo de tiempo indefinido. Debido al ambiente especial y constante en el que se duplican, las células madre conservan su plasticidad, lo cual implica que

tratamiento y cura de diversas enfermedades, ambos escenarios pueden ser riesgosos ante el mal uso que puedan dársele, por lo cual debe regular quién debe conservar la custodia de estas líneas celulares, en dónde su resguardo, quién tiene acceso a ellas y en el caso de los métodos terapéuticos bajo qué criterios las personas que los necesiten pueden acceder a éstos.

Dichos resultados además deben reportarse en beneficio de la salud pública, lo cual me lleva a plantear la siguiente cuestión en materia de propiedad intelectual, a nivel internacional el Acuerdo sobre los aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el comercio (ADPICs), en el cual se establece la posibilidad de patentar en materia de salud, así también en México, mediante disposición de la Ley de Propiedad Industrial, se puede patentar, sin embargo en este sentido, deben existir restricciones, como en Brasil; ya que no se puede dejar de lado el trabajo realizado por los investigadores, no obstante me parece que debe permitirse las patentes siempre que recaigan sobre los métodos destinados a obtener células madre (proliferación, diferenciación y tratamientos terapéuticos).

Respecto del lugar donde se realicen las investigaciones existen dos vías:

1. Las que se puedan realizar en instituciones, hospitales, centros de investigación y universidades que dependan o reciban fondos del gobierno, ya sean estos fondos dedicados a su investigación en general o destinados específicamente a este rubro, y

2. Las que emprendan los sujetos y empresas del sector privado, en ambos casos bajo previa aceptación de los comités pertinentes. De aquí a su vez derivan dos situaciones, la primera va en relación a la utilización de fondos públicos, lo cual daría pauta para que se intervenga respecto de los resultados de las

---

seguirán siendo indiferenciadas. [http://espanol.pregnancy-info.net/lineas\\_de\\_celulas\\_madre.html](http://espanol.pregnancy-info.net/lineas_de_celulas_madre.html). Consultada el 20 de diciembre del 2011.

investigaciones, designando la obligación de que estos sean para uso de quien así la requiera, de igual manera la información obtenida deberá ser obligatoriamente, dada a conocer a la población como una forma de conocer el destino de fondos públicos, así como de las posibilidades de acceder a los servicios de salud que se están generando en el país. La segunda en el caso de las investigaciones que se realicen de manera privada las obligaciones impuestas, sólo podrían versar en relación a dar a conocer los hallazgos encontrados.

Pasando de lo permitido a lo que debe ser penado, actualmente en la legislación penal se encuentran dos disposiciones que hacen referencia a las células madre embrionarias, el artículo 149 y el 154 del Código Penal para el Distrito Federal, el primero dispone que se impondrá una pena a quien disponga de óvulos y esperma para fines diferentes autorizados por su donantes, lo que implica que si el donante decide que después de creado el embrión, su destino es diverso al de la procreación puede disponer de éste, sin embargo en el artículo 154 en su fracción II prohíbe a los profesionales de la salud fecundar óvulos con un fin distinto a la procreación humana, no obstante, la idea principal de crear embriones en laboratorio para la fecundación in vitro, no tiene como fin que haya un excedente de embriones (embriones supernumerarios), pero suele suceder así, por lo cual la disposición por parte de los donantes no debe ser penada.

De regularse debidamente, este último tipo descrito en el artículo 154 del Código Penal para el Distrito Federal deberá contemplar como infractores y ser penados por la ley a los profesionales de la salud que hagan mal uso de los embriones cuando estos sean donados a la ciencia, que alteren los resultados de las investigaciones generando falsas expectativas en el uso terapéutico de estas células, que haga investigación con embriones supernumerarios sin obtener el consentimiento informado de sus donadores, al que no respete la decisión de uso de embriones supernumerarios cualquiera que sea esta, a los que realicen investigación sin permiso de los comités respectivos y a quienes mediante sus investigaciones no busquen el beneficio social.



En el mismo artículo 154 fracción III, del Código Penal para el Distrito Federal se sanciona a quien realice la creación de seres humanos por clonación con fines ilícitos, no obstante, pensando en que se realice clonación con fines terapéuticos<sup>97</sup>, entramos en un terreno pantanoso, ya que este tema genera demasiadas responsabilidades éticas, ya que podría caerse en la situación privilegiada que tienen los investigadores en Londres, a quienes se les permitió la clonación de embriones humanos y sus actuales investigaciones versan sobre embriones híbridos; respecto de la clonación terapéutica; quiero ser cuidadosa y respetuosa, debido a que para un país como el nuestro, permitirlo podría generar otras situaciones para las que no estamos preparados, por lo cual estaría en la posición de no permitir la clonación terapéutica hasta que se pudiera generar certeza jurídica en relación a la investigación y aplicación de las células madre embrionarias.

Como se puede notar la ley que no se modifica y que no busca prever el futuro, es una legislación que debe ser reconsiderada; para el caso de las células madre embrionarias no se ha previsto ni el presente, mucho menos el futuro, a pesar de que tenemos a nuestro alrededor ejemplos de como mantenernos a la vanguardia, no sólo en este tema si no en otros tantos, por lo que otra consideración a la cual poner atención, es vislumbrar qué otras aplicaciones sociales pueden desprenderse, qué riesgos se corren y qué otras fuentes o técnicas pueden ser parte de los trabajos realizados con células madre, un ejemplo es cómo a partir de tejido cutáneo se han logrado aislar y desarrollar líneas celulares embrionarias, siendo así una nueva fuente de conocimientos a los científicos en torno de las células madre embrionarias, aunque en nuestra ley, éste tejido está considerado para utilizarse en procedimientos que permitan obtener insumos para la salud, pero sólo a efecto de implante (artículo 324 Bis), sin

---

<sup>97</sup> En la clonación terapéutica, la intención es obtener células clonadas de un paciente donador, capaces de reemplazar tejidos dañados por factores genéticos o traumáticos.  
<http://www.revista.unam.mx/vol.5/num2/art9/art9-4.htm> Consultada el 21 de diciembre del 2011.

embargo deja afuera posibilidad de derivar de estos tejidos células madre embrionarias, dejando de lado su potencial próximo de prever a futuro.

Así también es de vital importancia que el régimen legal del país, no importando la materia en la que verse, debe revisarse periódicamente y siempre contando con la participación de expertos en el tema, quienes puedan brindar objetividad, veracidad y sobre todo conocimientos vigentes, para no generar vacíos ni tener la urgencia de reformar las leyes después de algún incidente; sin que esto se oponga a la búsqueda de mantenerse siempre un paso adelante; a nuestro alrededor tenemos la posibilidad de aprender de los errores y de los buenos ejemplos que se realizan en otras partes del mundo.

Probablemente no estén dilucidadas algunas cuestiones y existan otras tantas que deben ser atendidas con más puntualidad, si embargo respecto del conocimiento que tengo sobre este tema, los puntos anteriormente expuestos, son básicos para el tratamiento de este tema y aquellos que deban considerarse para ser insertados en la legislación mexicana.

Muchos son los temas que generan polémica y discusión en diversas latitudes, algunos de estos temas, han recibido la atención de la sociedad y se han implementado las medidas necesarias para establecer legislación vigente en varias partes del globo, sin embargo en nuestro país aun persiste el miedo a estos temas debido al desconocimiento de ellos. Sin embargo, aquellos que tienen en su poder propiciar que estos temas no se queden pendientes, carecen de técnica legislativa, así como de la información necesaria para poder poner el tema de la células madre embrionarias, así como muchos otros, en un papel protagónico en México.

Es sabido por muchos que nuestro país tiene urgencia de modificar muchas de sus leyes, para tener un estado de derecho, también existe la necesidad de crear nuevas leyes que aborden todos aquellos temas novedosos y que puedan

representar un beneficio para la sociedad o un riesgo, de tal forma que exista seguridad jurídica para todos.

Los avances en científicos jamás se detendrán, siempre existirá la necesidad por parte del ser humano de descubrir nuevas cosas, por lo cual es imperioso que esta creatividad humana, no se vea alentada hacia la destrucción si no que puedan ponerse límites, la idea de esta tesis es esa, alentar la investigación de las células madre embrionarias, siempre y cuando se busque que los resultados causen una mínima afectación y generen resultados favorecedores para la población, así como, que quien requiera acercarse a las diversas terapias con células madre embrionarias, tenga la seguridad de recibir un tratamiento aprobado, eficiente y legal.

## Conclusiones

La cronología de las células madre se remonta a 1900, hace poco más de un centenario estas células se pusieron en el mapa para los investigadores, siendo el inicio de varios descubrimientos de gran relevancia, como el de las células madre hematopoyéticas, el del antígeno HLA de gran importancia para los trasplantes y para la histocompatibilidad, el de células madre de cordón umbilical, el trasplante de médula ósea y el aislamiento de las células madre embrionarias de animal y de humano. Todos estos avances han permitido conocer hoy en día más procedimientos para tratar algunos tipos de cáncer, lograr cuantiosos y efectivos trasplantes de órganos y de tejidos, conocer sobre diferenciación celular así como las nuevas terapias génicas que se están generando.

La historia de un suceso siempre nos revelará el origen y las piezas clave que permitirán conocerlo a fondo; en el caso de las células madre, su recorrido por el tiempo ha sido breve en comparación con otros eventos científicos, conocer cada paso dado es determinante para comprender la evolución que han tenido y el potencial que guardan, sobre todo es fundamental saber este trayecto, debido a que estas células se encuentran en una época donde sus cambios pueden ser acelerados y vertiginosos, manejados con base en intereses poco éticos y con fines diversos a la consecución de un beneficio social, por lo que cada paso es trascendente, y se plantea en la necesidad de ser espectadores activos respecto del futuro promisorio de estas células, que parecía distante y cada día se acerca más.

Hacer referencia a las células madre en general es sólo el primer paso hacia la búsqueda de una comprensión total de su capacidad para generar, mediante su estudio, nuevos caminos para conducir al hombre de ciencia en la búsqueda de una mejor calidad en su salud y formas de vida de la sociedad.

Cada día que pasa, seremos espectadores de nuevas alternativas y posibilidades, actualmente sabemos que los dientes de los infantes han sido identificados como una valiosa fuente de células madre, así como también tenemos noticia de la obtención de células madre embrionarias a partir de células de la piel de individuos adultos. Establecer las condiciones para tener un terreno fértil en el cual se pueda tener resultados como los mencionados, provocaría utilizar la ciencia en beneficio de la humanidad.

Si bien es cierto las células madre adultas y de cordón han revolucionado el mundo de la medicina y de la genética, el descubrimiento y entendimiento de los usos de las células madre embrionarias se suman como un elemento significativo en el avance de las investigaciones iniciadas con células madre, lo que ha permitido tener esperanzas respecto de su potencial, lo cual permitirá generar terapias novedosas para el tratamiento de enfermedades, no obstante su costo y no han podido abatirse.

Cada parte de los procesos que deben llevarse a cabo a nivel celular para la obtención de linajes celulares de células madre embrionarias, dará la posibilidad, no sólo de comprender su origen, sino también serán una guía para establecer los parámetros sobre los cuales un investigador pueda desempeñar su trabajo responsablemente y evitando la generación de daños innecesarios.

Un punto importante a destacar es el uso de los tan nombrados embriones supernumerarios, que son la alternativa más viable para la obtención de líneas celulares de células madre embrionarias, y hacer un uso adecuado podría evitar la clonación de embriones y la creación de híbridos; lamentablemente para que los investigadores pudieran hacer uso de estos embriones sobrantes de las técnicas de inseminación artificial, es necesario lograr que también, se regulen estas técnicas de procreación in vitro en nuestro país.

Actualmente se ha incrementado la lista de beneficios que pueden reportar los tratamientos con células madre, algunos de ellos se encuentran en etapas experimentales por no contar con el apoyo monetario necesario o por que las legislaciones de los países donde se está realizando la investigación no les permite continuar con sus estudios; de tener el ambiente adecuado (social, político, legal y educativo) podría ser factible el aprender a manipularlas para que logren generar las células y tejidos que sean necesarios, mejorar las posibilidades en el tratamiento de enfermedades degenerativas y también el encontrar otros métodos que permitan obtener estas células sin que supongan la destrucción o manipulación de embriones.

Además de todo lo ya establecido, es importante considerar la existencia de diversos conceptos relacionados con las células madre embrionarias, como el de la vida, embrión y persona, de cuya claridad depende la comprensión integral de estas células y su determinación jurídica, en virtud de que para su estudio es necesario que se cuente con las bases legales suficientes para desarrollarlas y aplicarlas en las necesidades de la población enferma de nuestro país.

El primer término examinado, fue la vida, cuantiosas y diversas son las posturas que tratan de explicar cuando se inicia la vida , resultando por tanto difícil establecer una respuesta a esa interrogante, lo que hace aún más complejo legitimar el uso de embriones para la obtención de células indiferenciadas y poder hacer experimentación con ellas. Por lo cual fue importante abordar con más precisión los procesos que involucran la formación del embrión para que desde su entendimiento sea posible justificar su uso.

Cuando el embrión tiene tan sólo unos pocos días es sólo un conjunto de células denominada masa celular interna, esta masa tiene el potencial de generar todos los tipos de tejidos del organismo adulto.

La masa celular interna puede ser aislada y cultivada in vitro y bajo ciertas condiciones puede generar células madre embrionarias. Estas células pueden mantenerse en cultivo sin diferenciarse y en constante auto-renovación, una vez modificando las condiciones del cultivo, estas células pueden diferenciarse en cualquier tipo de células, de ahí la idea de potencialidad de éstas para ser fuente ilimitada de células especializadas.

El futuro que se plantea a partir de un embrión es prometedor, pero debido a las complicaciones que se derivan, impiden su uso clínico, por ejemplo han descubierto que las células madre embrionarias humanas cultivadas in vitro durante largo tiempo acumulan mutaciones potencialmente cancerosas, que las células madre embrionarias humanas son cultivadas actualmente sobre células base no humanas, planteando por tanto importantes problemas de seguridad; asimismo, los protocolos que se siguen hoy día para crear tipos celulares específicos a partir de células madre embrionarias no son eficientes, ni sólidos y necesitan mejorarse, especialmente si se pretende generar este tipo de células en grandes cantidades; todas estas complicaciones pueden ser superadas, si la investigación logra estudiarlas y su estudio fuera regulado.

Éstos son esencialmente los obstáculos técnicos a superar, y quizá menos fáciles de resolver sean las objeciones éticas a la utilización de células madre embrionarias, pero este debate se reduce realmente, a cuál es el momento en el que se considera como el de inicio la vida y a cuándo se considera que el embrión humano tiene derechos o necesita protección.

El avance que otros países presentan en el terreno de la investigación con células madre representa un referente, que guardando las diferencias con nuestro país puede mostrar la dirección a seguir para que en base a una correcta técnica legislativa nuestro ordenamiento propicie el trabajo de investigación con calidad y bajo parámetros éticos y de acuerdo a la realidad en la que vivimos.

El desconocimiento hacia las células madre ha provocado en algunas esferas rechazo, miedo y apatía, no sólo por parte de los ciudadanos, si no también por parte del cuerpo legislativo encargado de la generación de leyes, propiciando inseguridad jurídica y un constante atraso como país en un campo que fácilmente podría avanzar en la generación de nuevos conocimientos.

Es importante que nuestra nación cuente con una legislación en la materia y no sólo con disposiciones aisladas, legislar en materia de células madre no es un asunto de moda, implica poder asegurarse de que se contará con una certeza jurídica, que nuestro país puede ponerse a la par de grandes potencias y mantenerse a la vanguardia, con respeto y orden. Entendiendo a una legislación en la cual se estipulen los parámetros y dimensiones sobre los cuales deben funcionar las investigaciones.

Tener en cuenta que la regulación planteada deba contener principios y términos uniformes, de acuerdo a la realidad y con apego al rigor científico, lo cual permitiría establecer un sustento para otros temas pendientes de regular como el aborto y la eutanasia.

El trabajo que realizo es sencillo y tiene como visualizar ciertas bases y principios que deberían ampliarse y trabajarse desde un enfoque transdisciplinario lo que permitiría tener una visión integral, que considere todos los aspectos necesarios para su abordaje y sea enriquecido desde las diferentes perspectivas por las que debe ser tratado este tema.

De continuar sin un marco legal apropiado, no sólo a nivel internacional sino a nivel nacional, las innovaciones que se generen serán clasistas, únicamente aquellos que puedan pagar por ellos tendrán acceso a terapias génicas de primera, lo que de igual manera provocará estar expuestos a riesgos de diversas índoles y magnitudes, como, por ejemplo ser embaucados con terapias fraudulentas. Además el Estado debe asegurar un estado de bienestar a sus



habitantes, una forma de hacerlo es mediante la salud, tener más y mejores oportunidades sanitarias, debe ser un asunto prioritario en la política de un país.

Además hace falta financiamiento al sector de la ciencia y la tecnología, así como, tener un ambiente propicio para la investigación, y esto solamente es posible gracias a una política gubernamental bien desarrollada que llegue a la sociedad para que exista una conciencia de la importancia de la ciencia.

Es imposible pensar que los investigadores, las farmacéuticas y todo aquel que proporcione servicios médicos decidan no cobrar por un tratamiento, sin embargo, uno de los fines que debe perseguir el avance científico es encaminar sus investigaciones a proporcionar un bien social.

Considero que permitir el uso de embriones supernumerarios para la investigación, no estaría representando faltar a la protección que se le pueda prestar a la vida, más bien se puede entender como una forma de establecer límites y determinar que su uso, mientras tenga el propósito de generar un bien mayor al que se destruye, puede existir una permisión.

Es necesaria la creación de un sólo cuerpo normativo, capaz de reunir en sus letras un conjunto de conocimientos tendientes permitir la extracción, a propiciar la investigación y prever los posibles uso de las células madre embrionarias en nuestro país.

## Glosario

**Alogénico.** En genética referido a un individuo o tipo de célula que procede de la misma especie pero que es genéticamente distinto. En biología de trasplantes relativo a tejidos procedentes de la misma especie pero diferentes desde el punto de vista antigénico; homólogo.

**Aloreactividad.** Es la respuesta inmune a antígenos extraños de otros miembros de la misma especie.

**Apoptosis o "muerte celular programada".** Es una forma de suicidio celular genéticamente definida, que ocurre de manera fisiológica durante la morfogénesis, la renovación tisular y en la regulación del sistema inmunitario. Determinados hechos celulares pueden ser explicados por trastornos en la regulación de los genes responsables de la apoptosis, como es el caso de la transformación y la progresión tumorales. Hay ciertas enfermedades relacionadas con la apoptosis como el Linfoma no Hodgkin, el SIDA, el Alzheimer, el Parkinson, la anemia aplásica, algunas lesiones isquémicas, entre muchas otras.

**Basófilos.** Son las células responsables del inicio de la respuesta alérgica o promover respuestas inmunes frente a los parásitos. Los basófilos son células inmunes que liberan mediadores químicos que pueden desencadenar los estornudos, picores y otros síntomas que acompañan las reacciones alérgicas.

**Blastocisto.** Forma embrionaria que evoluciona a partir de la mórula en el desarrollo humano. Se trata de una masa esférica de células que presenta una cavidad central llena de líquido (blastocelo) y está rodeada por dos capas celulares. La externa (trofoblasto) dará lugar posteriormente a la placenta y la interna (embrioblasto) al embrión. La implantación en la pared uterina suele presentarse en esta etapa, aproximadamente al octavo día después de la formación del cigoto. También se denomina blástula.

**Blastocito.** Es cada una de las células que forman el blastocisto. Son células embrionarias no diferenciadas que poseen pluripotencialidad.

**Células de glía o células gliales.** Las células de sostén del SNC se agrupan bajo el nombre de neuroglia o células gliales ("pegamento neural"). Son 5 a 10 veces más abundantes que las propias neuronas. Las células gliales son el origen más común de tumores cerebrales (gliomas).

**Células NK.** Las células asesinas naturales se conocen en la literatura internacional como "NK", las iniciales de las palabras inglesas "Natural Killer". Se trata de elementos linfoides que existen en el hombre y que tienen la capacidad de destruir una amplia variedad de elementos tumorales y de células infectadas por ciertos virus.

**Cigoto (zigoto, huevo).** Es la célula resultante de la unión del gameto masculino (espermatozoide) con el femenino (óvulo) en la reproducción sexual.

**Citomegalovirus.** Es un virus que infecta las células y hace que éstas se agranden. El CMV puede causar problemas en un recién nacido si la madre contrae la infección durante el embarazo. El CMV solamente se propaga a través del contacto directo con los líquidos corporales de una persona infectada; por ejemplo, la saliva, sangre, orina, semen o leche materna. Puede transmitirse por vía sexual. El lavado cuidadoso de las manos con agua y jabón puede ayudar a prevenir la propagación del CMV.

**Citosina.** La citosina es una de las cuatro bases químicas del ADN y en el código genético se representa con la letra C. Las otras tres bases son la adenina, la guanina y la timina. La citosina siempre se aparea con la guanina.

**Compatibilidad tisular.** Término que se aplica al trasplante de células madre hematopoyéticas (HSCT). Los donantes de células madre hematopoyéticas que

tienen compatibilidad tisular han sido seleccionados cuidadosamente para reducir el riesgo del rechazo inmunológico, también conocido como enfermedad injerto-contrahuésped.

**Complejo mayor de histocompatibilidad (MHC - Major Histocompatibility Complex).** Es una familia de genes ubicados en el brazo corto del cromosoma 6 cuyos productos están implicados en la presentación de antígenos a los linfocitos T.

En humanos, los genes MHC conforman el denominado sistema HLA porque estas proteínas se descubrieron como antígenos en los leucocitos, (vg) que podían detectarse con anticuerpos. Los genes MHC son fundamentales en la defensa inmunológica del organismo frente a los patógenos, y por otro lado, constituyen la principal barrera al trasplante de órganos y de células madre.

**Cromosoma seis.** Es uno de los 23 pares de cromosomas humanos. El cromosoma 6 contiene 170 millones de pares de bases, (la secuencia final comprende 166.880.998 pares de bases, que representa el cromosoma más largo secuenciado hasta ahora) y representa entre el 5,5 y el 6 % del total del ADN en la célula. En él se encuentra el Complejo Mayor de Histocompatibilidad, que contiene alrededor de 100 genes y está relacionado con la respuesta inmune del organismo, que juega un papel fundamental en los trasplantes de órganos.

**División meiótica o meiosis.** La meiosis es un mecanismo indispensable para asegurar la constancia del número específico de cromosomas en los organismos sexuales. Es muy importante porque provee la continuidad del material hereditario de una generación a otra.

La primera división meiótica es una división reduccional es decir el número de cromosomas de cada célula hija se divide a la mitad, o sea de diploide ( $2n$  a  $n$ : haploide). Pasa por profase I, metafase I, anafase I y telofase I. La segunda

división meiótica es una división ecuacional, que separa las cromátidas hermanas de la célula haploide (cito secundario). Pasa por profase II, metafase II, anafase II y telofase II.

**Divisiones simétricas y asimétricas de las células.** Las células madre tienen la fascinante capacidad de dividirse produciendo dos células muy diferentes entre sí: una de ellas sigue siendo célula madre y es capaz de repetir esta pauta de división asimétrica reiteradamente, mientras que la otra, cuya capacidad de división es muy limitada, se especializa para hacer una función determinada en el organismo. Esta estrategia permite a una sola célula madre generar enormes cantidades de tejido durante la vida de un individuo.

Para que la identidad diferencial de las células resultantes se establezca correctamente, es imprescindible que el complejísimo aparato que corta a la célula madre en dos lo haga en la orientación correcta a lo largo de un eje preestablecido. De no ser así, la división puede hacerse simétrica y generar dos células madre. Es decir, en lugar de generar tejido, las células madre en las que la orientación de la división está alterada pueden generar más células madre, una situación potencialmente muy peligrosa ya que podría derivar en la proliferación descontrolada de estas células.

**Ectodermo.** La capa celular primaria más externa del embrión. Da lugar al sistema nervioso, órganos especiales de los sentidos como los ojos y oídos, la epidermis y derivados epidérmicos como las uñas y pelo, y a las mucosas de la boca y el ano.

**EICH (Enfermedad Injerto Contra Huésped).** Es el término utilizado cuando un nuevo sistema inmunológico injertado ataca su cuerpo. Las células del donante reconocen a su cuerpo como algo “extraño” y lo atacan, causándole daños.

**Endodermo.** La capa celular primaria más interna del embrión. A partir de él se origina la cubierta de las cavidades y conductos del organismo y la capa que recubre la mayoría de los órganos internos como el epitelio de la tráquea, los bronquios, los pulmones, el conducto gastrointestinal, el hígado, el páncreas, la vejiga urinaria, la faringe, el tiroides, la cavidad timpánica, las amígdalas y las glándulas paratiroides.

**Eosinófilo.** Es un granulocito pequeño derivado de la médula ósea, tiene una vida media en la circulación de 6 a 12 horas antes de migrar a los tejidos en donde permanece por varios días. Estas proteínas granulares son responsables de muchas funciones proinflamatorias, principalmente en la patogénesis de las enfermedades alérgicas, como célula efectora de hipersensibilidad inmediata, así como en la muerte de parásitos.

**Eritrocios, Glóbulos rojos o Hematíes.** Los glóbulos rojos son las células sanguíneas que contienen en su interior la hemoglobina. Los glóbulos rojos son los principales portadores de oxígeno a las células y tejidos del cuerpo. La hemoglobina es una proteína que contiene hierro lo que le da el color rojo a la sangre, por ello el nombre de glóbulos rojos o Eritrocitos: *eritro* (rojo) + *citos* (células). Los glóbulos rojos se producen en la médula ósea, a partir de células madre que se multiplican a gran velocidad.

**Estimulador de Colonias de Granulocitos (G-CSF, Granulocyte Colony Stimulating Factor).** Es un factor de crecimiento (proteínas especiales producidas por el cuerpo) sanguíneo que estimula a la médula ósea a producir más glóbulos blancos que combaten la infección, llamados neutrófilos. El factor estimulante de colonias de granulocitos hace que las células de la médula ósea maduren y se activen. Después, estas células circulan al torrente sanguíneo. El factor estimulante de las colonias de granulocitos es producido de forma natural por el cuerpo y existe también en forma inyectable para pacientes con recuentos bajos de glóbulos blancos que tengan riesgo de contraer infecciones.

**Fibroblasto.** Es un tipo de célula residente del tejido conectivo propiamente dicho, ya que nace y muere allí. Sintetiza fibras y mantiene la matriz extracelular del tejido de muchos animales. Estas células proporcionan una estructura en forma de entramado (estroma) a muy diversos tejidos y juegan un papel crucial en la curación de heridas, siendo las células más comunes del tejido conectivo. Se derivan de células primitivas mesenquimales y pluripotenciales. Las células estromales que potencialmente se pueden transformar en fibroblastos (vg), osteoblastos, adipocitos y células musculares, se identifican en cultivos de médula ósea como células adherentes.

**Hematopoyesis.** Es el proceso de formación, desarrollo y maduración de los elementos formes de la sangre (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) a partir de un precursor celular común e indiferenciado conocido como célula madre hematopoyética pluripotencial.

**Histocompatibilidad, compatibilidad tisular de injerto o de trasplatación.** Y significa las relaciones entre los tejidos de un donador y los del receptor, de tal forma que pueda prender un injerto de órgano del primer individuo al segundo. El éxito depende de los patrimonios genéticos del donador y del receptor: el injerto prenderá si los patrimonios son idénticos (es decir, si comprenden los mismos genes de histocompatibilidad) o algo diferentes. Si estas diferencias son importantes, el injerto será rechazado por el receptor.

**HLA - Human Leukocyte Antigens (Antígeno Leucocitario Humano).** Estas proteínas son marcadores únicos que se encuentran en la superficie de casi toda célula en el cuerpo, y se encuentran en concentraciones especialmente altas en los glóbulos blancos.

Como una huella digital, las proteínas HLA permitir que su sistema inmunológico para distinguir entre las células que forman parte de nuestro cuerpo y las células que no lo hacen.

Tipificación de HLA es importante, porque encontrar un donante compatible reduce el riesgo de rechazo del injerto y del injerto agudo contra la enfermedad de huésped o el injerto puede ser rechazada (rechazo del injerto) por el sistema inmunológico del paciente.

**Hormona Luteinizante (LH).** También llamada lutropina, es una hormona gonadotrópica de naturaleza glicoprotéica, es producida por el óvulo anterior de la hipófisis o glándula pituitaria. En el hombre es la proteína que regula la secreción de testosterona, actuando sobre las células de Leydig, en los testículos y en la mujer controla la maduración de los folículos, la ovulación, la iniciación del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona. La LH estimula la ovulación femenina y la producción de testosterona masculina.

**Lesión isquémica.** Isquemia significa la circulación sanguínea inadecuada o inexistente que priva a los tejidos de oxígeno y nutrientes. Las primeras etapas de lo que se llama "muerte" es en realidad una forma de lesión isquémica.

**Leucemia o leucosis.** También denominada cáncer de la sangre, es un grupo de enfermedades malignas que afecta a los tejidos encargados de fabricar la sangre (médula ósea, bazo y ganglios linfáticos). La leucemia provoca una alteración en estos tejidos, haciendo que empiecen a producir un número anormal de glóbulos blancos, que pueden llegar a ser tan numerosos, que la sangre toma una apariencia blanquecina, de ahí el nombre de leucemia que significa "sangre blanca".

**Leucemia mieloide aguda, leucemia mielocítica aguda o LMA.** Es un tipo de cáncer producido en las células de la línea mieloide de los leucocitos, caracterizado por la rápida proliferación de células anormales que se acumulan en la médula ósea e interfieren en la producción de glóbulos rojos normales. Los síntomas de la LMA son causados por la invasión de la médula ósea normal, que



va siendo reemplazada poco a poco por células leucémicas, lo que conlleva un descenso de glóbulos rojos, plaquetas y leucocitos normales.

**Leucoféresis.** Proceso por el que se extrae sangre de una vena, se extraen leucocitos de forma selectiva y se reinfunde el resto de sangre en el donante.

**Leucocitos, o glóbulos blancos.** Son un conjunto heterogéneo de células sanguíneas que son los efectores celulares de la respuesta inmunitaria, así intervienen en la defensa del organismo contra sustancias extrañas o agentes infecciosos (antígenos). Se originan en la médula ósea y en el tejido linfático.

**Linaje o Estirpes celulares.** Esto es, los distintos tipos de células que integran el organismo: así, las células nerviosas, musculares, epidérmicas, óseas, cartilaginosas, pertenecen cada una de ellas a estirpes celulares distintas. Dentro de cada estirpe, también hay distintos tipos de células; habitualmente, esta diversidad dentro de la misma estirpe se debe a los distintos estadios madurativos por los que una misma célula debe ir pasando o bien a los distintos grados de actividad o activación en que se puede encontrar una célula.

**Linaje de un tejido.** Un mapa de destinos celulares muestra en qué se convierte cada parte y cada célula del embrión, pudiendo trazarse los orígenes de una célula específica: el linaje celular. En la adquisición de un determinado compromiso de diferenciación intervienen tanto las interacciones con las células colindantes, cuyos compromisos restringen la potencialidad de las restantes, como la localización física de la célula a lo largo de los ejes corporales que es determinada gracias a gradientes de concentración de determinados factores (determinantes morfogénéticos).

**Línea mieloide.** Célula que compone el sistema inmunitario.

Una célula madre hematopoyética se divide en dos líneas una de ellas de la línea mieloide, que va a dar origen a macrófagos mastocitos, células dendríticas neutrófilo, basófilos y demás células capaces de establecer respuestas rápidas a los microorganismos y reaccionar básicamente de la misma manera a infecciones recurrentes constituyendo la inmunidad innata.

**Linfocitos B.** Los linfocitos B, cuyo nombre proviene del lugar donde se desarrolla (Bone marrow: médula ósea), se forman y desarrollan en la médula ósea, en la vida post-natal, en el feto sus precursores lo hacen en los islotes de las células hematopoyéticas del hígado (en el saco vitelino). Brindan la inmunidad humoral, están programados para formar un solo anticuerpo, el cual se ubica en la superficie externa del linfocito y actúa como receptor, cuando el antígeno entra al cuerpo es enfrentado (atacado) por varios linfocitos B, cada uno con un anticuerpo diferente con su sitio individual de reconocimiento. El antígeno se une sólo al receptor que se acopla en forma adecuada. Así el linfocito recibe la señal desencadenante y se desarrolla a célula plasmática formadora de anticuerpo, este será idéntico al que primero actuó como receptor del linfocito. Los linfocitos B constituyen 20% de linfocitos circulantes.

**Linfocitos T, linfocito tímico o timocito.** Es el precursor inmaduro del Linfocito periférico Timo dependiente (T). En la vida embrionaria, el timo es el primer órgano donde aparecen los Linfocitos, y es el tejido linfopoyético más activo del cuerpo hasta el nacimiento.

La gran mayoría de los linfocitos localizados en el timo son funcionalmente inertes, y se hacen inmunocompetentes cuando se desplazan a la sangre o a los órganos linfoides periféricos. Los linfocitos se originan de las células madre indiferenciadas precursoras que llegan al timo por el torrente sanguíneo desde el saco vitelino o la médula ósea.

**Loci.** En biología (y, por extensión, en computación evolutiva para identificar posiciones de interés sobre determinadas secuencias), un **locus** (del latín *locus*, lugar; plural *loci*) es una posición fija sobre un cromosoma, como la posición de un gen o de un biomarcador (marcador genético).

**LRC - Label Retention Cell (Marcador de Retención Celular).** Es simplemente un marcador de la historia de proliferación de una célula; una característica de las células madre epidérmicas.

**Marcador genético o marcador molecular.** Es un segmento de ADN con una ubicación física identificable en un cromosoma y cuya herencia se puede rastrear. Un marcador puede ser un gen, o puede ser alguna sección del ADN sin función conocida. Dado que los segmentos del ADN que se encuentran contiguos en un cromosoma tienden a heredarse juntos, los marcadores se utilizan a menudo como formas indirectas de rastrear el patrón hereditario de un gen que todavía no ha sido identificado, pero cuya ubicación aproximada se conoce. Los marcadores se usan para el mapeo genético como el primer paso para encontrar la posición e identidad de un gen.

Son ampliamente utilizados en genética humana, vegetal, animal y microbiana. Permiten evidenciar variaciones (polimorfismos) en la secuencia del ADN entre dos individuos, modifiquen éstas o no su fenotipo. Funcionan como señaladores de diferentes regiones del genoma.

**Marcador Radioactivo.** Átomo o molécula que se fija a un ligando (enzima, mediador celular, etc.) o con afinidad sobre un órgano, un tejido, una célula o un microorganismo y que permite, a través del detector correspondiente, obtener información anatómica, funcional, etc.

**Masa celular interna.** Grupo de células que se encuentran en el blastocisto de los mamíferos que dan lugar al embrión y son potencialmente capaces de formar todos los tejidos, embriones y extra embrionarios, excepto el trofoblasto.

**Matriz extracelular (MEC).** Es una entidad estructuralmente compleja que rodea y soporta las células que se encuentran en los tejidos de los mamíferos. La MEC también es comúnmente conocida como tejido conectivo. La MEC está compuesta principalmente de 3 clases de moléculas: Proteínas Estructurales (colágeno y elastina), Proteínas Especializadas (ej. fibrilina, fibronectina y laminina) y Proteoglicanos: estos están compuestos de una proteína central la cual se unen cadenas largas de unidades de disacáridos repetitivos llamados glicosaminoglicanos (GAGs) formando así compuestos complejos de alto peso molecular que conforman la MEC.

**Mesodermo.** Capa celular intermedia de las tres que forman el embrión en desarrollo. De ella se derivan los huesos, el tejido conectivo, los músculos, la sangre, los tejidos linfático y vascular, la pleura, el pericardio y el peritoneo.

**Monocitos.** Es un leucocito del tipo agranulocito. Entre otros aspectos se caracteriza por tener un núcleo arriñonado. Representa del 2 al 9% del total de los leucocitos circulantes por los vasos sanguíneos.

**Neoplasias malignas.** Nombre dado a las enfermedades en las que hay células anormales que se multiplican sin control y pueden invadir los tejidos cercanos. Las células de neoplasias malignas también se pueden diseminar hasta otras partes del cuerpo a través del torrente sanguíneo y el sistema linfático. También conocidas como cáncer. Dentro de las neoplasias malignas podemos encontrar el carcinoma, el sarcoma, la leucemia, el linfoma y el mieloma múltiple.

**Neutrófilos.** Son un tipo de glóbulo blanco, de tipo de granulocito, cuya principal función es fagocitar y destruir a bacterias y participar en el inicio del proceso inflamatorio.

**Neovascularización.** Desarrollo de nuevos vasos sanguíneos, especialmente en los tejidos en donde la circulación se ha visto afectada por una enfermedad o trauma.

**Oligodendrocitos u Oligodendroglías.** Son células más pequeñas que los astrocitos y con pocas prolongaciones. Además de la misión de sostén y unión, los oligodendrocitos desempeñan una importante función, que es la de formar la vaina de mielina en el sistema nervioso central (SNC).

**Ontogénesis u ontogenia** (del gr. *ón, óntos*, el ser y *gennân*, producir, engendrar). Evolución o desarrollo del ser organizado individual a partir del óvulo.

**Plaquetas o trombocitos.** Son células pequeñas, irregulares y carentes de núcleo, que juegan un papel fundamental en la hemostasia y son una fuente natural de factores de crecimiento. Estas circulan en la sangre de todos los mamíferos y están involucradas en la hemostasia, iniciando la formación de coágulos o trombos.

Las plaquetas liberan un gran número de factores de crecimiento incluyendo el factor de crecimiento derivado de plaquetas, un potente agente quimiotáctico, y el factor de crecimiento transformante beta, el cual estimula el depósito de matriz extracelular; Estos dos factores de crecimiento han demostrado jugar un papel significativo en la regeneración y reparación del tejido conectivo.

**Respuesta inmune específica.** Es la forma en que el cuerpo reconoce y se defiende a sí mismo contra las bacterias, virus y sustancias que parecen extrañas y dañinas para el organismo. También conocida como inmunidad innata;

inmunidad humoral; inmunidad celular; respuesta inmunológica; respuesta inflamatoria o inmunidad adquirida (adaptable).

**Saco vitelino primitivo.** Es una estructura embrionaria que se forma durante el desarrollo temprano del embrión y que, como su nombre indica, tiene forma de saco. El saco vitelino se encarga de producir y transporta nutrientes y oxígeno hacia el embrión durante las primeras semanas de gestación, así como de eliminar los desechos metabólicos como CO<sub>2</sub> del feto. Es el primer sitio donde se generan las células de la sangre, así como el lugar donde se originan las células que formarán los gametos, por lo que desempeña funciones importantísimas en el desarrollo embrionario. Estas células migran de la pared del saco vitelino y llegan hasta las gónadas primitivas. A partir de los dos o tres meses de la concepción (principalmente a partir de la 9 y 10 semana de desarrollo) el saco vitelino comienza a degenerar de manera natural por diversas causas, y sus importantes funciones son reemplazadas por otras estructuras embrionarias como el hígado, las gónadas primitivas etc.

**Síndromes mielodisplásicos o preleucemia.** Son enfermedades en las cuales la médula ósea no funciona normalmente y no se producen suficientes glóbulos normales. Los síndromes mielodisplásicos ocurren con mayor frecuencia en personas mayores, pero también pueden ocurrir en los jóvenes. El signo más común es la anemia, lo cual significa que no hay suficientes glóbulos rojos maduros para transportar oxígeno. También es posible que no haya suficientes glóbulos blancos en la sangre para combatir las infecciones. Si el número de las plaquetas de la sangre está por debajo de lo normal, la persona puede sangrar o sufrir la aparición de moratones más fácilmente de lo habitual.

**Teratocarcinoma.** Estos constituyen un grupo de tumores en los que están presentes elementos malignos de carcinoma embrionario, sorioepiteinos y semioma junto con estructuras taratoides diferenciadas.

**Timina tritiada.** Es un análogo de la timina. Este compuesto marcado se incorpora en el DNA celular durante la replicación. De esta manera permite detectar células cuyo DNA se replica activamente, es decir, poseen una elevada actividad de división, como son las células meristemáticas.

**Trasplante alogénico.** En un trasplante alogénico, el paciente recibe médula ósea o células madre de sangre periférica de otra persona, por lo general de un hermano, pero también puede ser un de un donante no emparentado.

**Virus de leucemia humana de las células T (HTLV).** HTLV, o virus de la leucemia humana de las células T, cualquiera de los dos virus que, en la actualidad, se sabe que producen ciertas formas de cáncer de las células sanguíneas. El HTLV-I y el HTLV-II fueron identificados por primera vez a finales de la década de 1970. Originan el cáncer al atacar las células denominadas linfocitos T del sistema inmunológico provocando su proliferación incontrolada e invasión de diversos tejidos. Ambos virus pertenecen al grupo de los retrovirus, que se diferencian de otros porque codifican la información genética en el ARN en lugar de hacerlo en las moléculas de ADN. En 1983 y 1984 otro retrovirus fue asociado con casos de síndrome de inmunodeficiencia adquirida, o SIDA, y fue etiquetado con carácter provisional como HTLV-III. Hoy en día, el virus responsable del SIDA se conoce como virus de la inmunodeficiencia humana, o VIH.

La información de este glosario se desprende del Diccionario terminológico de ciencias médicas (2000). Barcelona, España. Ed. Masson. 13a ed.

## **Bibliografía**

### **\*Libros**

Albarellos, Laura A. (2007). Bioética con Trazos Jurídicos. México. Ed. Porrúa.

Aristóteles (2007). Metafísica. México. Grupo Editorial Éxodo.

Barahona, Ana y Piñero, Daniel (2009). Genética: La continuidad de la Vida. México. Fondo de Cultura Económica, SEP, CONACyT. Número 125 la ciencia para todos. 3a ed.

Bellver Capella, Vicente (2006). Por una bioética Razonable. Medios de comunicación, comités de ética y Derecho. Granada, España. Editorial Comares.

Beuchot, Mauricio (2004). Filosofía y Derechos Humanos. Buenos Aires, Argentina. Ed. Siglo XXI.

Bonet, Enrique y Pardo Sáenz, José María (2007). Hay un embrión en mi nevera. Navarra, España. Ediciones Universidad de Navarra.

Brena Sesma, Ingrid (coord.) (2005). Células Troncales. Aspectos Científicos-Filosóficos y Jurídicos. México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Cancino Moreno, Antonio (2005). Genética y Derecho Penal. Bogotá, Colombia. Ed. ABC LTDA.

Castaño de Restrepo, María Patricia (2004). Derecho, Genoma Humano y Biotecnología. Bogotá, Colombia. Ed. Temis.



Carlson, Bruce M. (2000). Embriología Humana y Biología del Desarrollo. Madrid, España. Ediciones Harcourt.

Cote Estrada, Lilia (2002). La Práctica Médica y sus Controversias Jurídicas. México. Ed. Edición Médica Continua Latinoamérica.

De Aquino, Santo Tomás (2007). Del Ente y de la Esencia. Barcelona, España. Ed. Folio.

García Colorado, Gabriel (2009). Normativa en Bioética, Derechos Humanos, Salud y Vida. México. Editorial Trillas.

García Fernández, Dora (2007). La adopción de embriones humanos. Una propuesta de regulación. Colección de Derecho y Bioética Tomo II. México. Editorial Porrúa.

García Romero, Horacio (2009). Bioética General. México. Editorial Trillas.

González Pérez, Jesús (1986). La Dignidad de la Persona. España. Editorial Civitas.

González Valenzuela, Juliana (coord.) (2007). Dilemas de Bioética. México. Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional de Derechos Humanos, UNAM Facultad de Filosofía y Letras.

González Valenzuela, Juliana (coord.) (2008). Perspectivas de Bioética. México. Fondo de Cultura Económica, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, Comisión Nacional de los Derechos Humanos.

González Valenzuela, Juliana (coord.) (2009). Filosofía y Ciencias de la Vida. México. Fondo de Cultura Económica, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras.

Hall, Robert (2008). Bioética Institucional, Problemas y Prácticas en las Organizaciones para el Cuidado de la Salud. México. Editorial Universidad Autónoma de Querétaro, Distribuciones Fontamara.

Herrera Fragoso, Agustín Antonio (2007). La nueva Eugenesia, Bioética y Derechos Humanos. México. Publicaciones Administrativas Contables Jurídicas.

Kraus, Arnoldo (1999). La Bioética. México. Editorial Tercer Milenio, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

López Guerrero, José Antonio (2003). Células madre, la madre de todas las células. España. Editorial Hélice.

Moore, Keith L. (1995). Embriología Clínica. México. Ed. Mc Graw Hill.

Muñoz Martínez, Julio coord. (1998). Teorías y Hechos sobre la Vida, los Sistemas Vivos. México. Consejo Nacional de Fomento Educativo, SEP.

Oparin, A. I. (2008). El Origen de la Vida. México. Grupo Editorial Tomo.

Papalia E. Diane et al. (2005). Desarrollo Humano. México. McGraw Hill.

Sánchez Márquez, Ricardo (2007). Derecho Civil. México. Editorial Porrúa.

Schrödinger, Erwin. (2005) ¿Qué es la vida? Salamanca, España. Ed. Textos de Biofísica Facultad de Farmacia, Universidad de Salamanca.

Soberón Mainero, Francisco Xavier (2002). La ingeniería genética, la nueva biotecnología y la era genómica. México. Fondo de Cultura Económica, Secretaría de Educación Pública, CONACyT.

Starr, Cecie (2008). Biología. La unidad y la diversidad de la vida. México. Editorial Cenagage Learnig.

Vila-coro Barrachina, María Dolores (1995). Introducción a la biojurídica. Madrid, España. Servicio de publicaciones de la Facultad de Derecho Universidad Complutense de Madrid.

### **\*Diccionarios**

Diccionario Cambridge Klett Compact (2002). Español-inglés, inglés-español.

Diccionario terminológico de ciencias médicas (2000). Barcelona, España. Ed. Masson. 13a ed.

### **\* Tesis**

Solais Hernández, Norma Patricia (2009). Células madre adultas y su aplicación en regeneración tisular. Tesis Licenciatura (Cirujano Dentista), Facultad de Odontología UNAM. México. 73 p

### **\* Legislación**

Acuerdo sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio (ADPIC) anexo al Acuerdo de Marrakech por el que se establece la Organización Mundial del Comercio, 1995.

[http://www.wto.org/spanish/docs\\_s/legal\\_s/legal\\_s.htm#TRIPs](http://www.wto.org/spanish/docs_s/legal_s/legal_s.htm#TRIPs).

Código Civil para el Distrito Federal 2009, 2010 y 2011.

<http://info4.juridicas.unam.mx/adprojus/leg/10/317/>.

Código de Nüremberg, Normas éticas sobre experimentación en seres humanos.  
Tribunal Internacional de Nüremberg, 20 de agosto de 1947.  
<http://ohsr.od.nih.gov/guidelines/nuremberg.html>.

Código Penal Español de 1996.  
<http://www.ehu.es/p200-content/es/contenidos/informacion/ivckeijose-luis/adjuntos7introduccionnuecosp.pdf>.

Código Penal para el Distrito Federal 2009, 2010, 2011 y 2012.  
<http://www.proyectometro.df.gob.mx/pdf/PMDF-14-F-I/CODIGO-PENAL-DEL-DF.pdf>.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos vigente.  
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf>.

Convenio de Derechos Humanos y Biomedicina del Consejo de Europa, sobre Técnicas de Reproducción Asistida 2006.  
<http://www.comitedebioetica.es/normativa/legislativo.php>.

Convención sobre los Derechos del Niño. Asamblea General de las Naciones Unidas el 1989. <http://www.unicef.org/spanish/crc/>.

Convención Americana sobre los Derechos Humanos. Conferencia Especializada Interamericana de Derechos Humanos 1969.  
<http://www.oas.org/juridico/spanish/tratados/b-32.html>.

Convención Universal sobre Derechos de Autor, 1952.  
[http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=15241&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=15241&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html).

Declaración de Doha relativa al Acuerdo sobre los ADPIC y la Salud Pública, 2001. [http://www.wto.org/spanish/thewto\\_s/minist\\_s/min01\\_s/mindecl\\_trips\\_s.htm](http://www.wto.org/spanish/thewto_s/minist_s/min01_s/mindecl_trips_s.htm).

Declaración Universal de los Derechos Humanos. Asamblea General de las Naciones Unidas, 10 diciembre 1948.  
<http://www.un.org/es/documents/udhr/>.

Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos. Adoptada por la 18ª Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, 1964.  
[http://www.cnrha.mspsi.es/bioetica/pdf/declaracion\\_Helsinki.pdf](http://www.cnrha.mspsi.es/bioetica/pdf/declaracion_Helsinki.pdf).

Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos. Enmendada por la 59ª Asamblea General, Seúl, Corea, 2008.  
[http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c\\_es.pdf](http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c_es.pdf).

Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos. Conferencia General de la UNESCO, 2005.  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180s.pdf>.

Donaldson Report. Stem cell research: medical progress with responsibility. A report from the chief medical officer's expert group reviewing the potential of developments in stem cell research and cell nuclear replacement to benefit human health. [www.lifecellinternational.com/.../stemcell\\_resear](http://www.lifecellinternational.com/.../stemcell_resear).

Ley Alemana de Garantía de la Protección del Embrión en Relación con las Importaciones y la Utilización de Células Troncales Embrionarias de Origen Humano (ley de células troncales), 2002.  
<http://www.bibliojuridica.org/libros/5/2292/6.pdf>.

Ley Brasileña de Biotecnología del 2005 (Ley 11105/05).

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm).

Ley Alemana de Protección del Embrión, 745/90.

<http://www.bioeticaweb.com/content/view/1014/86/>.

Ley Brasileña de Propiedad Industrial (Ley 9.279/06).

[http://www.wipo.int/wipolex/es/text.jsp?file\\_id=205064](http://www.wipo.int/wipolex/es/text.jsp?file_id=205064).

Ley de Ciencia y Tecnología vigente.

<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242.pdf>.

Ley Española sobre Investigación Biomédica, 14/2007.

<http://www.boe.es/boe/dias/2007/07/04/pdfs/A28826-28848.pdf>.

Ley Española sobre Técnicas de Reproducción Asistida 35/1988.

[http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/spanish\\_law45.pdf](http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/spanish_law45.pdf).

Ley Española sobre Técnicas de Reproducción Asistida 45/2003.

[http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/spanish\\_law45.pdf](http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/spanish_law45.pdf).

Ley General de Salud 2009, 2010, 2011 y 2012.

<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142.pdf>.

Ley Inglesa de Fecundación Humana y Embriología de 1990.

<http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1990/37/contents>.

Ley Inglesa de Fecundación Humana y de Embriología del 2008.

<http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/22/contents>.

Orden Ejecutiva (EO 13505 “Quitando las Barreras para la Investigación Científica Responsable Sobre Células Madre Humanas”).

[http://www.whitehouse.gov/the\\_press\\_office/Removing-Barriers-to-Responsible-Scientific-Research-Involving-Human-Stem-Cells](http://www.whitehouse.gov/the_press_office/Removing-Barriers-to-Responsible-Scientific-Research-Involving-Human-Stem-Cells).

Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos. Asamblea General de las Naciones Unidas 1966.

<http://www2.ohchr.org/spanish/law/ccpr.htm>.

Pautas Éticas Internacionales para la Investigación y Experimentación Biomédica en Seres Humanos. Preparado por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS), 1993.

<http://www.fhi360.org/NR/rdonlyres/e72f42nzeef4ijow6kdbezqrigxdo5r242vhbvsr2n2u5pkoiq6d76sggrzyuzm4cz4uvt2nrobimb/CIOMSSP.pdf>.

Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud 2009, 2010, 2011 y 2012.

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html>.

Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de la Disposición de Órganos, Tejidos y Cadáveres de Seres Humanos, 2012.

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmcsdotcsh.html>.

### **\*Documentos y artículos**

Anzaldúa Arce, Santiago René et al. (2007) ¿Qué son las Células Troncales o "Células Madre"? Veterinaria México, UNAM (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal). Enero-marzo, año/vol. 38, número 001 pp.81-104. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/423/42338108.pdf>

Azuara-Blanco Augusto y Dua, Harminder (2000). Limbal Stem Cell of the Corneal Epithelium. International Review Journal Survey of Ophthalmology; vol. 44 issue 5 pp. 415-425. [http://www.surveyophthalmol.com/article/S0039-6257\(00\)00109-0/abstract](http://www.surveyophthalmol.com/article/S0039-6257(00)00109-0/abstract).

Basteiro, Daniel. 2011. La Unión Europea prohíbe patentar tratamientos con células embrionarias. Diario Público. <http://www.publico.es/ciencias/402258/la-ue-prohibe-patentar-tratamientos-con-celulas-embrionarias>.

Broxmeyer, Hal E. et al. (2003). High-efficiency Recovery of Functional Hematopoietic Progenitor and Stem Cells for Human Cord Blood Cryopreserved for 15 Years. "Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA" journal January 21, vol. 100 no. 649. <http://www.pnas.org/content/100/2/645.full.pdf+html?sid=bfe530ce-ada6-4c53-b712-457bfb28e3ec>.

Broxmeyer, Hal et al. (1989). Human Umbilical Cord Blood as a Potential Source of Transplantable Hematopoietic Stem/Progenitor Cells. Proceedings of the National Academy Sciences of the USA; 86: 3828–32, medical sciences. <http://www.pnas.org/content/86/10/3828.full.pdf+html>

Castro Fonseca, Paulo de Freitas (2010). El papel de la prensa en el debate acerca de la reglamentación sobre Biotecnología en Brasil: ¿seguridad de los transgénicos o de las células madre embrionarias? Revista Iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad. Rev. iberoam. cienc. tecnol. soc. vol.5 no.15 Ciudad Autónoma de Buenos Aires set. 2010. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132010000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132010000200003&script=sci_arttext).

Center for American Progress. Events 2009 January. Information pages. John Gearhart <http://www.americanprogress.org/events/2009/01/inf/GearhartJohn.html>.



Cervelló Alcaraz, Irene (2008). Identificación, Caracterización y Aislamiento de Células Madre Somáticas del Endometrio Murino y Humano. Universidad de Valencia. Servei Publicacions 2009, tesis doctoral.

<http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/10150/cervello.pdf?sequence=1>

C. R. Towns and D. G. Jones (2004). Stem cells, embryos, and the environment: a context for both science and ethics. *Journal Medical Ethics*, Specialized magazine, New Zealand. *JMedEthics* 2004;30:410-413.

<http://jme.bmj.com/content/30/4/410.abstract>.

Cruz-Coke, Ricardo (1980). Fundamentos Genéticos del Comienzo de la Vida Humana. *Revista Chilena de Pediatría*. v.51 n.2 Santiago, p.p. 121-124.

<http://www.scielo.cl/pdf/rcp/v51n2/art06.pdf>.

Curiel Alcántara, Lucía (2010). La persona: Fundamento de la acción educativa. Nota técnica del proyecto de investigación institucional SER PERSONA. Integra CIDE, México. <http://es.scribd.com/doc/54259757/Persona-Fundamento-de-la-Educacion>.

Dibarbora, Elisa Antonia. Definición y criterios médicos de muerte: una mirada bioética. <http://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articulos/901/1/Definicion-y-criterios-medicos-de-muerte-Una-mirada-bioetica.html>.

Ding, G. et al. (2010). Suppression of T cell proliferation by root apical papilla stem cells in vitro. *Cells Tissues Organs*. 2010;191(5):357-64. Epub 2010 Jan 14.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20090302?itool=Entrez>

System2.PEntrez.Pubmed.Pubmed\_ResultsPanel.Pubmed\_RVDocSum&ordinalpos=1.

Dorticós Balea, Elvira y Hernández Ramírez, Porfirio (2004). Medicina Regenerativa. Células madre embrionarias y adultas. Revista Cubana Hematología, Inmunología y hemoterapia 2004; 20(3).  
[http://bvs.sld.cu/revistas/hih/vol20\\_3\\_04/hih01304.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/hih/vol20_3_04/hih01304.htm).

Gail R., Martin (1981). Isolation of Pluripotent cell line from early mouse embryos cultured in medium conditioned by teratocarcinoma stem cells. Proc. Natl. Acad. Sct. USA. Vol. 78, no. 12 pp. 7634-7638, Developmental Biology.  
<http://www.slideshare.net/kurtmilach/gail-martin-descubrimiento-de-las-clulas-madre-embrionarias>.

Garza Veloz, Idalia (2007). Células madre. Revista de Medicina Universitaria de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León; 9(36): 130-140. <http://medicinauniversitaria.uanl.mx/>.

Glosario de términos demografía y estadística vital. Proyecciones de población. Instituto Nacional de Estadística de Chile.  
<http://palma.ine.cl/demografia/menu/glosario.pdf>

Goodell, Margaret A. (2006). Stem Cell Plasticity in Muscle and Bone marrow. Annals of New York Academy of Science. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb03591.x. January 25  
<http://www3.interscience.wiley.com/journal/120754366/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>.

Hernández-Vela Salgado, Edmundo (2005). La Bioética y los Derechos y Libertades Fundamentales del Hombre. Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales, mayo-agosto, año/vol. XIVIII, número 194. Universidad Nacional Autónoma de México pp. 137 – 184.  
<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/421/42119407.pdf>

Informe Belmont: Principios Éticos y Directrices para la Protección de Sujetos Humanos de Investigación (Reporte de la Comisión Nacional para la Protección de Sujetos Humanos de Investigación Biomédica y de Comportamiento). Febrero 1976.

[http://medicina.unmsm.edu.pe/investigacion/etica/documentos/5.%20belmont\\_report.pdf](http://medicina.unmsm.edu.pe/investigacion/etica/documentos/5.%20belmont_report.pdf)

Jouve de la Barreda, Nicolás. La vida humana: singularidad genética de principio a fin. Congreso Mundial Provida. Madrid, España.

[http://www.provida.es/pensamiento/Publicaciones/Nicolas\\_Jouve.htm](http://www.provida.es/pensamiento/Publicaciones/Nicolas_Jouve.htm)

Jurberg, Claudia. 2008. La aprobación brasileña de la investigación sobre células madre embrionarias podría fomentar la protección por patente. Intellectual Property Watch. <http://www.ip-watch.org/2008/06/09/la-aprobacion-brasilena-de-la-investigacion-sobre-celulas-madre-embrionarias-podria-fomentar-la-proteccion-por-patente/>.

Kiessling, Ann A (2010). The History of the Dickey Wicker Amendment. Bedford Stem Cell Research Foundation. <http://www.bedfordresearch.org/article/dickey-wicker-amendment-human-embryo-research-25912>.

Kuminsky, Gustavo D. (2000). La célula progenitora hematopoyética en el país de las maravillas. Revista Medicina. Buenos Aires, volumen 60 - n°2, p.p. 273-276.

[http://www.medicinabuenosaires.com/revistas/vol60-00/2/v60\\_n2\\_273\\_276.pdf](http://www.medicinabuenosaires.com/revistas/vol60-00/2/v60_n2_273_276.pdf).

Loeffler, M. and Potten, C. S. (1997). Chapter 1. Stem Cells and cellular pedigree, en Stem Cells. Editor Potten, C. S. Great Britain. Ed. Academic Press.

<http://books.google.com.mx/books?id=HS12eC2z4r8C&pg=PA1&lpg=PA1&dq=Potten+y+Loeffler&source=bl&ots=gw7mJfHfJn&sig=A-msoFDdl6PJM4jmFDcnkKxBbas&hl=es&ei=uaeOS77FC4SsysgPCxOHnCA&sa=X>

&oi=book\_result&ct=result&resnum=6&ved=0CCQQ6AEwBQ#v=onepage&q=&f=false.

López Moratalla, Natalia. Extenso estudio sobre la clonación de células madre, las terapias de remplazo y trasplante celular. Colegio de Bioética de Nuevo León. [http://bioetica.com.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=130&Itemid=109](http://bioetica.com.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=130&Itemid=109).

Marco Metodológico para la Generación de las Estadísticas Vitales. Nacimientos. INEGI 2004, México.  
[www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/.../marmetvit\\_nac.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/.../marmetvit_nac.pdf)

Navas, María Elena. 2008. Sí a los embriones híbridos. BBC Mundo. [http://news.bbc.co.uk/1/hi/spanish/science/newsid\\_7409000/7409484.stm](http://news.bbc.co.uk/1/hi/spanish/science/newsid_7409000/7409484.stm).

Prósper, Felipe (2007). Trasplante celular y terapia regenerativa con células madre. Curso de Biotecnología aplicada. Bueren, Juan y Montellón, José Luis, coord. Ed. Sanidad ediciones Madrid España.  
<http://es.scribd.com/linc%20ye/d/8742593-Biotecnologia>.

Roberts, MacKenna (2007). German biothocist support relaxation of stem cell law. Bio News. 417. [http://www.bionews.org.uk/page\\_13132.asp](http://www.bionews.org.uk/page_13132.asp).

Rodríguez Yunta, Eduardo (2001). Derechos de Cigoto desde una Perspectiva Biológica y Metafísica. Revista Chilena de Derecho. Vol. 28 no°2, pp. 263-270. Sección estudios. [dialnet.unirioja.es/servlet/fichero\\_articulo?codigo=2650295](http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2650295).

Roldán, Carlos Álvaro (2008). Alemania siaviza su restrictiva normativa sobre células madre embrionarias. El mundo.  
<http://www.elmundo.es/elmundosalud/2008/04/11/biociencia/1207911724.html>.

Romeo Casabona, Carlos María (2004). El estatuto Jurídico del Embrión Humano. Monografía Humanitas 4. Investigación con células Troncales. Monografía de la Fundación de medicina Y Humanidades Médicas. Barcelona pp. 111–1343.  
[http://www.fundacionmhm.org/fondo\\_editorial.html](http://www.fundacionmhm.org/fondo_editorial.html)

Stanley, Shostak. (Re) defining stem cells. En: US National Library of medicine National Institutes of Health. Bioessays. 2006 Mar; 28(3): 301-3.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16479584>.

Vierbuchen, Thomas et al. (2010). Direct conversion of fibroblast to functional neurons by defined factors. Journal Nature 463, 1035-1041.  
<http://www.nature.com/nature/journal/v463/n7284/abs/nature08797.html>.

Vogel, Gretchen (2000). Can Old Cells Learn New Tricks? Science, Vol. 287, No. 5457, page 1418. 25 Feb. <http://www.sciencemag.org/content/287/5457/1418>.

#### **\*Páginas de internet**

Centro Nacional de Biotecnología de Madrid.  
<http://www.cnb.uam.es/~transimp/stem.html>

National Institutes of Health, U.S. Government. <http://stemcells.nih.gov>

Journal stem cells, alpha press med. <http://www.stemcells.com>.

University of Utah. <http://learn.genetics.utha.edu/content/tech/stemcells/scissues>

Colegio de bioética de Nuevo león.  
[http://bioetica.com.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=130&Itemid=109](http://bioetica.com.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=130&Itemid=109).

Harvard Stem Cell Institute. <http://www.stembook.org/>

Annals of New York Academy of Science.

<http://www.nyas.org/publications/annals/default.aspx>

US National Library of Medicine National Institutes of Health.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>

Stem cell information for the public from the International Society for Stem Cell Research. <http://www.isscr.org/public>.

Explore Stem Cells, United Kingdom-based. <http://www.explorestemcells.co.uk>

Diccionario de términos de biología.

<http://www.diccionariosdigitales.net/GLOSARIOS%20y%20VOCABULARIOS/Biologia-1-BIOLOGIA-TERMINOS.htm>

Oxford Journals by oxford University Press <http://www.oxfordjournals.org/>

Universidad de Córdoba, España <http://www.uco.es/>.

Biblioteca Nacional de medicina de EE.UU. (National Institute of Health – Medline Plus). <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/007279.htm>

Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04\\_8681.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_8681.pdf).

### **\*Imágenes**

[http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_83.asp?cuaderno=83](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_83.asp?cuaderno=83).

[http://www.lvcm.com.ve/images/def\\_cel2.JPG](http://www.lvcm.com.ve/images/def_cel2.JPG).

[http://www.accumalaga.es/images/stories/celulas\\_de\\_la\\_medula\\_osea.png](http://www.accumalaga.es/images/stories/celulas_de_la_medula_osea.png).

[http://donacion.organos.ua.es/submenu3/inf\\_sanitaria/cordon/cordon2\\_1.asp](http://donacion.organos.ua.es/submenu3/inf_sanitaria/cordon/cordon2_1.asp).

<http://reycyc.files.wordpress.com/2009/04/celulas-madre-embrionarias.jpg>.

<http://www.neoteo.com/Portals/0/imagenes/cache/9CC2x580y1000.jpg>.

<http://mezaadoz.blogspot.com/2009/02/hematopoyesis.html?zx=5c0e0764076281f>

[http://www.infovisual.info/03/067\\_es.html](http://www.infovisual.info/03/067_es.html)

<http://www.embarazoalternativa.com/tag/embriones/>.

<http://www.cerivf.com/images/oocitolucinda-thumb.jpg>.

[http://gtt-vih.org/files/imagenes/LMP/LMP44/EN%20PERSONA/LMP44\\_lavado\\_esperma.Gif](http://gtt-vih.org/files/imagenes/LMP/LMP44/EN%20PERSONA/LMP44_lavado_esperma.Gif).

<http://www.fecundacióninvitro.com/>.

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/007279.htm>

<https://sites.google.com/site/subrogacion/lafecundacioninvitro>

<http://www.uniquindio.edu.co/uniquindio/ntic/trabajos/5/grupo1/byron/paginas/invitro.htm>.

<http://www.scielo.org.ve/img/fbpe/avft/v2/n2/art.07img3.jpg>

[http://www.abc.es/gestordocumental/uploads/Sociedad/celulas\\_madre.jpg](http://www.abc.es/gestordocumental/uploads/Sociedad/celulas_madre.jpg)

<http://www.guiaparavivir.com/index.php?page=desarrollo-fetal>.