



RESUMEN:

TITULO: "CLONACIÓN: IMPLICACIONES ÉTICAS, CIENTÍFICAS, TÉCNICAS Y BIOLÓGICAS."

En la presente monografía se tratará el tema de la clonación como una Biotecnología reproductiva y su impacto en la humanidad hacia el descubrimiento de nuevas investigaciones en el campo reproductivo. Este trabajo abarcará dos áreas: humana – animal, por su similitud en cuanto a su aplicación e investigación tratando de buscar un mismo fin. La presente monografía ofrece su definición, su proceso, su aplicación y tecnología, así como también las distintas opiniones y decisiones de los diferentes referentes ideológicos, éticos, sociales y científicos con respecto a la práctica de la clonación, tanto en animales como en humanos. Si nos referimos a su análisis, estará basado en la recopilación bibliográfica de libros actuales, memorias técnicas, bases digitales, por cuanto es un tema de actualidad que está generando controversias, polémicas y argumentaciones en todo el mundo, llevando a un debate sin fin de discusiones éticas, políticas y religiosas.

Palabras clave. Clonación, Genoma, Células madres, Bioética, Biotecnología, Ingeniería genética.

ABSTRACT.

TITLE: "CLONING: IMPLICATIONS ETHICAL, SCIENTIFIC, TECHNICAL AND BIOLOGICAL."

In this monograph I will speak on the topic of cloning as a reproductive Biotecnology and its impact on humanity towards the discovery of further research in the reproductive field. This work covers two areas: human – animal by their similarity regarding its application and research trying to find





one end. This monograph provides its definition, its process, its application and technology, as well as different opinions and decisions relating different ideological, ethical, social and scientific with respect to the practice of cloning both animals and humans. If we refer its analysis, will be base don the bibliography of current books, technical reports, digital databases, therefore is a topic that is generated, disputes, controversial and arguments from around the world, being an endless discussion of ethical, political and religious.

Key words. Cloning, Genome, Stem cells, Bioethics, Biotechnology, Genetic Engineering.

CONTENIDO.

Agradecimiento.....	7
Dedicatoria.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS.....	10
II.1. Objetivo General.....	10
II.2. Objetivos Específicos.....	10
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
1. RESEÑA HISTÓRICA.....	11
2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CLONACIÓN....	17
2.1. Ventajas.....	17
2.2. Desventajas.....	18
3. IMPLICACIONES ÉTICAS DE LA CLONACIÓN.....	19
3.1. Status moral de los organismos creados mediante clonación.....	19
3.2. Posiciones de las religiones sobre la clonación.....	20
3.2.1. Clonación para el Catolicismo.....	21
3.2.2. Clonación para el Islam.....	25
3.2.3. Clonación para el Judaísmo.....	27





3.2.4. Clonación para el Budismo.....	29
4. IMPLICACIONES CIENTÍFICAS DE LA CLONACIÓN..	30
4.1. Definición – Concepto de Clonación.....	30
4.1.1. Definición.....	30
4.1.2. Concepto	30
4.2. Clonación en Animales.....	31
4.2.1. Mamíferos.....	32
4.2.2. Anfibios.....	35
4.3. Clonación Humana.....	38
4.3.1. Clonación Reproductiva.....	42
4.3.2. Clonación Terapéutica.....	45
5. IMPLICACIONES TÉCNICAS DE LA CLONACIÓN.....	48
5.1. Técnicas de la Clonación.....	48
5.2. Tipos de Técnicas de Clonación.....	49
5.2.1. Partición o división de embriones.....	49
5.2.2. Separación y cultivo de blastómeros aislados.....	52
5.2.3. Transferencia nuclear.....	53
5.3. Fines de los distintos tipos de Clonación.....	61
5.3.1. De la Gemelación artificial.....	61
5.3.2. De la Paraclonación.....	61
5.3.3. De la Clonación verdadera.....	62
6. IMPLICACIONES BIOLÓGICAS DE LA CLONACIÓN..	64
6.1. Factores críticos que limitan el éxito de la clonación.....	65
6.1.1. Técnicos.....	65
6.1.2. Biológicos.....	66
IV. CONCLUSIONES.....	66
V. GLOSARIO.....	68
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	71
VII. ANEXOS.....	81





ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cronológica de la clonación en mamíferos por transferencia de núcleos.....	34
Cuadro 2. Cronológica de la reproducción humana.....	41
Cuadro 3. Factores que afectan las tasas de Gestación en la partición de embriones.....	51
Cuadro 4. Primer informe de nacimientos de clones de diferentes especies.....	58
Cuadro 5. Problemas detectados en animales clonados...	65

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Ioannes Paulus.....	22
Foto 2. Fecundación del óvulo.....	40
Foto 3. Clonación Reproductiva.....	43
Foto 4. Clonación Terapéutica.....	46
Foto 5. Ian Wilmut.....	54
Foto 6. Hans Spemann.....	55
Foto 7. Keith Campbell.....	57
Foto 8. Panda gigante.....	60
Foto 9. Bos gaurus.....	60
Foto 10. Anormalidades de clones.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo celular.....	58
------------------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Primer mamífero clonado del mundo.....	81
Anexo 2. Proceso de clonación por TN. de células somáticas.....	82





Anexo 3. Ciclo de vida en ranas.....	82
Anexo 4. Diferencias y resultados obtenidos mediante una inseminación y una clonaci.....	83
Anexo 5. Mellizos homocigotas de raza Fleckvieh.....	83
Anexo 6. Primeros mellizos homocigotas de raza Aberdeen Angus nacidos en Argentina.....	84
Anexo 7. Aplicaciones de la clonación con el fin de conservar especies y razas en peligro de extinción.....	84





UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TÍTULO:

**"CLONACIÓN: IMPLICACIONES ÉTICAS, CIENTÍFICAS,
TÉCNICAS Y BIOLÓGICAS."**

*Monografía previa a la
obtención del Título de Médico
Veterinario Zootecnista.*

AUTOR:

Dilma Elania Naranjo Naranjo.

TUTOR:

Dr. Carlos Soria P.

CUENCA – ECUADOR

2011





AGRADECIMIENTO.

Quiero agradecer principalmente a Dios, por permitirme realizar este trabajo, por darme salud, fuerza y ganas de seguir luchando.

A mis padres por el sacrificio, el apoyo generoso y la bondad prestada sin esperar recompensa alguna, a mis hermanas por las eternas horas de compañía en el transcurso de mi vida, a mi gran amiga de curso Verito, por el apoyo y la alegría que me supo brindar cada día.

En especial a mis dos amores, que con su cariño y entrega total diaria me dan la fuerza necesaria para levantarme y ser la mejor: a mi esposo Juan José y a mi hijo Christopher.

Con estima y respeto a todos los maestros de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, gracias por los conocimientos brindados en estos maravillosos años de mi carrera universitaria, por ser más que unos simples profesores, ser verdaderos maestros y amigos, quienes con su guía y sabiduría me supieron ayudar en el desarrollo de este trabajo, a mi tutor el Dr. Carlos Soria P.

A todas las personas que de manera, directa o indirectamente han sido parte de mi formación académica.

Dilma Elania Naranjo N.





DEDICATORIA.

Este presente trabajo quiero dedicar en especial a mis padres José y Rita, por haberme enseñado los verdaderos valores para mi vida futura: Honestidad, Humildad, Responsabilidad y Generosidad.

A mi querido esposo Juan José, quien me enseñó que no debemos tener riquezas para ser grandes; pues ser grandes es, batallar por nuestras ilusiones con sacrificio, paciencia y esmero.

A mis dos hermanas Leydi y Jannyna, siempre fueron mi esperanza en todos los momentos más difíciles de mi vida; con ustedes aprendí el verdadero significado de la hermandad y juntas compartimos cada instante valioso de nuestras vidas.

A todas las personas que creyeron en mí; que al verme o escuchar que estaba en una vida universitaria pensaban que no lo lograría, la perseverancia y el amor a las personas que nos rodean lo puede todo.

Se los dedico a ustedes porque valió la pena esperar, y sin lugar a duda jamás en la vida los fallaría; los amo mucho.





I. INTRODUCCIÓN

La clonación constituye una de las Biotecnologías reproductivas de impacto de última generación que se encuentra basada en el proceso de la producción in vitro de embriones, en la cual se reemplaza la fecundación, por el intercambio del núcleo de un ovocito por el de una célula del organismo con interés a clonarse, generando así, copias genéticamente idénticas del mismo.

Durante muchos años, científicos de todo el mundo realizan investigaciones buscando obtener animales genéticamente idénticos entre sí, dando prioridad en su aplicación; aislando y multiplicando un gen determinado de un segmento de ADN de animales domésticos, como de laboratorio. Así, lo que en un principio sólo tenía fines investigativos, en los últimos años se ha tratado de obtener células madres y se ha utilizado a la clonación con fines terapéuticos, como también para la conservación de muchas especies que se encuentran en peligro de extinción, tratando de preservar diferentes especies.

Los resultados de la clonación en distintas especies han evolucionando significativamente a medida que fueron avanzando sus conocimientos acerca de sus requerimientos, por lo tanto a la clonación se la debe considerar como una alternativa de reproducción; tratando de reemplazarse de esta manera la reproducción sexual en aquellos que no la pueden realizar de manera normal.

A medida que la ciencia ha desarrollado grandiosas investigaciones, a la vez han creado grandes controversias en las diferentes religiones, orientándose





erróneamente en cada ser humano; ceándose así diferentes enfoques acerca de la manipulación embrionaria frente a la clonación.

Técnicamente en un breve párrafo se explicara a manera superficial como se realiza la clonación en un laboratorio: la cual consiste en tomar una célula del padre y un óvulo de la madre que daran hospedaje al embrión; del óvulo se extrae el ADN quedando sin información genética de la madre donante; y por medio de una una descarga eléctrica se funden los dos elementos dando origen así al embrión que se desarrollará en la madre para repetir o casi copiar al padre donante de la célula, obteniendo de esta manera seres idénticos al original.

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo General.

- Conocer las consideraciones éticas, científicas, técnicas y biológicas sobre la clonación; atravez de una revisión bibliográfica en el campo animal.

II.2. Objetivos Específicos.

- Analizar información concerniente de las diferentes técnicas desarrolladas en los últimos años, permitiéndonos así conocer varios métodos de Clonación y su impacto bioético.
- Saber cómo e debe tomar en cuenta, el proceso de la reprogramación celular por parte de la clonación.



III. REVISIÓN DE LITERATURA

1. RESEÑA HISTÓRICA:

Breve recuento histórico para darnos una ligera perspectiva de cómo ha evolucionado en el tiempo la clonación:

1677: Se revela el descubrimiento de los espermatozoides en el semen por parte de Antonio Van Leeuwenhoek (Asimov, Roca, 2007).

1677: Antonio Van Leeuwenhoek realiza el descubrimiento de la célula (Uribe, 2008).

1838: Schleiden revela que todos los organismos vivos están compuestos por células (Asimov, Roca, 2007).

1865: Mendel descubre que la unidad de la herencia es el gen (González, 2005)

1871: Miescher descubre a la nucleína y la cataloga que esta es una sustancia rica en fósforo (Olivera, 2003).

1875: Oscar Hertwig descubre el fenómeno de la fecundación, observando que dentro del huevo fecundado dos núcleos que se aproximan lentamente uno al otro para juntarse, formando un núcleo único esto se dio en huevos de erizo de mar (Asimov, Roca, 2007).

1887: Se descubre que las células reproductivas constituyen un linaje continuo, encontrándose exactamente



la misma cantidad en el núcleo del óvulo como del espermatozoide (Navarrete, Orozco, 2006).

1903: El científico Johannsen contribuye con aclaraciones y establece los conceptos de genotipo y fenotipo (Lacadena, 2008).

1909: Los genes son considerados como la unidad fundamental de la herencia (Asimov, Roca, 2007).

1938: Hans Spemann divide el cigoto de una salamandra con un cabello; mantiene al núcleo en una de sus mitades, continuando su segmentación. (Arias, 2004).

1940: En esta época se estudia a los genes por su fenotipo, siendo estos la base de la herencia (Yunis, 2001).

1949: Hammond conserva embriones de ratón para la prueba de cultivo in vitro (Lacadena, 2000).

1952: Los biólogos Robert Briggs y Thomas King demuestran la clonación en renacuajos (*Rana pipiens*) que son capaces de desarrollarse al transferirse núcleos de células embrionarias a ovocitos enucleados (Rev: Selecciones de Bioética, 2009).

1953: Watson y Crick revelan el código genético ADN en doble hélice a manera de escalera (Alba, 2002).

1961: Tarkowski realiza investigaciones agregando embriones, producto de esto obtiene ratones quiméricos (Lacadena, 2000).



1962: Comparten el Premio Nobel de Fisiología y Medicina. Watson, Crick y Wilkins al descifrar el código genético completo del ADN (Simancas, 2006).

1966: Científico Lin explica como se realiza la técnica de microinyección con embriones de ratón (Lacadena, 2000).

1967: DiBernardino observa que los núcleos aislados de embriones de rana en etapa de gástrula, desarrollan renacuajos anormales (Arias, 2004).

1970: Gurdon logró colecciones de sapos *Xenopus laevis* idénticos, insertando núcleos de células en fase larvaria temprana en ovocitos (óvulos) a los que se había despojado de sus correspondientes núcleos. Pero el experimento fracasó, pues se usaron como donadoras células de ranas adultas (Láñez, 2009).

1973: Se realiza los primeros experimentos de ingeniería genética, los mismos que son aislados de una gran cantidad de genes humanos y se utilizan para la construcción de organismos transgénicos (Simancas, 2006).

1974: Se prohíbe financiamientos para la realización de investigaciones en fetos de menos de 8 semanas, embriones e incliyendose también a la FIV (Henig, 2003).

1976: Se da el aislamiento de los genes: ARNm ha ADNc, descubrimiento realizado por Rabbits, Maniatis (Lacadena, 2000).



1977: Con ayuda de las técnicas de la ingeniería genética se fabricó con éxito una hormona humana en una bacteria. Científicos desarrollan las primeras técnicas para el encadenamiento de los mensajes químicos de las moléculas del ADN (Oliva, et al., 2004).

1978: Nace en New York, Louise Brown el primer bebé probeta del mundo que fue el primer intento de Shettles (Henig, 2003).

1980: El Tribunal Supremo de los EE.UU, comunica que se pueden obtener a los microbios por medio de ingeniería genética (Láñez, 2009).

1981: Primer reporte del nacimiento de ratones provenientes de la transferencia de núcleos de células somáticas en ovocitos enucleados (Wassarman, Litscher, 2009).

1982: Nace la primera niña probeta en Francia creada por Jacques Testart, biólogo francés, también se crea el primer ratón transgénico (Lacadena, 2009).

1983: Con ayuda de la hormona de crecimiento humana, Palmiter y col obtienen ratones transgénicos gigantes (Lacaena, 2000).

1983: Elizabeth J. Robertson demuestra que las células madres provienen de embriones paternogénicos de ratones (Cibelli, et al., 2002).



1985: Se obtuvo terneros por transferencia de embriones en estadio de 64 y 128 células, realizado por Steen Willesden (Simancas, 2006).

1987: Se dio el nacimiento de dos terneros a partir de cigotos reconstituidos con núcleos de blastómeros de embriones electrofusionados con ovocitos enucleados, también se hizo cultivo in vivo en oviductos de oveja hasta blastocisto se las transfirió a una vaca receptor llegando al término de su desarrollo (Láñez, 2009).

1988: Se retoma el tema de investigar al genoma humano (Simancas, 2006).

1989: "Clark y col. obtienen ovejas transgénicas con el gen humano del factor IX de coagulación de la sangre mediante microinyección de ADN en el pronúcleo del cigoto" (Lacadena, 2000).

1990: Se da nuevamente el inicio en el proyecto genoma humano (Oliva, 2004).

1991: Ebert y col. logran cabras transgénicas con ayuda del gen AtPH humano que es un activador tisular de plasminógeno, con aplicación de la técnica de microinyección de ADN en pronúcleo de cigoto (Lacadena, 2000).

1996: Se clona a la oveja *Dolly* a partir de una célula extraída de la glándula mamaria de una oveja adulta, trabajo realizado por Keith Campbell e Ian Wilmut (Crespo, 2006).



1997: Se anuncia el nacimiento de la oveja Dolly por un grupo de escocés (Revista Selecciones de Bioética, 2009).

1998: Cibelli y col., por transferencia nuclear consiguen vacas clónicas transgénicas a partir de células fetales diferenciadas (Lacadena, 2000).

1998: La revista Nature anuncia que los investigadores de Edimburgo confirman que investigaciones realizadas con ADN llevan a una afirmación (Gafo, 2008).

1999: Aplicando la técnica transferencia nuclear, Baguisi y col. obtienen cabras transgénicas (Lacadena, 2000).

2000: Se da la selección de embriones con fines terapéuticos, producto de esto nace en Denver, Colorado, USA, Adam Nash el primer niño genéticamente seleccionado para curar a su hermana Molly de 6 años quien padecía de anemia de Fanconi (Lacadena, 2009).

2000: PPL Therapeutics, aplica la técnica de transferencia nuclear, producto de esto consiguen cerdos clónicos transgénicos que se utilizaran para xenotrasplantes (Lacadena, 2000).

2001: Revista Science informa la clonación en vacas e inicia intentos de clonación de embriones humanos con fines terapéuticos desarrollándose los embriones por 72 horas (Cibelli, et al., 2002).

2002: Se informa al mundo la utilización de la técnica de clonación en los seres humanos, producto de este para el 2003 nacería el primer bebé clonado; por parte del



ginecólogo italiano Severino Antinori, también por estas fechas la oveja Dolly padece artritis, lo que genera dudas sobre los riesgos de la clonación (Crespo, 2006).

2003: Se obtuvieron embriones somáticos aloplásmicos (citoplasma animal- núcleo humano), utilizando ovocitos de vaca y conejo en lugar de ovocitos humanos (Lacadena, 2009).

2003: Descubrimiento de la estructura helicoidal del ADN, doble hélice (González, 2005).

2005: Logran descodificar el ADN rápida y sencillamente con ayuda de la tecnología por parte de la compañía Life Sciences (EEUU), y demuestran que el genoma de los chimpancés con el de los humanos comparten un 96% de su genoma. **2007:** El padre del ADN James Watson, secuenció su genoma. Al igual que Venter. "Nature" analiza todos los elementos del genoma y sus diferencias genéticas y se hace eco del proyecto ENCODE. **2010:** Publicaciones confirman que los humanos heredaron hasta un 4% del ADN de los neandertales e investigan el genoma de un humano de hace 4.000 años (El mundo, 2010).

2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CLONACIÓN

2.1. Ventajas:

- ✓ Confiable transmisión y preservación del material genético del individuo que se clonara.
- ✓ Da seguridad para su reproducción, siendo eficiente la obtención de ejemplares con Buena genética aprobado.



- ✓ Facilita la obtención de semen y embriones de animales con alto valor genético.
- ✓ Eliminación de barreras sanitarias, reduciendo las inversiones.
- ✓ Reinserción de animales que tienen problemas reproductivos, pero con excelente genética; que por diversas razones quedaron fuera de reproducirse siendo estos: castraciones, edades avanzadas, lesiones anatómicas, muertos, etc.
- ✓ Da la facilidad de conservar los genes primitivos de animales en peligro de extinción (Rigali, 2003).

2.2.Desventajas:

- ✓ Se deberá determinar el medio adecuado, para el desarrollo embrionario *in vitro* para cada especie utilizada a clonarse.
- ✓ En muchos de los casos se puede requerir de la utilización de zonas pelúcidas o de sustitutos de estas.
- ✓ Existe una tasa baja en cuanto a crías nacidas, estas se reducen al utilizar embriones en fases avanzadas de la segmentación.
- ✓ Gran pérdida de embriones, provocando un alto grado de abortos después de transferir los embriones clonados en hembras receptoras.

- ✓ Por la intervención del ADN mitocondrial, los clones no son 100% genéticamente idénticos.
- ✓ Hay diversos grados de alteración en las especies clonadas.
- ✓ En cuanto a sus requerimientos de metodologías los costos son elevados, sus equipos empleados para la



obtención de carioplastos, citoplastos y su fusión son demasiado sofisticados

✓ Se debe ser muy preciso en cuanto a la sincronización nucleocitoplásmica. (Navarro, et al., 2003)

3. IMPLICACIONES ÉTICAS DE LA CLONACIÓN

3.1. Status moral de los organismos creados mediante clonación.

Si partimos desde el punto de vista biológico la vida humana comienza desde la fecundación, la discusión se establece cuando esta nueva vida toma estatuto ontológico, cuando es equiparable a la persona y por lo tanto inviolable. Si tratamos el tema de la fecundación se nos presenta varias situaciones:

- La fecundación no se la considera que ocurre al instante, por lo contrario se dice que puede durar horas incluso días.
- Al momento de la activación del óvulo por el espermatozoide es anterior a la identidad genética, que no se logra hasta la formación del núcleo diploide.
- Hasta el cuarto día, las propiedades genéticas del embrión dependen de las proteínas y ARN que traía el óvulo antes de la fecundación (Corella, 2007).

Se cree que la experimentación con animales constituye un tema discutido, por lo tanto plantea problemas éticos, por lo que es necesaria su discusión antes de su aplicación. De la misma manera que se realizó el famoso caso de la oveja Dolly; y si se tratara de implantar en el útero de un humano un organismo clonado, es posible que este se desarrollara completamente hasta nacer. Si esto fuera un hecho,



existirían personas quienes argumentarían que los embriones generados en los experimentos de clonación humana con fines terapéuticos son equivalentes a embriones humanos normales y corrientes, y por lo tanto merecen el mismo grado de protección y respeto (Láñez, 2009).

Se recalcó que, a diferencia de un embrión humano, un organismo clonado no es el resultado de una fecundación de un óvulo y un espermatozoide. Se trata de un ente biológico nuevo, no presente en la naturaleza. Aunque tiene cierto potencial para convertirse en un ser humano, este potencial es muy limitado. En la etapa de blastocisto, se le considera un conjunto de células del tamaño de un el cul servirá para crear células madres. Los embriones creados por fertilización normal, generalmente, no son implantados en el útero hasta que no se encuentren en etapa de blastocisto. Hay ciertos criterios por lo que consideran que no hay órganos, no hay posibilidad de que pueda pensar o sentir, por lo tanto no tiene características de un ser humano. Por lo que lo reconocen como huevo activado, y para muchos investigadores consideran que no debe impedirse su uso porque mas bien serviría para salvar vidas (Rev: Selecciones de Bioética, 2009).

3.2. Posiciones de las religiones sobre la clonación.

Existen diferentes posiciones acerca de los enfoques del embrión, frente a la clonación como biotecnología entre estas tenemos:



a). Utilitaristas.- Son aquellos que necesariamente necesitan sacrificar los embriones para poder realizar terapéutica.

b). Celulares.- Estos explican que solo son células a usarse de manera terapéutica, no crean embriones por lo tanto no existe ningún problema ético.

c). Precavidas.- Estos tratan de buscar células madres en otras fuentes, como en el caso de los embriones supernumerarios o embriones sobrantes, producto de fecundaciones in vitro y embriones no transferidos, que permanecen en bancos de embriones o son donados frescos, aún desconocen con idoneidad las consecuencias de la clonación terapéutica (Valenzuela, 2005).

3.2.1. Clonación para el Catolicismo.

Para el catolicismo su enfoque religioso basada en el tema de la clonación ha surgido difundiendo con mayor fuerza y fijando su postura mucho más rápido que los estados manifestándose y oponiéndose a la misma, haciendo énfasis en que la peor de las clases es la clonación reproductiva por cuanto a su manipulación embrionaria (Díaz, 2006).

La Academia Pontificia Pro Vita constituye, mediante una declaración sobre la producción, el uso de la células estaminales embrionarias de humanos para trabajos científicos y terapéuticos durante el año 2000, el catolicismo expresa sus 3 razones éticas por las que están en contra de la transferencia nuclear con fines terapéuticos, debido a



que consideran un atentado al ser humano desde el momento de su concepción Foto 1, (Palma, 2008).

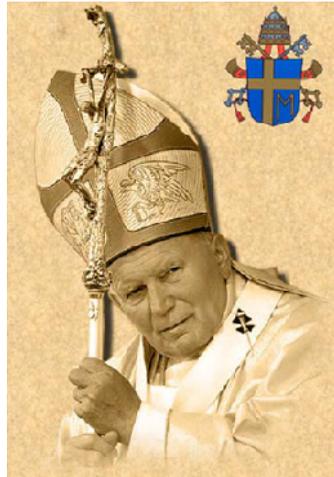


Foto 1. Ioannes Paulus PP. II Karol Wojtyla 16.X. 1978

FUENTE: (Palma, 2008)

La Iglesia Católica, como una de las instituciones más antiguas que existen en la actualidad, se caracteriza por realizar diversos estudios sobre la realidad del mundo siendo estos casos políticos, económicos, sociológicos, científicos, etc., con el fin de dar su opinión y aclarar si son acordes para su estudio y comprensión con la fe cristiana (Díaz, 2006).

Problemas éticos discutidos en la religión católica dan a conocer su opinión sobre asuntos como el aborto, fecundación artificial, genoma, células madre y también la clonación:

a.) Primer problema ético: ¿Es normalmente lícito producir y/o utilizar embriones humanos vivos para la preparación de ES? Respuesta: es negativa por las siguientes razones:



1. Por un análisis biológico completo, el embrión humano vivo es, a partir de la fusión de gametos, es considerado un sujeto humano con una identidad bien definida, el cual comienza desde ese momento su propio desarrollo, coordinado, continuo y gradual, de tal modo que en ningún estadio sucesivo puede ser considerado como una simple masa de células.
2. Considerado como individuo humano, tiene derecho a su propia vida. Por consiguiente, cualquier intervención, es un acto que viola dicho derecho.
3. Por lo tanto es un acto grave e inhumano y, por consiguiente, gravemente ilícito cuando se extrae de la masa celular interna (ICM) del blastocisto, lesionando así al embrión.
4. Este procedimiento no es considerado como una terminación buena, ya que las células estaminales obtenidas para preparar otras células diferenciadas con fines terapéuticos no justifican su intervención. Un fin bueno no hace buena una acción en sí misma mala.
5. La postura para la Iglesia católica, siempre ha enseñado, y sigue enseñando, a futuras generaciones humanas, desde el primer momento de su existencia, se debe respetar incondicional al ser humano en su totalidad y unidad corporal y espiritual.

b.) Segundo problema ético: ¿Es moralmente lícito realizar la llamada clonación terapéutica a través de la producción de embriones humanos clonados y su sucesiva destrucción para la producción de ES?
Respuesta: es negativa, por la siguiente razón:





1. Toda clonación terapéutica, que tenga fines de la producción de embriones humanos implique destrucción de los mismos, con el fin de obtener células estaminales, es ilícita; ya que se vuelve de nuevo al problema ético anteriormente expuesto, el cual no puede tener más de una respuesta negativa.

c.) **Tercer problema ético:** ¿Es moralmente lícito utilizar las ES, y las células diferenciadas de ellas obtenidas, proporcionadas eventualmente por otros investigadores o disponibles en el mercado? **Respuesta:** es negativa, por la siguiente razón:

1. Porque de igual manera se comparte la misma intención moral e ilícita del agente principal, en el caso que nos ocupa hay una cooperación material próxima en la producción y manipulación de embriones humanos por parte del productor o proveedor (Palma, 2008).

Para la iglesia Católica, la clonación de seres humanos en cualquiera de sus dos formas no es aceptada, por razones antes mencionadas la iglesia católica ha luchado con todos los recursos que ha tenido a su alcance para conseguir que la misma sea prohibida a todo nivel y en todos los países (Díaz, 2006).

Según representantes del Vaticano Gonzalo Miranda Ante (Decano de la Facultad Bioética del Ateneo Pontificio Regina Apostolorum, de Roma), para la Iglesia Católica es una de las religiones que se opone abierta y estrictamente a la clonación reproductiva y terapéutica porque considera que la finalidad humanística a la que se remite la terapia de reemplazo o sustitución no es moralmente coherente con el medio usado (Palma, 2008).





Se ha aclarado el punto de vista por parte de la iglesia católica la misma que ha marcado mucho la discusión, y entre todas las opiniones vertidas, es la de la Iglesia y sus seguidores la que ha sabido ganar terreno en una parte considerable de la conciencia popular y política, difundida en todos los medios posibles (Díaz, 2006).

Manipular a un ser humano en sus primeras fases vitales a fin de obtener material biológico para experimentar nuevas terapias, llegando así a matar a ese ser humano, contradice abiertamente el fin que se busca: salvar una vida o curar enfermedades de otros seres humanos. Por lo tanto la vida humana, es una fuente de igualdad entre los hombres, haciéndose ilegítimo su solamente como material biológico (Palma, 2008).

3.2.2. Clonación para el Islam.

Cuando se hace referencia al Islam no puede hablarse de unanimidad sobre la cuestión del status moral embrionario. Pese a varias opiniones por académicos y líderes religiosos acerca del formalismo o *fatwas*, pero ningún individuo o grupo ejerce una autoridad suprema en cuestiones de doctrina o práctica (Walters, 2004).

Para Abdelkarin el Islam es "sometimiento a la realidad única", pero el Corán no se refiere a la clonación. La opinión islámica es concreta, la opinión referente acerca de la clonación se la debe hacer de manera individual, remitiendo su consideración más a una cuestión ética que propia del Islam.



Para ciertos musulmanes transcurre 40 días antes de que el espíritu (ruh) sea insuflado en el embrión y, para otros, 120 días. Por consiguiente, para el Islam la transferencia nuclear no constituye un conflicto alguno (Palma, 2008).

Según los comentaristas legales musulmanes, se dice se ha aceptado el aborto tanto en el cuarto día como en el cuarto mes de embarazo de manera moral. Un comentario clásico del siglo noveno determina la posición mayoritaria sobre el desarrollo embrionario humano de una manera bastante clara (Walters, 2004).

Se dice que en noviembre del año 2000 se organizó el 3° Taller de Tecnologías de Reproducción Asistida en el mundo Islámico; en el Cairo, Egipto, para tratar acerca de las implicaciones técnicas y éticas de las futuras y nuevas biotecnologías reproductivas. En dicho taller se trató la clonación reproductiva con el fin de crear una nueva persona, de forma idéntica a otra ya nacida, en esta se acepta y promueve la investigación de la clonación terapéutica, particularmente para la formación de células totipotentes, troncales, madre, primordiales; con esto se autoriza el uso de embriones y también los estudios del origen de defectos genéticos en gametos, embriones y fetos (Palma, 2008).

Mediante pruebas y testimonios examinados el Islam propone:

1. Para el Corán junto con sus tradiciones consideran posible la vida humana detectable en las últimas fases del desarrollo biológico del embrión.
2. Durante las primeras etapas de desarrollo el embrión no se le puede considerar como feto que goce de su status;



para esta religión el feto es considerado persona jurídica que goza de que status en los últimas etapas de su desarrollo, por cuanto se constatan una forma perceptible y un movimiento voluntario.

3. Para el Corán entorno cuando se refieren al status moral, es cuando tiene lugar la unión de cuerpo y alma del feto, lo que permite a los juristas hacer una distinción entre la persona biológica y la persona moral (Walters, 2004).

3.2.3. Clonación para el Judaísmo.

Para la religion Judía se cree que podría ser beneficioso la aplicación de la técnica de clonación para sintetizar medicamentos y alimentos. No obstante, para el rabino Elliot Dorff; establece que la clonación se la debería regular pero no prohibirla, es más establece que la clonación en seres humanos se la considera religiosa y moralmente neutral (Huguet, 2004).

La religión judía, cuando se centra en resolver cuestiones bioéticas difíciles, recurre a los textos de la Torá (Torah, palabra hebrea que significa enseñanza, instrucción o más específicamente ley), al igual recurren a las interpretaciones por las autoridades que gocen de reconocimiento en el pueblo judío. El punto de vista del judaísmo se basa en el Misnah, que enfatiza solo lo que está prohibido. Para el pueblo judío en cuanto a sus creencias se rige según el Talmud: posterior al cuadragésimo día es considerado que los embriones tienen alma y una conciencia, lo cual coincide con el inicio de la implantación antes de esto son considerados únicamente como agua (Palma, 2008).



Según el rabino Tendler en 1997, considera que esto sería una especie de dominio del hombre sobre el hombre, a pesar de esto Tendler apoya la clonación en seres humanos en el caso en que exista un problema de infertilidad en la pareja y que a la vez fuese el último de una línea genética (Huguet, 2004).

"Para el jurista y teólogo francés Raphael Brai, si la técnica se emplea con fines terapéuticos hay que debatirla desde una visión ética y colectiva, afirma Sofie Boukhari en un informe publicado en el Correo de la UNESCO en 1999. Ello significa que la innovación tecnológica es permisible, a no ser que haya una razón Halajica para prohibirla" (Palma, 2008).

Para la tradición judía se considera la infertilidad como una enfermedad y por tanto justifica la responsabilidad de curarla. Por otra parte, con relación al trato de los seres humanos como objeto instrumental en la clonación hay que pensar que puede significar una comercialización (Huguet, 2004).

Israel en 1998 prohíbe la clonación reproductiva. Pero en el año 2004 la ley fue extendida por el Parlamento Israelí, por medio de la cual no se permite la clonación de un individuo entero ni los cambios genéticos que afectan a las células reproductivas humanas, para los eruditos judíos no consideran que la violación de la dignidad humana sea la razón primordial para prohibir la clonación (Palma, 2008).

Según los judíos, los grandes beneficios médicos que ofrece la tecnología superan a los riesgos potenciales, para otros, creen que la clonación reproductiva, sin embargo,



podría afectar la estructura familiar cambiando los roles, las relaciones entre sus miembros y sus responsabilidades (Huguet, 2004).

3.2.4. Clonación para el Budismo.

Se considera que la religión budista conforma el grupo más numeroso de Singapur; constituyen un 42,5% de la población. Cuando se referían al tema de la clonación se tuvo que contactar a representantes de esta tradición con el fin de solicitar sus puntos de vista sobre la investigación con células troncales humanas. El Secretario General de la Federación Budista de Singapur respondió en nombre de su tradición, dando permiso a las investigaciones, no sin expresar reservas respecto a la clonación (Walters, 2004).

Para los budistas reflexionar sobre temas de bioética es muy amplia, prevalecen los consejos, incluida la orientación, pero no es el caso como en las religiones anteriores, una opinión internacional que concluya en una única opinión directriz para sus fieles, almacenándose casi con exclusividad en mantener la incertidumbre, pronunciándose por la prudencia y la sabiduría (Palma, 2008).

La religión Budista se opone al daño y a la aniquilación de cualquier ser. Ellos nos enseñan a sentir amor y compasión por todos los seres. Cuando se refieren a la investigación con células troncales humanas, el Budismo realizará una seria observación desde la intencionalidad. Para esta religión si existe la intención de realizar la investigación con el fin de encontrar curas específicamente dirigidas a la terapéutica de los humanos, con intenciones de ayuda y



beneficios a la humanidad, entonces consideraremos que la investigación es ética. Por otro lado, si se lleva a cabo esta investigación de manera lucrativa para obtener dinero a partir de ella, entonces consideraremos que no es ética (Walters, 2004).

4. IMPLICACIONES CIENTÍFICAS DE LA CLONACIÓN

4.1. Definición – Concepto de Clonación.

4.1.1. Definición.

El clonado es la biotécnica que implica la selección genética de un individuo cuyas partes se fusionan conservando su misma identidad. Dicho de otra manera su reproducción es asexual; no hay una unión de óvulos con espermatozoides, aquí interviene la mano del hombre, tomando el material genético de un organismo para obtener otro idéntico denominándose clon (Bustos, et al., 2008).

4.1.2. Concepto.

La clonación proviene del griego ***klon***: que significa retoño; es una técnica en biología que permite la reproducción de organismos sin la necesidad de un par de progenitores, por medio de la multiplicación asexual de donde los organismos obtenidos son copias idénticas al original (Crespo, 2006).

Refiriendonos a la ingeniería genética, la clonación consiste en aislar o multiplicar un gen determinado o de un



segmento de ADN, el mismo que se realizara dentro de un tubo de ensayo (Chuaire, 2004).

4.2. Clonación en Animales.

La clonación consiste en formar un grupo de individuos con el mismo genotipo mediante reproducción asexual; entre la clasificación de los animales encontraremos a los invertebrados marinos como: las hidras, las anémonas de mar, las estrellas de mar su reproducción es por regeneración y en las planarias por escisión. En el caso de la estrella de mar se realiza a partir de pedazo grande, lo cual hace posible obtener un individuo completo (Huguet, 2004).

Partiendo de los principios utilizados en la clonación de la oveja Dolly, se realizaron varias investigaciones, empleando la clonación en distintas especies de mamíferos, producto de esto abundantes resultados tales como cerdos, ovejas, vacas, gatos, roedores y muy recientemente la clonación de una mula, pero lo mismo no se ha logrado con simios (Rev: Selecciones de Bioetica, 2009).

La clonación en animales esta dada por la reproducción asexual produciendose un individuo genéticamente idéntico a su progenitor. No obstante, la clonación de animales no es tan común como en las plantas, debido a que el tejido animal es menos propenso a retener células totipotentes. No se puede comparar el tejido animal con el de las plantas, debido a que de los animales es más complejo (Huguet, 2004).



La finalidad de emplear la técnica de clonación animal es con el motivo de facilitar la manipulación de los animales por su genética, aprovechando la reproducción de los mismos y tratando de rescatar especies que se encuentren en peligro de extinción; por lo tanto el nuevo ADN estará destinado a modificar los genes de los animales. Por otro lado la clonación animal fuese de gran interés para algunas industrias alimentarias y farmacéuticas si se obtuviera productos de alta calidad constante, como leche o carne (Rev: Selecciones de Bioética, 2009).

4.2.1. Mamíferos.

Clonar animales mamíferos domésticos, se es posible mediante la manipulación genética el cual consiste, en preparar el fragmento de ADN que contiene el gen humano, posteriormente se lo une a otro fragmento de ADN correspondiente a un elemento regulador, el mismo que procederá de un gen que promueve la síntesis de una proteína de la leche como es la β -lactoglobulina, la caseína, etc. De esta manera se asegura que el gen humano sólo se expresará en las células de las glándulas mamarias del animal transgénico (oveja, cabra, vaca, cerdo) obtenido tras la inyección del ADN manipulado en el pronúcleo masculino de un cigoto producido por fecundación in vitro (Lacadena, 2002).

La clonación en mamíferos abarca dos campos diferentes:

1. División de embriones donde se realice la separación de blastómeros de un embrión en dos o más, los organismos obtenidos sobreviven y se desarrollan genéticamente como



individuos iguales entre sí pero diferentes a sus progenitores. **2.** Transferencia nuclear, aquí el núcleo de una célula somática se transfiere a otra célula sea esta un ovocito, óvulo o cigoto del cual se ha eliminado su material genético (Huguet, 2004).

Realizar la clonación con mamíferos, implicaba procedimientos técnicamente más complicados a comparación con los anfibios. La obtención de óvulos de mamíferos es más difícil que la de batracios, debido a que los óvulos son mucho menos abundantes y para su extracción se necesita realizar varios procedimientos, los embriones clonados se transplantan al útero obteniendo un embarazo y producto de este un clon de mamífero (Rev: Selecciones de Bioética, 2009).

Por otra parte se dice que los óvulos de mamífero son mucho más pequeños que los de anfibio. El diámetro de los óvulos de anfibio 1200 a 1500 micras mientras que el de un mamífero es tan sólo de 100 micras de diámetro, siendo su fecundación interna, se ha tenido que estudiar la reproducción y el desarrollo inicial de los mamíferos, tratando de desarrollar una serie de técnicas tales como hallar medios semejantes a los que se dan interiormente durante la reproducción de los mamíferos (Huguet, 2004).





Cuadro 1. Cronológica de la clonación en mamíferos por transferencia de núcleos.

Año	AUTORES	ESPECIE	Tipo de célula donadora de Núcleo
1981	Illmensee y Hoppe	Ratón	Indiferenciada: MCI de blastocisto
1982	Hoppe e Illmensee	Ratón	Indiferenciada: MCI de blastocisto partenogenético
1986	Willadsen	Oveja	Indiferenciada: Blastómero de embrión de 8 o 16 células
1987	Prather et al.	Vaca	Indiferenciada: Embrión temprano
1994	Sims y First	Vaca	Indiferenciada: Disco embrionario de blastocisto de 9-16 días
1996	Campbell et al.	Oveja	Indiferenciada: Cultivo celular procedente de disco embrionario de blastocisto de 9 días. Núcleos de estado quiescente. Indiferenciada: Disco embrionario de blastocisto de 9 días. Diferenciada: Fibroblasto fetal de 26 días
1997	Wilmut et al.	Oveja	Diferenciada: Epitelio de glándula mamaria de oveja adulta Núcleos en estado quiescente GO. Dolly
1997	Schnieke et al.	Oveja	Diferenciada: Fibroblasto fetal. Transgénicas.
1997	Meng et al.	Mono	Indiferenciada: Blastómero.
1998	Wakayama et al.	Ratón	Diferenciada: Células ováricas del cúmulo
1998	Cibelli et al.	vaca	Diferenciada: Fibroblasto fetal de 55 días. Núcleos no quiescentes. Terneros transgénicos
1998	Renard et al.	Vaca	Diferenciada: Célula muscular fetal de 60 días y célula epitelial de ternero de 2 semanas de edad
1998	Shiga et al.	Vaca	Diferenciada: Células musculares.
1998	Takahashi et al.	Vaca	Diferenciada: Células epiteliales.
1998	Kato et al.	Vaca	Diferenciada: Células ováricas del cúmulo y células epiteliales de oviducto.





1999	Baguisi et al.	Cabra	Cabras transgénicas.
2000	Lanza et al.	Vaca	Células senescentes.
2000	Polejaeva et al.	Cerdo	Diferenciada: Células granulosas. Método doble transferencia nuclear, primero en ovocito MII y luego en cigoto enucleados
2000	Onishi et al.	Cerdo	Diferenciada: Fibroblasto fetal
2001	PPL Therapeutics	Cerdo	Cerdos clónicos transgénicos con el gen que codifica para la alfa 1,3 galactosil transferasa inactivado para evitar el rechazo agudo en los xenotransplantes.
2002	Shin et al.	Gato	Núcleo procedente del cumulus oophorus.
2002	Renard et al.	Conejo	Diferenciada adulta.
2003	Rider et al.	Carnero (Bos javanicus)	Diferenciada adulta conservada en congelación durante más de veinte años.
2003	Woods et al.	Mulo (Idaho Gem)	Diferenciada: fibroblasto fetal de 45 días.
2003	Galli et al.	Caballo (Prometea)	Diferenciada adulta.
2003	Jang et al.	Cerdo	Diferenciada adulta.
2003	Renard et al.	Rata	Diferenciada adulta.
2003	Westhusin et al.	Ciervo (Dewey)	Diferenciada adulta

FUENTE: (Lacadena, 2002 y Huguet, 2004)

4.2.2. Anfibios.

A finales del siglo XIX, el científico Weismann en 1985 anunció una teoría para explicar el desarrollo de los seres vivos. Según investigaciones por parte de este científico, explica que en cada división celular, las células que nacen tendrían menor información que las que las generan (Huguet, 2004).



Según el científico Hans Spemann en 1938 fue el que enunció la teoría de que el núcleo de una célula somática podría ser transferido a un cigoto una vez que el material genético del cigoto fuese eliminado; pero este científico realiza un experimento dividiendo el cigoto de una salamandra con un cabello; mantiene al núcleo en una de sus mitades, continuando su segmentación. Este investigador propuso la transferencia nuclear en embriología para estudiar el papel que realizaban el núcleo y el citoplasma en el control de los primeros estadios del desarrollo embrionario. Sin embargo, los mayores logros con relación a la clonación en animales vertebrados se remontan a la década de los 50 del siglo pasado cuando se realizaron los primeros experimentos de clonación en anfibios por transferencia nuclear (Arias, 2004).

Investigaciones realizadas por los científicos Briggs y King 1952-1957 en la *Rana pipiens*, dichos estudios realizados consistieron en extraer núcleos de células somáticas de embriones, núcleos de células de blástula, gástrula, néurula y renacuajos, posterior a esto se insertan en ovocitos de ranas no fertilizadas a las que les han removido el núcleo, seguido de esto se comprueba que dichos núcleos podían volver a originar un desarrollo normal. Briggs y King establecieron que un número significativo de óvulos enucleados podían desarrollar embriones e incluso renacuajos (Pettinari, 2004).

Briggs y King explican que de los 197 embriones reconstruidos, 104 iniciaron su desarrollo, 35 se convirtieron en embriones y 27 llegaron a renacuajos, demostraron que los núcleos de células de blástula que habían superado la etapa bicelular o tetracelular retenían la totipotencia, como





podía comprobarse al situarlos en un adecuado entorno citoplásmico. Por tanto, habían logrado los primeros clones por el método de transferencia nuclear ; concluido esto observaron que el desarrollo se completaba con normalidad pero que disminuía paulatinamente su capacidad de desarrollo normal si se utilizaban núcleos procedentes de estadios más avanzados (Huguet, 2004).

Un equipo de investigadores británicos liderado por Michael Fischberg, decidieron utilizar esta especie por dos razones:
1. Alcanzaba fácilmente la madurez sexual en laboratorio y
2. Esta rana poner huevos durante todo el año inyectándole determinadas hormonas de mamíferos. Esta rana fue la ideal porque nos permitía realizar la transferencia nuclear (Sánchez, 1879).

En investigaciones posteriores, se utilizó núcleos de células de renacuajos albinos los cuales fueron transplantados a ovocitos enucleados de renacuajos del tipo Silvestre pero no eran albinos y se obtuvieron embriones clonados de renacuajos que eran albinos, ya que dichos embriones procedían de núcleos donadores del tipo albino. El objetivo fundamental de la *serial nuclear transplantation* era producir un gran número de individuos genéticamente idénticos, es decir incrementar la eficiencia en la clonación debido a una doble exposición en el citoplasma del ovocito y también debido a que la transferencia nuclear se realizaba a partir de células embrionarias y no mediante células somáticas diferenciadas que eran más complicadas de clonar (Huguet, 2004).





4.3. Clonación Humana.

La clonación humana es uno de los temas más discutidos hoy en día, es decir, es querer hacer una copia genética de un ser humano en un laboratorio; tratando de obtener individuos dotados de ingenio y belleza, esto nos llevaría a tratar de recuperar a familiares difuntos e incluso tratar de escoger hijos sin defectos, por este motivo la clonación humana se contrapone en su esencia; porque al hombre se lo debe tratar en todos los casos como fin y valor y nunca como un medio. Por esta razón al avance tecnológico se lo considera como una arma peligrosa que en las manos equivocadas puede resultar fatal para los humanos y para su base ético y moral (De Landaeta, 2007).

Para explicar el desarrollo de la clonación en humanos se debe tener presente las fases del desarrollo embrionario. Se partirá de un embrión antes del día 14, por lo tanto en la reproducción humana se distinguen cuatro etapas:

- 1^a: Gametos → fecundación → cigoto.
- 2^a: Cigoto → mórula → blastocisto → anidación.
- 3^a: Anidación → feto.
- 4^a: Feto → nacimiento (Huguet, 2004).

Dicho de otro modo los seres humanos nos reproducimos sexualmente mediante la unión de dos células especializadas: óvulo y espermatozoide provenientes cada una de dos seres humanos de diferente sexo, combinándose estas dos llegando a ser uno solo (Crespo, 2006).

Basta con un espermatozoide para que se de la fecundación; pero cabe destacar que sólo 300 a 500 espermatozoides llegan al sitio de fecundación siendo que



200 a 300 millones de espermatozoides son depositan en el tracto genital de la mujer; si uno es el fecundante, el resto de espermatozoides ayudan a atravesar las barreras que protegen al gameto femenino (Huguet, 2004).

Pero ahora en el siglo XX se da la posibilidad de ayudar a los seres humanos infértiles o con problemas en su reproducción sexual; mediante las llamadas técnicas de la reproducción asistida: inseminación artificial y fecundación in vitro, en las que hay unión de las dos células germinales, bien dentro o fuera del vientre materno, pero con su evolución dentro de un útero (Crespo, 2006).

Dicho de otro modo, se considera que la fecundación y la activación del desarrollo se produce aproximadamente 12-14 horas después de la ovulación, donde la fecundación del óvulo tiene lugar en la parte superior de las trompas de Falopio, Foto 2 (Huguet, 2004).

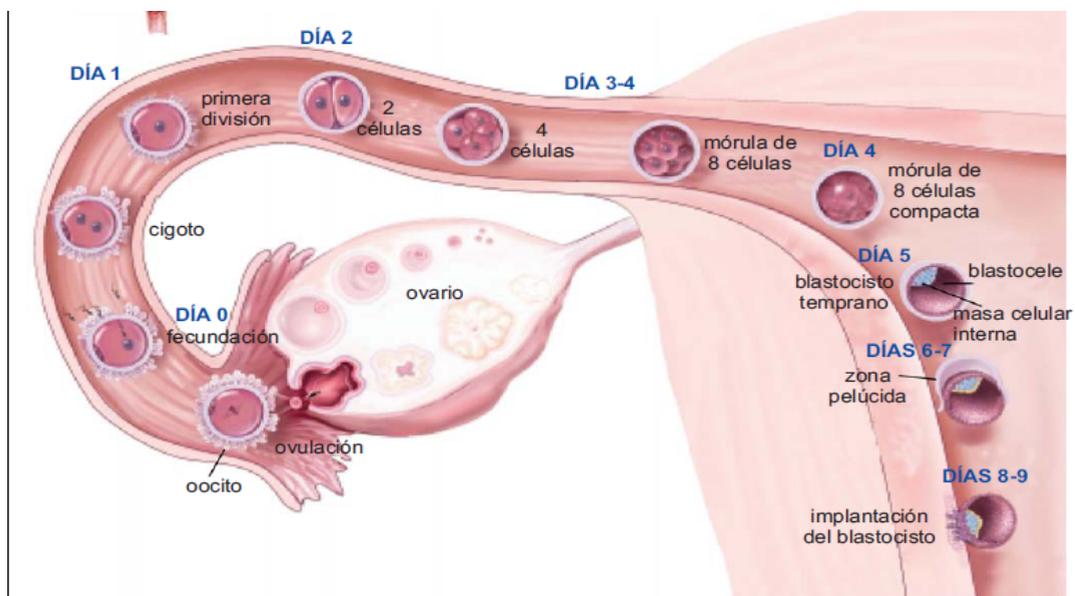
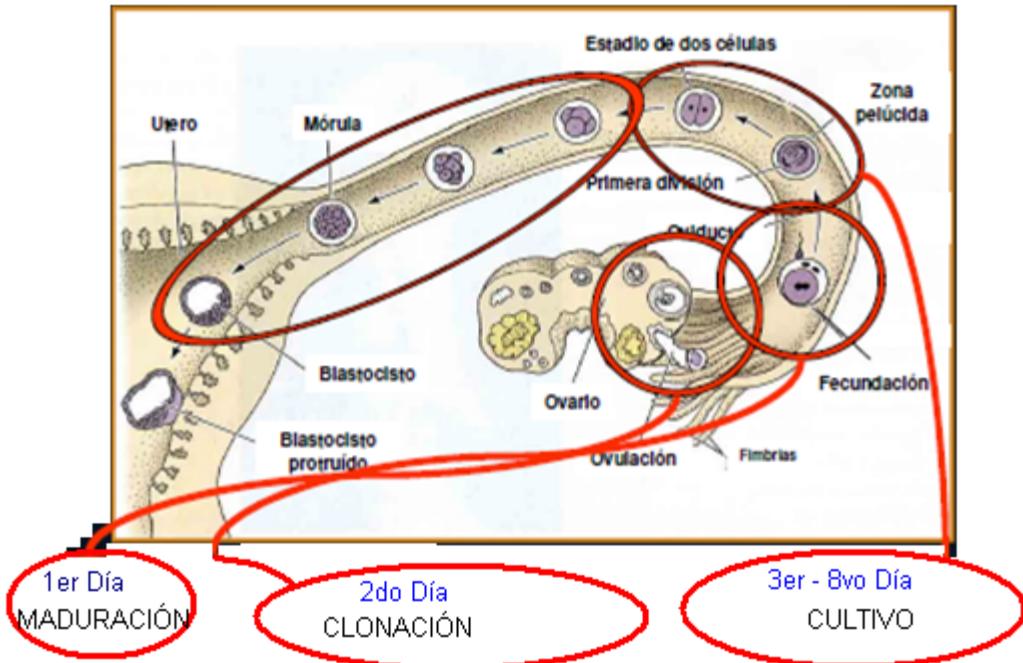


Foto 2. Fecundación del ovulo. Proceso de Clonación.

FUENTE: (Mucci, 2010).



Cuadro 2. Cronología sobre el proceso de reproducción humana.

TIEMPO	ESTADIO DE DESARROLLO
0	La fecundación, que ocurre en trompas de Fallopio, da lugar al cigoto o célula inicial única con los dos pronúcleos de origen masculino y femenino
36 horas	Embrión de 2 células (blastómeros) que inicia el camino hacia el útero.
60 horas	Embrión de 4 células.
3 días	Embrión de 6-8 células.
4 días	Mórula: 16 células (todavía totipotentes) que forman un grupo compacto. Continúa la división hasta 32-64 células. Llega al útero y comienza la implantación o anidación.
5-7 días	Blastocisto: las células continúan dividiéndose hasta alcanzar un número aproximado de 100 y crean una cavidad central (blastocelo), formándose una capa externa (trofoectodermo o trofoblasto, que originará la placenta y otras membranas extraembrionarias) que rodean a un grupo de 20-30 células que quedan pegadas a la pared interior (masa celular interna o embrioblasto). Las células de la Masa Celular Interna (MCI) son pluripotentes.
14 días	El blastocisto termina la anidación. La MCI da lugar al disco embrionario de un diámetro de 0.5 mm que contiene unas 2000 células. Aparece la línea primitiva.
3ª semana	En el proceso de gastrulación se transforma el disco embrionario bilaminar en trilaminar (ectodermo, mesodermo, endodermo). El embrión crece hasta 2,3 mm de longitud. Empiezan a aparecer los primordios que originarán los principales órganos.
Final de 8ª semana	Paso del embrión a feto, que contiene ya el diseño prácticamente completo del nuevo individuo.

FUENTE: (Lacadena, 2002)





4.3.1. Clonación Reproductiva.

Refiriendonos al tema de la clonación reproductiva, hasta el momento este tipo de clonación humana no ha podido realizarse. Pero si ha existido rumores, por parte de las sectas religiosas y pseudocientíficas, de la creación de un ser humano clonado, sin embargo en ningún momento se ha presentado a la luz pública ni existen pruebas que afiermen lo manifiesto (Díaz, 2006).

Clonación reproductiva es aquella que utilizará el embrión, en su fase de pre-implantación, para una investigación con la finalidad sobre todo terapéutica para el bien de la especie (Humanitas, 2004).

La clonación reproductiva se la puede considerar como una alternativa de reproducción asistida; aparentemente no ofrece ventajas respecto de otros métodos salvo casos muy excepcionales de transmisión de enfermedades genéticas recesivas, en que la combinación de genes de los padres determina la enfermedad (Anales de la Facultad de Medicina, 2002).

Actualmente científicos aceptan que este tipo de clonación aún no está en la posibilidad de producir con éxito clones humanos, hay ciertas limitaciones por cuanto la técnica no es 100% confiable por cuanto puede darse el caso de mutaciones, pero se considera que en el caso de la clonación animal, el índice de éxito aún es muy bajo y teniendo como consecuencia la necesaria destrucción de cientos de embriones, es imposible afirmar ahora que se



puede trabajar con embriones humanos con más efectividad (Díaz, 2006).

Mediante el uso de la tecnología, este tipo de clonación persigue que nazca un individuo clónico idéntico a su padre y/o madre. Este método de creación es asexual y no necesita de la participación de miembros de los dos sexos para crear a un niño; este método se realiza de la siguiente forma: se toma una célula a la que se extrae el núcleo y este se reintroduce en un óvulo al

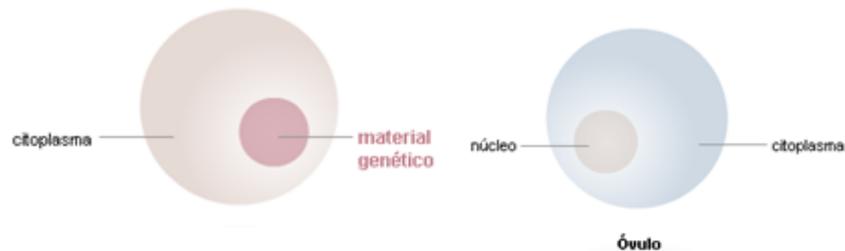
que previamente se le ha extraído su propio núcleo. El embrión resultante crece en el laboratorio durante unos días hasta el estado de blastocisto y posteriormente se implanta en el útero de cualquier mujer (López, 2006).

Esta técnica es la más posible a ser utilizada para obtener individuos clónicos de otro individuo ya existente, es la técnica más cuestionada y polémica a nivel mundial. Son muchos los que creen que clonar seres humanos es una aberración y que acabaríamos creando hijos a nuestro gusto y capricho (Lacadena, 2004).



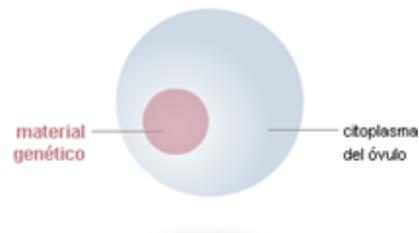
Nota 1. Clonación en humanos: obtención de bebés genéticamente idénticos a otro individuo o utilizar los embriones para la investigación con células madre.

FUENTE: Página web: <http://www.find-docs.com/clonacion-doc.html>



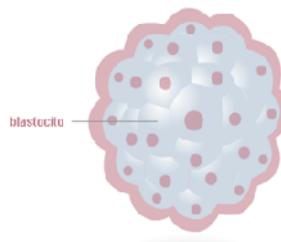
Nota 2. Se extrae una célula del individuo que se quiere clonar.

FUENTE: Página web: <http://www.find-docs.com/clonacion-doc.html>



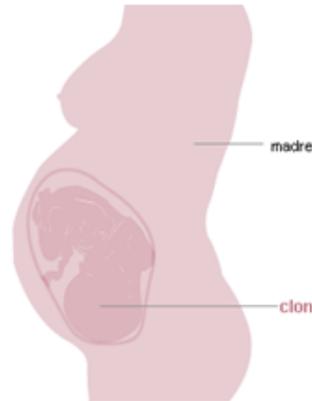
Nota 3. La fusión del material genético y del citoplasma del óvulo se realiza mediante una descarga eléctrica.

FUENTE: Página web: <http://www.find-docs.com/clonacion-doc.html>



Nota 4. En laboratorio se comprueba que el futuro embrión no tenga malformaciones. Al igual que en la fecundación in vitro se realiza varias fecundaciones, aquí se usan varios clones para obtener suficientes embriones como para descartar los que tengan malformaciones.

FUENTE: Página web: <http://www.find-docs.com/clonacion-doc.html>



Nota 5. El individuo que se obtiene de la clonación tiene exactamente la misma información genética del original.

Foto 3. La clonación humana.

FUENTE: Página web: <http://www.find-docs.com/clonacion-doc.html>

4.3.2. Clonación Terapéutica.

La clonación terapéutica es aquella de la cual partiremos de embriones con fines terapéuticos cuya finalidad será obtener células y tejidos clonados con el único objeto de utilizarlos en el estudio, curación y tratamiento de las enfermedades y padecimientos que aquejan al ser humano (Díaz, 2006).

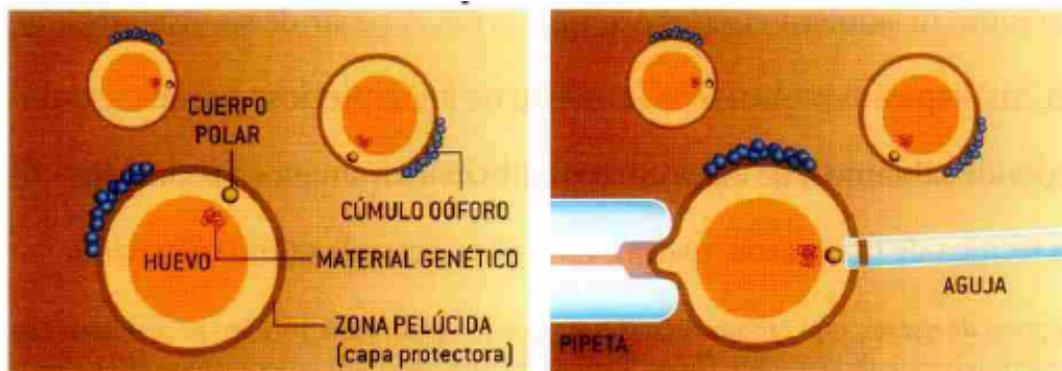
Se considera clonación terapéutica aquella que tiende al desarrollo completo del sujeto obtenida mediante implantación de embriones humanos como animales, los cuales fueron colocados en el útero de la receptora con fines reproductivos para futuras generaciones (Humanitas, 2004).

La clonación terapéutica consiste en manipular genéticamente embriones humanos o animales deteniendo



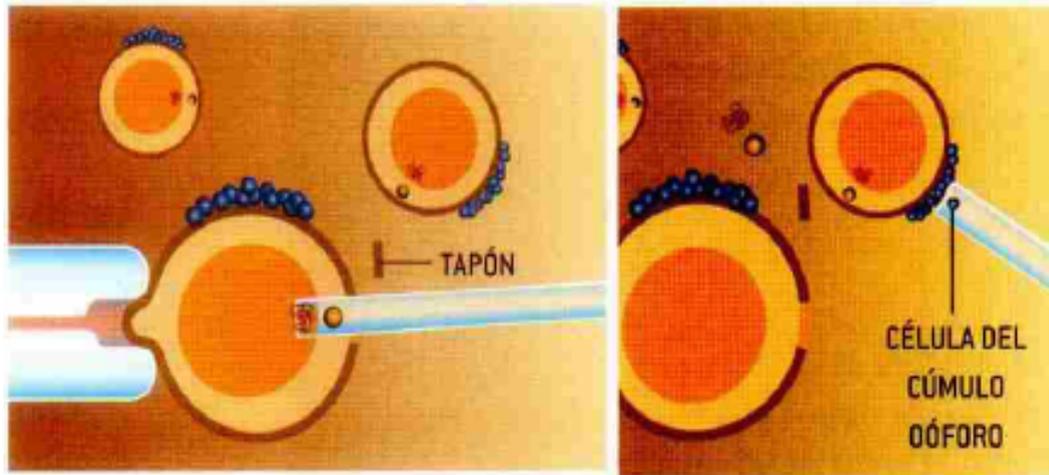
artificialmente su evolución hacia los catorce días, se extraen de él, ese embrión incipiente o preembrión células que se van a llamar precisamente células madre embrionarias, todo esto servirá para encontrar la cura a problemas de salud que son incurables hoy en día (López, 2006).

Este tipo de clonación es también muy controvertido ya que muchos opinan que los experimentos de la clonación terapéutica de un embrión humano, tiene la finalidad de obtener células-madre para tratar determinadas dolencias. Con esto no se pretende crear un ser humano; pero el problema es que al momento de la obtención de células totipotenciales hay una etapa en la que el óvulo activado está formado por células, denominándose a este como embrión; que tendrían la capacidad de formar un ser humano completo, en el caso de ser implantado en el útero (Anales de la Facultad de Medicina, 2002).



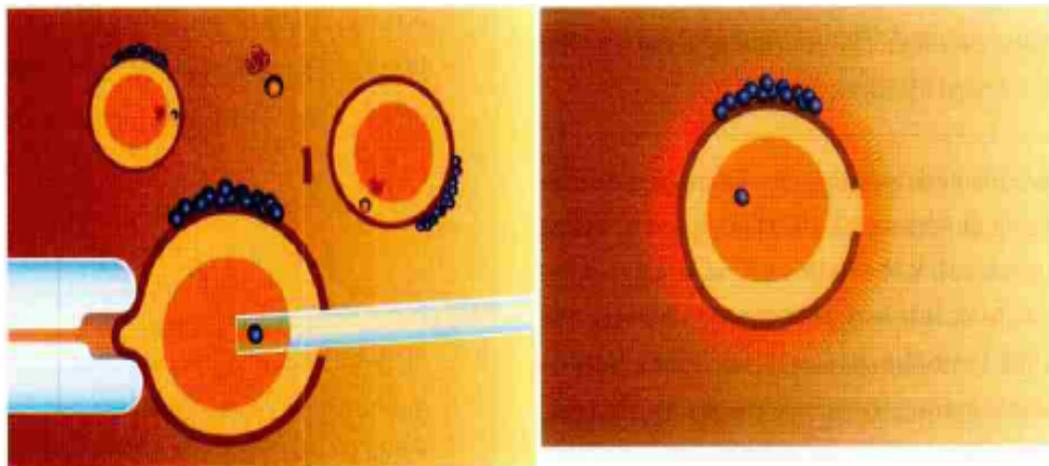
1 Se induce la maduración de los óvulos, cada uno de los cuales posee una célula huevo remanente (llamada cuerpo polar) y células del cúmulo oóforo del ovario adheridas a él.

2 Mientras un óvulo es mantenido en su lugar con una pipeta, se usa una aguja para perforarlo a través de la zona pelúcida, removiendo un tapón.



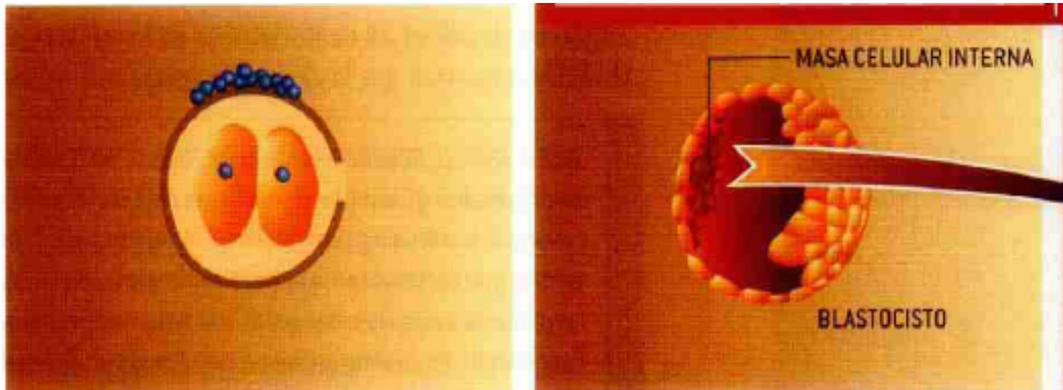
3 Después de que se remueve el tapón, la aguja se inserta de nuevo por el orificio para retirar y desechar el cuerpo polar y el material genético del óvulo.

Con una aguja se toma una célula del cúmulo oóforo de otro óvulo. También se pueden emplear fibroblastos o sus núcleos.



5 Se inyecta la célula del cúmulo oóforo dentro del óvulo que ha sido privado de su material genético.

6 El óvulo inyectado se expone a una mezcla de sustancias químicas y factores de crecimiento designados para activar su división.



7 Después de 24 horas, los *óvulos activados* comienzan a dividirse. Las células contienen material genético proveniente únicamente de la célula del *cúmulo oóforo* inyectada.

8 Para el cuarto o quinto día, se forma una esfera hueca de unas cien células. Ésta sostiene a la masa celular interna que contiene las células madre.



El blastocisto se rompe, y la masa celular interna se hace crecer en una placa de cultivo para obtener células madre.

10 Se puede inducir a las células madre a que se conviertan en una variedad de células que podrían inyectarse en pacientes.

Foto 4. Clonación Terapéutica.

FUENTE: (Cibelli, et al., 2002).

5. IMPLICACIONES TÉCNICAS DE LA CLONACIÓN

5.1. Técnicas de la Clonación.



Mencionaremos tres técnicas existentes que han sido utilizadas en animales de granja o de laboratorio para producir embriones genéticamente idénticos (Navarro, 2003).

5.2. Tipos de Técnicas de Clonación.

5.2.1. Partición o división de embriones.

Según investigaciones realizadas se consideraba que en la década de los 70 que los embriones en fases tempranas de la segmentación no sobrevivirían después de una microcirugía. Pero en los años 80 se demostró que las mórulas y blastocistos de los animales domésticos eran capaces de desarrollarse después de una partición y producir nacimientos viables. Actualmente la partición de embriones permite la producción de gemelos idénticos al dividir el embrión original por métodos microquirúrgicos (Navarro, 2003).

En una técnica en la cual se utilizará embriones octocelulares, en etapa de preimplantación. A partir del embrión seleccionado, se toman mitades o secciones que posteriormente se introducen dentro de zonas pelúcidas naturales o artificiales (Narbón, 2008).

Se considera que el número de células que tenga el embrión no solo limita el número de segmentos en que pueda dividirse, sino que también tiene incidencia sobre otros aspectos. Se está utilizando embriones en etapa de mórula o blastocisto; con esta estrategia se permite utilizar una de las secciones para otros fines experimentales como



la determinación del sexo del embrión, mientras que el resto se cultiva o congela para después transferirse a hembras receptoras previamente sincronizadas para mantener la gestación (Navarro, 2003).

Se empieza efectuando la implantación del producto en el endometrio, el número máximo de células del embrión, no puede ser superior a 8, porque a partir de este momento, se inicia la expresión del genoma embrionario. Los individuos obtenidos son prácticamente idénticos entre sí, aunque diferentes a los progenitores, por lo cual se considera que son el equivalente de los gemelos monocigóticos (Narbón, 2008).

A los embriones que se los encuentra en etapa de blastocisto son seccionados de manera que se dividan en dos partes iguales tanto la masa celular interna (MCI como el trofoectodermo). Para esto se recomienda emplear soluciones que deshidraten ligeramente al embrión como la sacarosa, con lo que se reduce el daño al trofoectodermo durante su partición (Navarro, 2003).

Esta es la técnica que empleó Ian Wilmut en 1999, para la clonación de animales de granja. Claro ejemplo de esta técnica está como resultados obtenidos las ovejas Megan y Morag, del Roslin Institute obtenidas en el 2000 (Narbón, 2008).

Se trata de explicar que una vez cortadas, las mórulas compactas y los blastocistos no necesariamente deben ser introducidos a zonas pelúcidas, teniendo una sobrevivencia aceptable al ser transferidas en hembras receptoras; a pesar de la existencia de informes que indican tasas de



supervivencia de 15% en medios embriones o demi-embriones sin zona pelúcida y de 35% cuando se transfieren con zona pelúcida (Navarro, 2003).

Cuadro 3. Factores que afectan las Tasas de Gestación en la Partición de Embriones.

Factores	Consideraciones
Calidad morfológica	Mejores los de grados 1 a 2
Fase de segmentación de los embriones	Mejores resultados y con mayor tasa de gestación en blastocistos que con mórulas
Número de secciones en las que se divide al embrión	Los medios embriones (demi-embriones) sobreviven mejor en el útero que los cuartos embriones. Los cuartos embriones carecen de MCI funcional, viabilidad reducida.
Presencia de zona pelúcida	Resultados controversiales, necesaria en algunos casos o con escasa diferencia.
Sistema de cultivo de los embriones partidos	Mejor en oviductos ligados que in vitro.
Número de demi-embriones transferidos a hembras receptoras	Relación directa entre el número de demiembriones transferidos y la tasa de gestación.
Preservación	Menor probabilidad de supervivencia de demi-embriones congelados
Sexo	Afectado por la manipulación y el cultivo de los embriones, mayor pérdida de embriones femeninos.

FUENTE: (Navarro, et al., 2003).



5.2.2. Separación y cultivo de blastómeros aislados.

Esta técnica se ha utilizado en los equinos, donde se ha realizado la separación de blastómeros de embriones previos a su implantación para efectuar estudios de diagnóstico de enfermedades genéticas. En ellos se ha determinado la viabilidad de los embriones analizados después de su transferencia en hembras receptoras, encontrándose tasas de gestación de 21%. En humanos esta técnica también han sido utilizados en estudios de biopsias de embriones en diferentes etapas de segmentación con la finalidad de dar alternativas a los estudios de diagnóstico prenatal, evaluando a su vez el desarrollo embrionario *in vitro* con el propósito de que se seleccionen los mejores embriones capaces de desarrollarse en blastocistos y congelarlos mientras se evalúan sus blastómeros aislados (Navarro, 2003).

El blastómero inicial se divide y se obtiene un embrión de cuatro células, y su progenie dará origen al trofoblasto 5. Del primero de los dos blastómeros en que se divide el cigoto se originan las células que van a colocarse en el interior de la mórula, tras la etapa de compactación, al tercer día de vida (Moratalla, 2009).

En esta técnica implica la remoción de la zona pelúcida, ya sea por métodos químicos, mecánicos o enzimáticos, para posteriormente obtener los blastómeros mediante aspiración, extrusión o disminución de sus interacciones en soluciones libres de Ca^{2+} y Mg^{2+} . En el ratón se han obtenido gemelos idénticos removiendo la zona pelúcida de



embriones de dos células y cultivándolos separadamente previo a su transferencia (Navarro, 2003).

Según investigaciones se explica que los blastómeros no solo son desiguales entre sí, sino que además lo son respecto al cigoto del que proceden: poseen en su membrana componentes mediante los cuales interaccionan específicamente, constituyendo una unidad orgánica bicelular (Moratalla, 2009).

También se ha utilizado en otras especies como porcinos y ovinos el éxito del experimento se ha determinado como dependiente de diversos factores. Ocurriendo una baja eficiencia en la obtención de fetos se debe a la baja sobrevivencia *in vivo* de embriones libres de zona pelúcida en fases previas a la compactación, existe una tasa de nacimientos, la que se aumentará si se utilizan embriones encapsulados en gel de agarosa (Navarro, 2003).

5.2.3. Transferencia nuclear.

Transferencia nuclear como su nombre consiste en transplantar el núcleo de células especializadas en huevos u oocitos fecundados, cuyos núcleos han sido previamente quitados, esta técnica es la que actualmente se está utilizando en la llamada clonación terapéutica. Una vez transplantado, el núcleo especializado parece sufrir una “reprogramación”, adquiriendo las características de un núcleo de oocito. La posible utilidad de esta técnica es evitar el rechazo de un injerto (Sánchez, 2002).





La transferencia nuclear, comúnmente se la identifica como clonado o clonación, es la biotecnología que permite la producción asexual de un individuo idéntico al material nuclear con la que se generó. La transferencia nuclear o clonación de células somáticas se ubica cronológicamente en la cuarta generación de la biotecnología. Como referencia de ésta técnica se tomo el nacimiento del primer clon mamífero, originado de una célula adulta diferenciada, experimento de Wilmut, 1997 nace la famosa oveja Dolly, Foto 5 (Palma, 2008).



Foto 5. Ian Wilmut con el primer mamífero clonado, la oveja "Dolly".

FUENTE: (Palma, 2008)

La transferencia nuclear es la técnica consiste en la fusión de una célula adulta con un óvulo, con el fin de crear un embrión que tenga la misma carga genética que el donante de la célula, esta es parecida a la técnica utilizada para clonar a la oveja Dolly (Maírena, Zamora, 2002).

Dicha técnica se originó con la idea del premio Nobel por el alemán Hans Spemann en 1938 (Foto 6), quien propuso la transferencia nuclear como un experimento que surge a primera vista algo fantástico, quizá pudiera aportar



información decisiva sobre esta cuestión. Con este experimento e quería demostrar que hasta los núcleos de células diferenciadas pueden iniciar un desarrollo normal con el protoplasma de un huevo. Spemann 1928 fue quien, con ayuda de un cabello seccionó un embrión de salamandra, la continuación de los experimentos con anfibios condujo al nacimiento de ranas obtenidas a partir de la clonación con las células intestinales de *Xenopus laevis* (Palma, 2008).



Foto 6. Hans Spemann 1869, †1941. Premio Nobel de medicina 1935.

FUENTE: (Palma, 2008).

Pruebas realizadas afirman que la técnica del trasplante nuclear produce errores en todas las etapas del desarrollo y tras el nacimiento, produciéndose la muerte de los clones como resultado de diferentes anomalías. Pero para el científico Ian Wilmut, quien fue el primero en utilizar esta técnica para la generación de la oveja Dolly, la describe: “cloning by the present methods is a lottery, a stochastic process” (Sánchez, 2002).



Investigaciones realizadas por Brem 1997, la clonación se puede obtener por medio de 4 métodos:

1. División microquirúrgica, puede realizarse con embriones en estadíos de mórula y blastocistos con un número limitado de dos embriones (Palma, 2008).

2. Clonación quimérica, esta consiste en el sustitución de células blastómeros de embriones en estadío más evolucionado de desarrollo por células embrionarias de estadíos más tempranos, esta técnica se utiliza para desarrollar quimeras idénticas (5-8) con el fin de estimular el desarrollo de embriones (Sánchez, 2002).

3. Clonación de embriones mamíferos con células embrionarias de mórulas en estadíos precavitacionales como donantes del núcleo y ovocitos receptores, constituyó en paso previo a la tecnología que revolucionaría tanto el concepto biotecnológico como el biológico de diferenciación celular (Maírena, Zamora, 2002).

4. Clonación por transferencia nuclear con células somáticas. Esta técnica hizo posible el nacimiento de Dolly, a este descubrimiento lo siguió Campbell 1996, (Foto 7) que una célula en la fase de G0, independientemente de su estado de diferenciación, puede retornar a su estado totipotente y generar un nuevo individuo. De ese trabajo nacieron las ovejas Megan y Morag, producto de la clonación de células embrionarias (Palma, 2008).





Foto 7. Keith Campbell. Biólogo británico conocido por sus estudios en el campo de la clonación.

FUENTE: (Palma, 2008).

En el proceso a realizarse en un laboratorio, se procede a extraer el núcleo de la célula huevo y en el espacio libre se insertará, el núcleo de una célula adulta, por ejemplo: se podrá emplear células de piel, ya que estas contienen los genes del donante. Por un proceso desconocido hasta hace muy pocos años, unas sustancias químicas dentro del óvulo convencen a la nueva mezcla de que se comporte del mismo modo que un embrión y que sus células comiencen a dividirse. A los cuatro o cinco días, la masa de células forma lo que se conoce como un blastocito, del que pueden ser extraídas las células «madre», también llamadas células embrionarias stem o troncales, por su capacidad de dar lugar a otras células (Maírena, Zamora, 2002).



Cuadro 4. Primer informe de nacimientos de clones de diferentes especies.

ESPECIE	AUTORES	ANO
Ovina	Wilmut y col.	1997
Bovina	Cibelli y col.	1998
Caprina	Baguisi y col.	1999
Porcina	Polejaeva y col.	2000
Felina	Shin y col.	2002
Leporina	Chesne y col.	2002
Equina	Galli y col.	2003
Mula	Woods y col.	2003
Murina	Zhu y col.	2003
Canina	Lee y col.	2005

Fuente: (Palma, 2008)

Según hipótesis de Campbell, que revolucionó la biología celular, sostiene que la inducción a la quiescencia de una célula donante (G0), se dice puede modificar la estructura de su cromatina y contribuir así a la reprogramación del desarrollo posterior Figura. 1, (Palma, 2008).

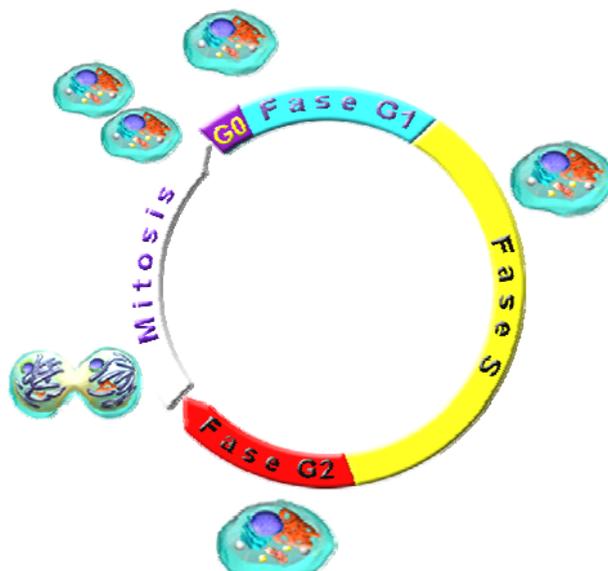




Figura 1. El ciclo celular de los mamíferos, Interfase: comprende los períodos G1, S, G2. Mitosis, **G0**: inactividad celular (ausencia de división), **G1**: crecimiento celular, la célula contiene el número diploide ($2n$) de ADN, **G2**: preparación para la mitosis, la célula contiene el doble de ADN ($4n$) y **S**: síntesis de ADN.

FUENTE: (Palma, 2008)

La transferencia de núcleos diploides a ovocitos o cigotos enucleados, tiene como importancia del citoplasma de la célula al mandar las instrucciones moleculares a la información genética del núcleo para iniciar el proceso de desarrollo embrionario justificando el tipo de células utilizadas como receptoras (Lacadena, 2004).

La transferencia nuclear significó un paso biotecnológico, pero a la vez esto se contradecía y como consecuente se tiene dos paradigmas:

- 1.) Las células embrionarias diferenciadas son modificadas irreversiblemente
- 2.) Las células somáticas de mamíferos adultos no se puede re-programar para desarrollar embriones (Palma, 2008).

Sus aplicaciones en reproducción animal son tan infinitas, pero a su vez son de gran ayuda para futuras proyecciones; por cuanto su aplicación como terapia regenerativa, consiste en obtener células madres a partir de embriones y estas a su vez podrán ser utilizadas para curar enfermedades o lesiones, como posibilidad alterna también podrán ser empleadas para la conservación de especies y



razas en peligro de extinción, un breve ejemplo el panda gigante Saegusa 1998. Foto 8, y el bos gaurus, Foto 9, son especies que se trata de conservar; por tanto se considera la terapia regenerativa como una ventaja para reproducir organismos difíciles, que en su medio natural no han logrado procrearse(Lacadena, 2009).



Foto 8. Panda gigante "especie en peligro de extinción".

FUENTE: (Molina, 2007)



Foto 9. Bos gaurus "especie en peligro de extinción".

FUENTE: (Molina, 2007)



5.3. Fines de los distintos Tipos de Clonación.

5.3.1. De la Gemelación artificial:

Es la resultante de la división de embriones por bisección o separación de blastómeros en los primeros estadios de desarrollo embrionario, de donde los productos obtenidos son clónicos idénticos a sus progenitores (Lacadena, 2009).

Se la considera semejante o análoga con la gemelación natural. En este tipo de clonación los individuos son muy semejantes entre sí, pero diferentes a sus padres (Maírena, Zamora, 2002).

- En animales:

- Contribuye en la investigación básica.
- Ayuda a mejorar de FIV.
- Mejora de fertilidad de las especies empleadas.

- En humanos:

- Ayuda en la FIV, para mejorar resultados en mujeres con pobre estimulación ovárica.
- Gemelos idénticos separados en el tiempo (Láñez, 2009).

5.3.2. De la Paraclonación:

Son aquellos núcleos transferidos procedentes de células embrionarias no diferenciadas (Lacadena, 2009).

También se le considera como transferencia de núcleos procedentes de blastómeros embrionarios o de células fetales en cultivo, a óvulos no fecundados enucleados, o a



zigotos enucleados. El progenitor de los clones es el embrión o feto (Corella, et al., 2007).

Relativamente esta técnica consiste en inyectar núcleos de células madre embrionarias en cultivo, dentro de oocitos enucleados y, a veces, de cigotos nucleados. Los blastómeros se obtendrán a partir de varias fuentes como la masa celular interna o el trofoectodermo de embriones preimplantados sus núcleos son transferidos dentro de oocitos enucleados. Los individuos logrados son casi idénticos entre sí, aunque diferentes a los padres del embrión que aportó el núcleo transferido (Narbón, 2008).

- En animales:

- Individuos idénticos para investigación.

- Producción ganadera.

- Junto con clonación, para biotecnología: tejidos humanizados, granjas farmacéuticas.

- Fuentes de tejidos, para xenotrasplantes.

- En humanos:

- Investigación básica y aplicada

- Terapia Para enfermedades mitocondriales que producen ceguera o epilepsia: transferencia del núcleo del embrión hasta un óvulo-zigoto receptor (Láñez, 2009).

5.3.3. De la Clonación verdadera:

Son todos los núcleos transferidos procedentes de células diferenciadas adultas, fetales o embrionarias (Lacadena, 2009).



Es la transferencia de núcleos de células de individuos adultos a óvulos o cigotos enucleados. Originando así individuos casi idénticos entre si y muy parecidos al donante y diferentes en el genoma mitocondrial del óvulo receptor (Corella, et al., 2007).

- En animales:

- Mejoramiento en biomedicina, mayor producción de medicamentos, producción de órganos para xenotrasplantes: cerdos transgénicos con factor inhibidor de complemento humano.
- En la ganadería servirá para obtener de animales transgénicos y producir proteínas terapéuticas.
- Ayudará a producir de la leche una proteína de la que carecen los enfermos del enfisema pulmonar congénito, la misma que se obtendrá de ovejas simultáneamente clónicas y transgénicas.
- Servirá para salvar a especies en extinción (Narbón, 2008).

- En humanos:

- Clonación reproductiva, facilitando la creación de un individuo clónico.
- Cuestiones de eficacia como el caso de Dolly, en humano necesitaríamos de 200 mujeres.
- Descubrimientos recientes han visto que con el líquido de aspiración del folículo ovárico se pueden obtener muchos folículos preantrales que se pueden madurar en laboratorio hasta ovocitos maduros.
- Tratar de obtener células madres e inducir a diferentes tejidos.
- Esta técnica provocó la reacción mundial, acerca de la clonación humana provocando desafíos en las personas como mortales que se nos considera (Lacadena, 2009).



6. IMPLICACIONES BIOLÓGICAS DE LA CLONACIÓN.

En la actualidad a la clonación se la considera significativamente ineficiente, a ello se debe a las grandes limitaciones que tienen el ovocito de reprogramar el núcleo de la célula y que provocan tasas significativamente altas de muerte embrionaria, fetal, perinatal y neonatal (Cuadro 5), como también anomalías de clones, Foto 10 (Palma, 2008).

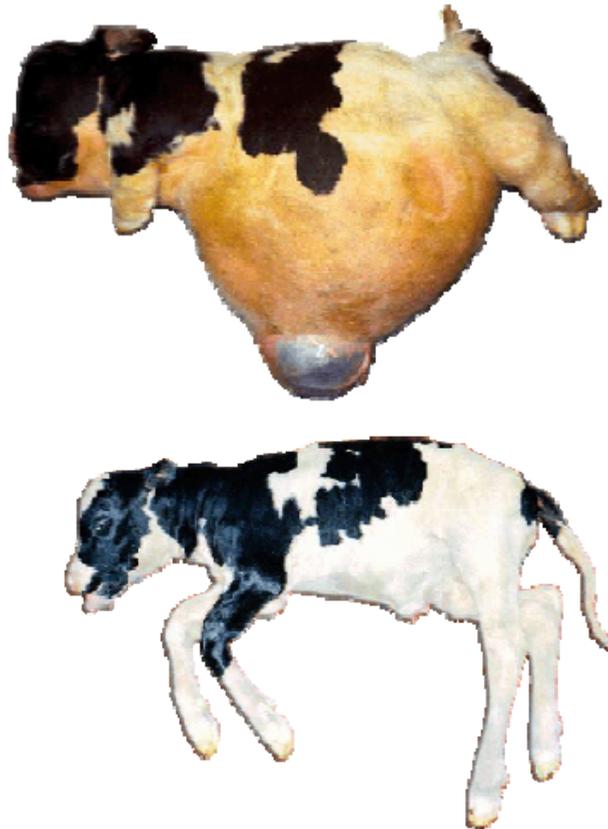




Foto 10. Fetos clonados muertos, 2 semanas antes de término, desarrollados en la misma receptora. Primera documentación gráfica de las anomalías anatómicas de un feto bovino clonado (abajo.) comparado a su hermano gemelo normal

FUENTE: (Palma, 2008).

Cuadro 5. Problemas detectados en bovinos, ovinos y murinos

-
- ♣ Anomalías placentarias.
 - ♣ Crecimiento fetal excesivo (LOS, síndrome de la descendencia grande)
 - ♣ Nacimiento del feto muerto, hipoxia, falla respiratoria y problemas circulatorios, caída del vigor post-natal.
 - ♣ Incremento de la temperatura corporal al nacimiento
 - ♣ Malformaciones de aparato urogenital (hidronefrosis, hipoplasia testicular.
 - ♣ Malformaciones del hígado y cerebro.
 - ♣ Disfunción inmunitaria, hipoplasia linfóide, anemia, atrofia de timo.
 - ♣ Infecciones bacterianas y virósicas.
 - ♣ Insuficiencia cardíaca izquierda
 - ♣ Baja saturación de oxígeno
 - ♣ Acidosis láctica
 - ♣ Falta de reflejo de succión

FUENTE: (Palma, 2008 y Mucci, 2010)

6.1. Factores críticos que limitan el éxito de la clonación.

6.1.1. Técnicos:

- Manipulación.
- Coordinación nuclear célula/ovocito.
- Activación (Mucci, 2010).



6.1.2. Biológicos:

- Fuente de ovocitos (In vivo in vitro//Estadio de maduración).
- Mitocondrias y otros factores citoplasmáticos.
- NT interespecies.
- Fuente de donantes de núcleos.
- Estado epigenético del núcleo donante (Mucci, 2010).

IV. CONCLUSIONES.

Recolectado el material respectivo y apoyado en las bases digitales, la información pertinente al tema fue analizado y discutido llegando a la conclusión de que el tema de la clonación como biotecnología aplicada a la reproducción; es un tema muy amplio, he tenido que abarcar información pertinente a la especie humana como animal por cuanto investigadores científicos primero realizan prácticas en animales.

Si consideramos la clonación aplicada en los animales, con fines reproductivos nos serviría de gran ayuda; ya que mediante su manipulación genética aprovecharíamos la reproducción de los mismos y a la vez se tratará de recuperar aquellas especies que se están perdiendo, abarcando otros puntos la clonación animal como tal, sería también de gran ayuda en las industrias alimentarias por cuanto se podría ofrecer al mercado producto de alta calidad como leche o carne siendo estos de de primera necesidad en el ser humano.





Si partimos desde la clonación reproductiva como técnica a ser aplicada en la especie humana, se dice rompe con el curso natural de la evolución que es proveniente de la reproducción sexual; además se la considera como peligro para la misma por cuanto viola los principios de dignidad e igualdad de los seres humanos, se la considera peligrosa ya que el fin a obtenerse, sería un resultado alterado consecuente a mutaciones.

Analizadas las diferentes posiciones religiosas con referencia al tema de la clonación, no todas llegan a un mismo acuerdo ya que la una se diferencia de la otra por sus principios. Si retomamos la religión católica ésta se opone rotundamente por cuanto se da una manipulación embrionaria, al embrión le consideran "vida" desde su concepción. Para otras religiones es aceptada la

clonación ya que el hecho de tratarse de un embrión no le consideran como tal, más bien estas religiones dan importancia al feto en las últimas semanas de su desarrollo por ser allí en donde constatan una forma perceptible y su movimiento es voluntario.

Si consideráramos la reprogramación celular, aplicada en humanos con fines terapéuticos, fuera de gran ayuda ya que con esto se ayudaría a salvar muchas vidas que se encuentran con un pronóstico reservado; pero a la vez esto nos llevaría a una comercialización desmedida considerando así al ser humano como un instrumento de negocio.

Considerando la reprogramación celular, aplicada en animales fuese de gran ayuda ya que preservaría su alto



potencial genético, ayudándonos a difundirlo en otros lugares evitando tratar de trasladar al animal para conservar y reproducir su genética.

La clonación como biotecnología, a lo largo de la historia ha evolucionado paulativamente, tratando de mejorar genéticamente, alcanzando la cura a ciertas problemáticas de la vida, es una ciencia que como tal no descansa en buscar nuevas alternativas y soluciones benéficas tanto en favor del hombre como de los animales.

V. GLOSARIO

Ciertos términos esenciales acerca del tema para tener una noción general y no confundirse.

Aberración.- Cambio en el número o en la estructura de los cromosomas.

Ablación.- Se refiere a la acción y efecto de cortar, separar o quitar.

Anemia de Fanconi.- Enfermedad hereditaria rara producida por una mutación autosómica recesiva. Esto quiere decir que si los dos miembros de una pareja son sanos pero portadores de la mutación (es decir, son heterocigotos Aa , en términos genéticos), la probabilidad de que un hijo suyo (niño o niña) padezca la enfermedad por ser homocigoto recesivo (aa) es de un 25%.

Blastocisto: Célula embrionaria que todavía no se ha diferenciado.



Blastómeros: Célula que se origina en la primera división del óvulo fecundado.

Bioética.- Aplicación de la ética a las ciencias de la vida.

Biotecnología.- Empleo de células vivas para la obtención y mejora de productos útiles, como los alimentos y los medicamentos. Estudio científico de estos métodos y sus aplicaciones.

Células estaminales.- Son una clase especial de célula que tiene la capacidad de dividirse indefinidamente y tener el potencial para dar lugar a células especializadas (es decir cualquier célula del cuerpo).

Células totipotentes.- Mantiene todos los genes en un estado funcional potencial

Clon.- Proviene del griego κλων, esqueje, retoño: Conjunto de individuos de idéntica constitución genética que proceden de un mismo individuo mediante multiplicación asexual, siendo iguales entre sí y al individuo de que proceden.

Clonación.- Es una forma de reproducción asexual que produce individuos genéticamente idénticos.

Congénito.- De carácter hereditario.

Encíclica.- Carta solemne que dirige el Sumo Pontífice a todos los obispos y fieles del orbe católico.



Ético.- Conjunto de normas morales que rigen la conducta humana.

Gastrulación.- Período del desarrollo embrionario en el que el embrión pasa de estadio de blástula a gastrula.

Gel Agarosa.- Se utiliza para separar y analizar las proteínas y el AND.

Genoma.- Conjunto de todos los genes de un organismo, de todo el patrimonio genético almacenado en el conjunto de su ADN o de sus cromosomas.

Inviolable.- Que no se debe o no se puede violar o profanar.

In vitro.- Fecundación in vitro, tecnología de reproducción asistida en que se fecundan uno o varios óvulos fuera del organismo materno. También se abrevia FIV.

Lícito.- Que está permitido por la ley o por la moral.

Quiescente.- Que está quieto, pudiendo tener movimiento propio.

Senescentes.- Que empieza a envejecer.

Status.- Posición social que una persona tiene dentro de un grupo o una comunidad.

Talmud.- Conjunto de textos en que se encuentran recopilados los preceptos sobre la ley judía, sobre el modo de comportarse ante Dios y ante los demás.



Torá.- Conjunto de las leyes religiosas del judaísmo, contenidas esencialmente en estos cinco libros.

Totipotencia.- Capacidad de una célula de originar un individuo completo

Transgénico.- Concebido artificialmente mediante ingeniería genética.

Xenotrasplantes.- Transplante de un órgano de un animal a una persona.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Alba GL. Clonación. [serie en Internet]. 2002 Feb 1 [consultado 2011 mayo 5], [aprox. 2p.] Issue 464. Disponible en:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=a6ace5da-4d48-4673-a7d5-e5dc15932a4d%40sessionmgr12&vid=4&hid=14>

2. Arias SJ. Clonación: Procedimiento y posibles utilidades. Academ Nac Med [serie en Internet]. 2004 [consultado 2011 mayo 5], 1: [aprox. 11p.]. Disponible en: http://www.acadnacmedicina.org.pe/publicaciones/Anales_2004/clonacion_arias.pdf

3. Asimov I, Roca CA. [Internet]. la ciencia y los descubrimientos: como la ciencia ha dado forma a nuestro mundo. 1ra ed. España: Barcelona Ariel;





1989 Nov. 913p. [actualizado en 2007 Oct.] [consultado 2011 mayo 8], Disponible en: <http://books.google.com.ec/>

4. Bustos IJ, Castañeda PC, Oria HJ, Rendón HE, Reyes VH, Romero Ál. Clonación humana: implicaciones biológicas y éticas. Mensaje Bioquímico [Internet]. 2008 [consultado 2011 enero 10], 32: [aprox. 12p.] Disponible en:

http://bq.unam.mx/wikidep/uploads/MensajeBioquimico/Mensaje_Bioq08v32P67_78_Merchant.pdf

5. Cibelli J, Lanza R, West M, Ezzell C. El primer embrión humano clonado. Scientific Americ Mex [serie en Internet]. 2002 Dic 1 [consultado 2011 mayo 5], 1: [aprox. 8p.] Issue 8. Disponible en:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f5a16c55-fbde-4871-a353-7218a6d1abd5%40sessionmgr11&vid=2&hid=14>

6. Corella CJ, Tarragón SA, Mas VT, Corella MJ, Corella ML. Puntos de vista controvertidos sobre la clonación. Artículos científicos Enf Integ. . [Internet]. 2007 Dic. [consultado 2011 mayo 3],[aprox. 4p.] Disponible en: <http://www.enfervalencia.org/ei/80/articulos-cientificos/1.pdf>

7. Crespo S. Clonación: un fundamento evolucionista de los principios de dignidad e igualdad frente a la técnica de la clonación de seres humanos con fines reproductivos. Rev Derch [serie en Internet]. 2006 Dic 1 [consultado 2011 mayo 4], [aprox. 44p.] Issue 26. Disponible en:

<http://web.ebscohost.com/ehost/detail?sid=a30483ed-bf07-4a99-a307->



[1fe4163b1903%40sessionmgr13&vid=1&hid=14&bdata=Jm
xhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=25188
962](https://www.researchgate.net/publication/25188962)

8. Chuaire L, Sánchez MC, Franco ML. Clonación animal: avances y perspectivas. Colombia Médica. [serie en Internet]. 2004 [consultado 2011 mayo 10], 35:(2) [aprox. 101p.]. Disponible en:
<https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/2545>

9. Díaz MA. La falta de regulación legal en Guatemala con respecto a la clonación de seres humanos. [Tesis en Internet]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006 Oct. [consultado 2011 mayo 15]. Disponible en:
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_6415.pdf

10. De Landaeta IN. Acerca de la Clonación del Embrión Humano. Una Perspectiva Histórica y Bioética. Inf Med [serie en Internet]. 2007 Dic 1 [consultado 2011 mayo 13], 9: [aprox. 6p.] Issue 12. Disponible en:
[http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f1
d563c7-17bb-412e-a9c1-
198997c67011%40sessionmgr13&vid=2&hid=12](http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f1d563c7-17bb-412e-a9c1-198997c67011%40sessionmgr13&vid=2&hid=12)

11. Elmundo.es. Arranca la secuencia del genoma humano. [Internet]. 2010 [cita 2011 marzo 25];[1p.] Disponible en:
<http://www.elmundo.es/ciencia/genoma/cronologia.html>

12. Fernández G, Soledad M. Clonación en producción animal: una mirada al futuro. TECNO VET



[Internet]. 1998 Dic [consultado 2011 mayo 12], 4:(3) [aprox. 1p.] Disponible en:

http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D9612%2526ISID%253D458,00.html#

13. Foro: clonación humana. Anales de la Facultad de Medicina. [serie en Internet]. 2002 [consultado 2011 mayo 13], 63:(1) [aprox. 8p.]. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/Anales/v63_n1/pdf/foro_clonacion_human.pdf

14. Gafo SJ. La clonación: datos, respuesta social, reflexiones éticas. Rev Selec Bioét [serie en Internet]. 2008 May 1 [consultado 2011 mayo 4], [aprox. 8p.] Issue 13. Disponible en:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=868f60f8-a486-4619-9247-4696f9ca38ca%40sessionmgr13&vid=4&hid=14>

15. González VJ. [Internet]. Genoma humano y dignidad humana. Mexico: Anthropos; 2005. 252p. [consultado 2011 mayo 9], Disponible en: <http://books.google.com.ec/>

16. Henig RM. El bebé de Pandora. Scientific American Mex [serie en Internet]. 2003 Jul 1 [consultado 2011 mayo 4], 2: [aprox. 5p.] Issue 14. Disponible en: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=9ab7d822-60f7-4d3f-9972-928e1471ae4f%40sessionmgr11&vid=4&hid=14>



17. Huguet S. Clonación humana: aspectos bioéticos y legales. [Tesis en Internet]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2004. [consultado 2011 mayo 5]. Disponible en: <http://www.ucm.es/BUCM/tesis/bio/ucm-t27583.pdf>

18. Humanitas. Clonación: pérdida de la paternidad y negación de la familia. Human [serie en Internet]. 2004 Ene 1 [consultado 2011 mayo 7], 33: [aprox. 19p.] Issue 13. Disponible en: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=19988af1-8414-410b-a1b0-11bef19105b4%40sessionmgr15&vid=2&hid=21>

19. Lacadena JR. La fecundación in vitro, premio Nobel en Fisiología o Medicina An. R. Acad. Nac. Farm. [serie en Internet]. 2010 [consultado 2011 mayo 12], 76:(4) [aprox. 11p.]. Disponible en:

<http://media.analesranf.com/index.php/aranf/article/viewFile/1140/1180>

20. Lacadena JR. Selección de embriones con fines terapéuticos: una reflexión bioética. Moralia [serie en Internet]. 2009 Ene 1 [consultado 2011 mayo 3], 32: [aprox. 16p.] Issue 121. Disponible en:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=24dd5892-a4df-4114-8455-128380a0df90%40sessionmgr4&vid=4&hid=14>

21. Lacadena JR. Instrucción dignitas personae sobre algunas cuestiones de bioética: una puesta al día de la



Donum Vitae. Moralia [serie en Internet]. 2009 Ene 1 [consultado 2011 mayo 5], 32: [aprox. 28p.] Issue 121. Disponible en: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=c72ed1e7-b43e-4b52-aa6e-587ce2d948a0%40sessionmgr11&vid=4&hid=25>

22. Lacadena J. Creación y evolución, creacionismo y evolucionismo. Rev Selec Bioét [serie en Internet]. 2008 Oct 1 [consultado 2011 mayo 4], [aprox. 14p.] Issue 14. Disponible en: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f80034bd-b134-43d6-b392-c9bec6c1f8d0%40sessionmgr12&vid=4&hid=14>

23. Lacadena JR. Animales transgénicos. Pro Diversitas [serie en Internet]. 2002 [actualizado 2006 abril 14] [consultado 2011 mayo 12]. Disponible en: <http://www.prodiversitas.bioetica.org/>

24. Lacadena JR. Clonación terapéutica humana en el horizonte científico. Humanitas [serie en Internet]. 2004 [consultado 2011 mayo 12], [aprox. 12p.]. Disponible en: <http://www.fundacionmhm.org/pdf/mono4/Articulos/articulo3.pdf>

25. Lacadena JR. Conmemorando un siglo de genética. Anal. Real Acad. Farm. [serie en Internet]. 2000 [consultado 2011 mayo 12], 66: [aprox. 59p.]. Disponible en: <http://www.fitoica.com/Biblioteca/Revistas/Anales%20Academia/2000/4-1.pdf>



26. La clonación humana: cuestiones éticas. Rev Selec Bioét [serie en Internet]. 2009 May 1 [consultado 2011 mayo 3], [aprox. 14p.] Issue 15. Disponible en: <http://web.ebscohost.com/ehost/detail?sid=8f160fe0-8d30-44f4-ac07-769e236c19a9%40sessionmgr13&vid=5&hid=14&bdata=Jm xhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=43167569>

27. Láñez PE. Clonación: aspectos científicos. [serie en Internet]. 2009 Nov 20 [consultado 2011 mayo 5];[2p.] Disponible en: <http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/Clonacion.html#ftnref20>

28. Lisker R, Mayani H. Clonación en humanos. Gac Méd Méx: Medigraphic Artemisa [Internet]. 2007 [consultado 2011 mayo 12], 143:(1) [aprox. 4p.] Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2007/gm071a.pdf>

29. López A. Ética e investigación terapéutica con células madre. Rev Filosof U Cost Rica [serie en Internet]. 2006 Ene-Abr 1 [consultado 2011 mayo 5], 44: [aprox. 5p.] Issue 111/112. Disponible en: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=8665bde6-f705-41d2-9edf-1a747315de65%40sessionmgr4&vid=4&hid=14>

30. Maírena NM, Zamora MR. Aspectos médico legales de la clonación humana. Med. leg. Costa Rica. [Internet]. 2002 Sep. [consultado 2011 mayo 16], 19:(2) [aprox. 4p.] Disponible en:



http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-00152002000200004&script=sci_arttext&tlng=e

31. Moratalla LN. La realidad de embrión humano en los primeros quince días de vida. *Persona y Bioética* [serie en Internet]. 2009 [consultado 2011 mayo 16], [aprox. 18p.]. Disponible en:

<http://pensamientoycultura.unisabana.edu.co/index.php/personaybioetica/article/view/882/963>

32. Mucci N. Memoria técnica: clonación, aspectos técnicos y biológicos. Balcarce, Buenos Aires: 2010. p.8.

33. Narbón FP. Transferencia génica en animales. UNED. [Internet]. 2008 Jun 14. [consultado 2011 mayo 17],[aprox. 53p.] Disponible en:

<http://www.uned.es/experto-biotecnologia-alimentos/TrabajosSelecc/PatriciaNarbon.pdf>

34. Navarro MC, Rosado A, Serrano H. Técnicas de clonación de embriones. *Ciencia Veterinaria* [Internet]. 2003 abril 9 [consultado 2011 enero 20], 9: [aprox. 40p.] Disponible en:

<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol9/CVv9c2.pdf>

35. Oliva R, Ballesta F, Oriola J, Clária J. [Internet]. *Genética médica*. 3ra ed. España: Publicaciones i Edicions; 2004. 277p. [consultado 2011 mayo 10], Disponible en: <http://books.google.com.ec/>

36. Olivera BM. La contrucción de la doble hélice, de la nucleína del ADN. *Ciencias* [Internet]. 2003 Jul-Sep



[consultado 2011 mayo13], 71: [aprox. 13p.] Disponible en:
<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/644/64407102.pdf>

37. Palma AG. Biotecnología de la reproducción: ciencia, tecnología y sociedad. 2da ed. Rerobiotec. Arg: Hemisferio Sur; 2008. p. 699.

38. Pettinari J. El camino hacia la clonación. Rev. Química viva. [Internet]. 2004 Abr. 3 [consultado 2011 mayo13], 1: [aprox. 5p.] Disponible en:
<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/863/86330102.pdf>

39. Rigali F. Animales clonados: ventajas y problemas conocidos. Halituss Inst Med [serie en Internet]. 2003 abril 9 [consultado 2011 enero 5];[18p.] Disponible en:
http://www.forodegeneticabovina.com/pdfs/03_rigali_florencia.pdf

40. Savaater F. La revolución genética el genoma humano y la clonación. [serie en Internet]. Desconocido [consultado 2011 mayo 6];[31p.] Disponible en:
http://www.cienciasmc.es/web/pdf/u6_revolucion_genetica.pdf

41. Sánchez CA. Células madre y transplante nuclear. AACTE. [Internet]. 2002 Marz. [consultado 2011 mayo 16], 5: [aprox. 4p.] Disponible en:
http://usuarios.multimania.es/aacte/AACTE/cel_madre.pdf

42. Sánchez YV. VII Sesión científica día 12 de marzo de 1985. Anales de la Real Academia Nacional.



España: 1879. 29p. [consultado 2011 mayo 16], Disponible en: <http://books.google.com.ec/>

43. Simancas ON. La clonación terapéutica y el derecho a la integridad personal en la legislación civil mexicana. [Tesis en Internet]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2006 Oct. [consultado 2011 mayo 5]. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/Libros%2007/Tesis/T10.pdf>

44. Uribe HL. Del mecanicismo a la complejidad en la biología.. Rev Biol Trop [serie en Internet]. 2008 Mar 1 [consultado 2011 mayo 7], 56: [aprox. 9p.] Issue 13. Disponible en: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=25c9547c-2bc6-4b6e-9574-755075d46add%40sessionmgr15&vid=4&hid=19>

45. Valenzuela JG. [Internet]. Genoma humano y dignidad humana. 1ra ed. Rubí (Barcelona): Anthropos; 2005. 252p. [consultado 2011 mayo 13], Disponible en: <http://books.google.es/>

46. Walters L. Tradiciones religiosas e investigación con células troncales humanas. Investigación con células troncales. [Internet]. 2004 [consultado 2011 mayo16], [aprox. 16p.] Disponible en: <http://www.fundacionmhm.org/pdf/mono4/Articulos/articulo4.pdf>

47. Wassarman MP, Litscher SE. The multifunctional zona pellucida and mammalian fertilization. Journal of



Reproductive Immunology. [serie en Internet]. 2009 Dic 1 [consultado 2011 mayo 5], 83: [aprox. 5p.] Issue 1/2. Disponible en:
<http://web.ebscohost.com/ehost/detail?sid=884a880b-8b58-4090-934c-8d802fda1fdf%40sessionmgr12&vid=1&hid=12&bdata=Jmxhbm99ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=45553387>

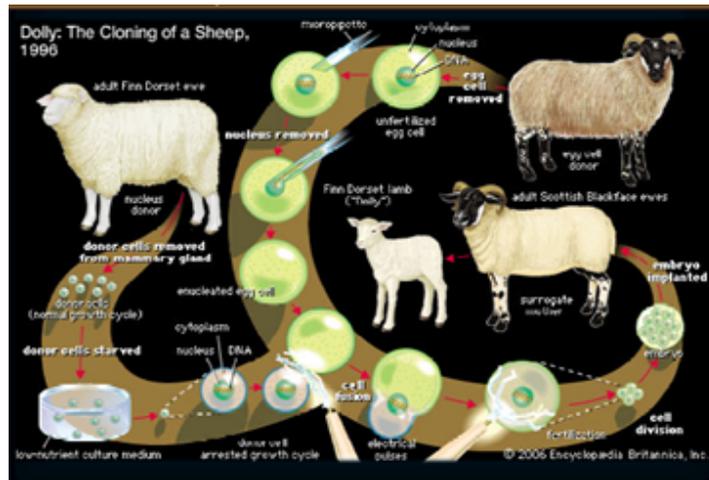
48. Yunis E. Evolución o creación, genoma y clonación. [serie en Internet]. 2001 [consultado 2011 mayo 6];[13p.] Disponible en:
<http://www.ucentral.edu.co/NOMADAS/nunme-ante/11-15/Pdfs%20Nomadas%2015/18a-Evoluci%F3n.pdf>

VII. ANEXOS



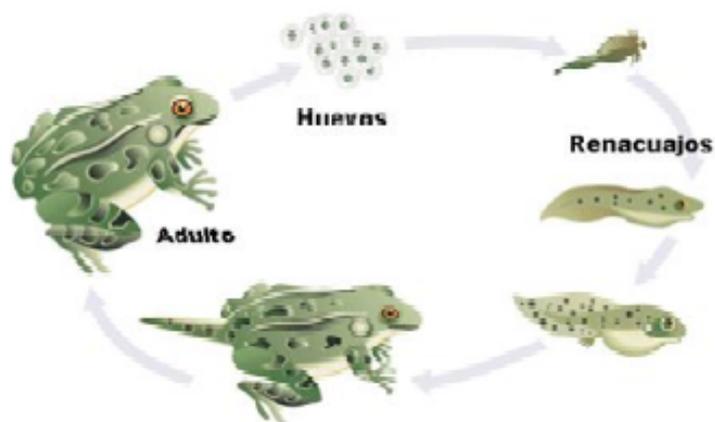
Anexo 1. Primer mamífero clonado del mundo: la oveja Dolly (izquierda) y su madre portadora (derecha).

FUENTE: (Revista Selecciones de Bioética, 2009).



Anexo 2. Proceso de clonación por Transferencia Nuclear de células somáticas de donde: **a).** Enucleación del ovocito: debe eliminarse el material genético del ovocito receptor. **b).** Transferencia del núcleo: se realiza mediante fusión del cariosoma. **c).** Activación del oocito: algún estímulo químico (etanol o estroncio), o bien combinando ambos.

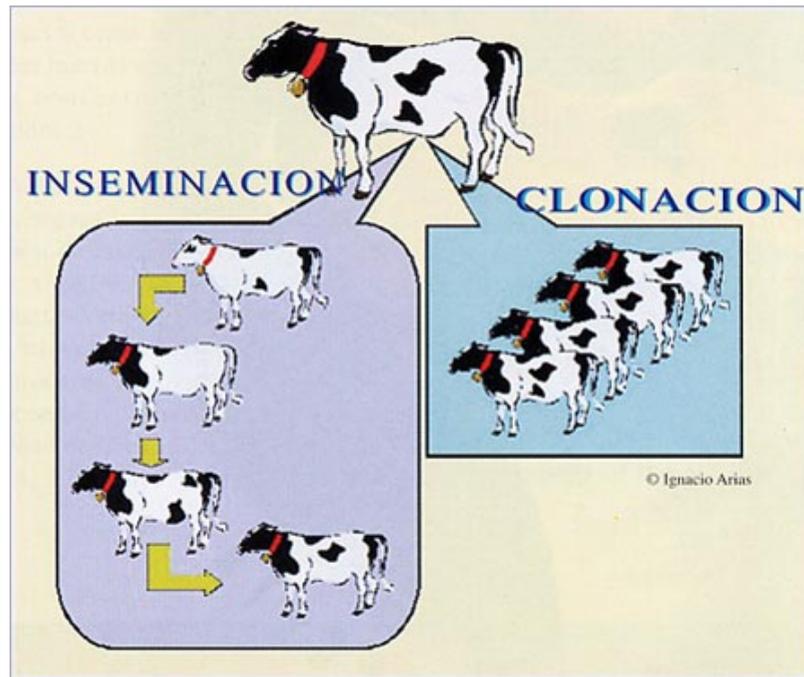
FUENTE: (Mucci, 2010).



Anexo 3. Ciclo de vida en ranas, experimentos de transferencia nuclear de células somáticas de ranas adultas.



FUENTE: esquema tomado de la página web:
(<http://www.recursos.cnice.mec.ec/.../conntenidos7htm>).



Anexo 4. Diferencias y resultados obtenidos mediante una inseminación y una clonación.

FUENTE: (Fernández, 1998).



Anexo 5. Mellizos homocigotas de raza Fleckvieh producto de la división microquirúrgica.



FUENTE: (Brem, 1983).



Anexo 6. Primeros mellizos homocigotas de raza Aberdeen Angus, nacidos en Argentina producidos por medio de división microquirúrgica.

FUENTE: (Palma y col., 1991)



Oso Polar



Pingüino de Magallanes



Tigre de Bengala



Rinoceronte de Java



Anexo 7. Aplicaciones de la clonación, con el fin de conservar especies y razas en peligro de extinción.

FUENTE: (Molina, 2007)

