

Pablo de Felipe, es licenciado en Ciencias Químicas, por la Universidad Autónoma de Madrid, en la especialidad de Bioquímica y Biología Molecular. Actualmente está realizando el doctorado investigando la utilización de retrovirus terapéuticos para la curación de tumores cerebrales malignos. Recibió el premio *Solé LLenas* de la *Sociedad Española de Neurorradiología* al mejor trabajo de investigación presentado en el año 1994.

Autor de numerosos trabajos de investigación y artículos científicos publicados en revistas especializadas y presentados en diferentes Congresos científicos, también es autor del libro *"De la Cábala a... El Código Secreto de la Biblia"* en el que desmitifica los supuestos mensajes ocultos en la Biblia y demuestra cómo esta forma de interpretación se basa no en una hermenéutica seria y rigurosa del texto bíblico, sino en principios esotéricos de los cuales el cristiano debe mantenerse vigilante y alejado.

Colaborador de los Grupos Bíblicos Universitarios y de la Unión Médica Evangélica, también participó como conferenciante en el VI Congreso Evangélico Español y en la actualidad es profesor de *Ciencia y Fe* en el Seminario SEUT/SEM de Madrid.

"Desde hace años, la ciencia-ficción consideró la idea de la clonación humana como un tópico sobre el que construir historias, generalmente tétricas. Esos relatos eran vistos como una pura fantasía, nadie consideraba posible echar marcha atrás el "reloj celular" para transformar una de nuestras células en un embrión. La obtención de Dolly sorprendió tanto a profanos como a expertos, aunque la clonación a partir de células no diferenciadas llevaba años perfeccionándose. Las primeras barreras que se pusieron para considerar la clonación humana técnicamente posible han venido derrumbándose una tras otra sólo un año después de Dolly. A la vista de todo esto, cada vez parece más creíble que pueda ser técnicamente posible clonar seres humanos". (...)

"Los cristianos hemos de ser vigilantes en el respeto hacia los seres humanos en cualquier etapa de su vida. Niños o ancianos deben ser especialmente protegidos. Dentro de ese esquema debe considerarse el desarrollo embrionario como el primer tramo de la vida (en algunos aspectos el más decisivo). Hay que evitar la torpeza de que la sensibilidad se mida con una regla: cuanto más pequeño es el ser, menos sensibilidad nos despierta. Debe evitarse el juego con los orígenes de la vida humana. Los cristianos hemos de mantener la consideración de la persona como ser único e irremplazable. Cada ser humano es una creación única, que no puede ser sustituida por una fotocopia".

C U A D E R N O S

BIOÉTICA

La Clonación

Bases científicas y
Cuestiones éticas

Pablo de Felipe Fernández



Alianza Evangélica Española

Pablo de Felipe Fernández

Bases Científicas de la Clonación y Cuestiones Éticas

Alianza Evangélica Española

A Iciar

**BASES CIENTÍFICAS DE LA CLONACIÓN
Y CUESTIONES ÉTICAS**

Edita
ALIANZA EVANGÉLICA ESPAÑOLA
C/ Valencia, 2, 2º 6ª – 08015 Barcelona

© Pablo de Felipe Fernández
1ª Edición 1999

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización
de los editores*

Depósito Legal: B-3.528-99

Índice

I Introducción: células y genes	4
II Elementos básicos de biología celular y molecular	4
2.1 Las unidades básicas de la vida: las células	4
2.2 El ADN	5
2.3 La información genética en la célula: genes y proteínas	6
2.4 La transmisión de la información a los descendientes: la herencia	6
III La clonación animal	8
IV La clonación humana	10
4.1 ¿Es técnicamente posible?	10
4.2 Requisitos técnicos necesarios	11
4.3 Características biológicas y personales del clónico en relación con el clonado	11
V Posibles aplicaciones de la clonación	13
5.1 Clonación animal	13
5.2 Clonación humana	17
VI Problemas éticos suscitados por la clonación	20
6.1 Clonación animal	20
6.2 Clonación humana	22
VII Reflexiones cristianas a propósito de la clonación	31
Apéndice 1. La técnica de clonación	35
A1.1 Las técnicas biológicas que la han hecho posible	35
A1.2 La técnica de clonación por transferencia o trasplante nuclear	36
A1.3 La polémica científica alrededor de Dolly y la reciente confirmación de la clonación	37
Apéndice 2. Dos formas de reproducirse/dos formas de nacer	41
Apéndice 3. ¿Quién quiere clonar humanos?	42
Bibliografía	44

"Ante la impúdica y mítica criatura, desnuda de todas sus lanas, sentí
como si por debajo del cordero de Dios que quita los pecados del
mundo
se elevara ahora la oveja Dolly al altar de una nueva religión."
(Carrión, 1997/26)

I. INTRODUCCIÓN: CÉLULAS Y GENES

Desde el pasado siglo (1838-39) se acepta que el ser vivo más simple es una *célula*, y los seres más complejos se forman por la agrupación coordinada de varias de ellas.

Hace menos de medio siglo (1953) se descubrió la estructura helicoidal del *ADN*, la molécula que guarda la información para la construcción y mantenimiento de las células que forman los seres vivos.

Finalmente, todavía no hace treinta años (principios de los 70) irrumpe la *ingeniería genética* dedicada no sólo al estudio, sino también a la intervención sobre la herencia y el material genético de los seres vivos.

2 ELEMENTOS BÁSICOS DE BIOLOGÍA CELULAR Y MOLECULAR

2.1 Las unidades básicas de la vida: las células

La unidad mínima de vida es la célula. Todas sus estructuras internas actúan coordinadamente para permitir su funcionamiento. A grandes rasgos hay dos tipos de células:

2.1.1 Células procariontas (bacterianas): son muy simples y viven independientemente. Una membrana rodea el medio líquido interior (citoplasma) en el que se encuentra flotando toda su maquinaria celular, es decir, todos los elementos que las mantienen con vida.

2.1.2 Células eucariotas: estas complejas células viven formando grandes grupos organizados como nosotros; además de la membrana externa, tienen numerosos compartimentos internos que permiten organizar las funciones celulares (por ejemplo, las mitocondrias).

2.2 El ADN

En el interior de las células se encuentra el *núcleo*. En este compartimento se encuentra la información genética que contiene los datos para construir la célula y se encuentra almacenada en un soporte químico, la molécula de ADN. Cada una de nuestras células tiene en su núcleo un número fijo de moléculas de ADN o *cromosomas*: 46. En el caso de las células bacterianas hay una sola molécula de ADN, que no es lineal como en el caso anterior, sino circular.

El ADN es una larga molécula, en forma de cadena, en la cual puede haber millones de eslabones. Todos los eslabones son químicamente iguales, pero se diferencian por una pequeña molécula unida lateralmente, denominada *base*, que puede ser de cuatro tipos diferentes (A, C, T, G). La cadena de ADN no es simple, sino doble y retorcida en forma de hélice, y los eslabones de una de ellas se emparejan con los de la vecina mediante sus bases, siguiendo una regla fija (A frente a T y C frente a G). Recientemente, la microscopía nos ha permitido visualizar directamente esta estructura, cuya forma había sido determinada por métodos indirectos en los años 50.

La doble cadena de ADN se mide en su longitud por "pares de bases" (pb). El tamaño total del genoma humano es de 3×10^9 pb (tres mil millones). Las diferencias en los ADN de distintas personas (*polimorfismos*) se pueden rastrear hasta este nivel molecular, y se calcula que están en 1 pb de cada 500 pb (esto es la base de las técnicas forenses de identificación de individuos desarrolladas en los últimos años).

Es importante destacar que, aunque tenemos millones de células distintas, muy diferentes en su estructura y funciones, todas ellas tienen el mismo material genético, pues todas nuestras células provienen de una inicial. Simplificando muchísimo, nosotros somos un *clon* de la célula que se formó al unirse los *gametos* de nuestros padres. Las diferencias entre unos tejidos y otros de un mismo individuo no se deben a la presencia de genes diferentes, sino a que, de todo el patrimonio genético común que cada célula posee, en cada tipo celular sólo se utiliza (*expresa*) una pequeña parte. Este proceso se denomina *diferenciación* y empieza durante nuestro *desarrollo embrionario*.

2.3 La información genética en la célula: genes y proteínas

Entre las informaciones que están guardadas en ese sistema biológico de almacenamiento de datos que es el ADN, se encuentra la que guía la composición y estructura de las *proteínas*. Las proteínas se colocan en diferentes lugares de la célula y se encargan de ejecutar las funciones celulares necesarias para la vida de la célula (movimiento, captación de energía, comunicación, defensa, reproducción, etc.).

Resumiendo, la información para la construcción de una determinada proteína se guarda en una zona concreta del ADN, llamada *gen*. El ADN es, pues, una larga molécula donde la información se almacena linealmente. A lo largo del ADN encontramos multitud de genes que

contienen la información (los "planos") para que la célula pueda fabricar la enorme variedad de proteínas que tiene. Existen también genes con otras funciones fundamentales para la vida de las células y para el control de otros genes. En total se calcula que los humanos tenemos cerca de cien mil genes. Sin embargo, se estima que los genes ocupan menos del 5% de la información genética humana (la función del resto es objeto de apasionantes debates).

2.4 La transmisión de la información a los descendientes: la herencia

Para la continuidad de la vida es necesario que la célula pueda transmitir su información genética a sus descendientes. ¿Cómo se produce este proceso? Los mecanismos por los que una célula se reproduce son numerosos y varían dependiendo de las células. En cualquier caso, siempre se produce una forma de división (asimétrica, pudiéndose hablar de madre-hija, o simétrica, hablándose de *bipartición* y de células hijas). En todos los casos tenemos que proceder a la división de todos los componentes de las células. Pero si bien eso podría hacerse con la membrana, el medio acuoso interno y las proteínas, ¿quién se queda con la información genética? Una célula que no tuviese información genética no podría mantener su vida y sobreviviría poco tiempo. Por eso, esa información es necesario que se duplique antes de la división, para que cada célula pueda tener su propia copia de material genético. La forma en la que la doble hélice de ADN se copia para dar dos dobles hélices es de una elegancia pasmosa: la doble cadena se abre y cada una de las cadenas se va copiando hasta acabar en dos dobles cadenas. Una vez conseguido, las proteínas celulares especializadas en la división se encargan de repartir esa información en dos grupos y de ir desarrollando el proceso de división hasta que se forman las dos nuevas células.

Sin embargo, en seres complejos, como nosotros, formados por muchos millones de células no es posible utilizar este mecanismo. Sería impensable generar una copia de cada una de nuestras células y pretender luego separar todas las complejas estructuras del cuerpo humano para dar lugar a dos individuos. Esta compleja situación tiene una elegante solución en la naturaleza. Aunque nuestras células son muy diversas, ya señalamos que todas tienen la misma información genética de partida.

Pues bien, de esta forma, la reproducción de un ser complejo formado por millones de células, se puede reducir a la reproducción de una sola

célula. Para ello, esta célula, que llevará la misma información que todas las demás y que, por lo tanto, es representativa nuestra, deberá estar preparada para dividirse rápidamente y generar en poco tiempo millones de células para formar otra vez el organismo entero, y esto, sin olvidar que debe ser capaz de ir organizando todas esas células hijas en grupos que vayan dando lugar a los diferentes órganos que están presentes en el ser humano.

Las células especializadas que cumplen esa función son los gametos. Pero aquí topamos nuevamente con un elemento que da más complejidad a la vida. En muchos organismos, y especialmente en vegetales y animales, la reproducción no se limita solamente a la producción de una copia del progenitor, como vimos que era en las bacterias. No se producen clones. La reproducción sexual hace intervenir a dos progenitores en la reproducción, esto da lugar a una complejidad casi infinita. Al contrario que en una bipartición, hay una fusión de dos células, los gametos (que contienen solamente 23 cromosomas), previamente a las divisiones que luego se irán sucediendo (2 gametos -> 1 célula -> 2 células -> 4 células -> 8 células -> 16 células...). Así también se tiene que producir una suma de informaciones genéticas, de la madre y el padre, que den lugar a un ser con una herencia de ambos. La nueva célula formada por la fusión de los gametos paterno y materno será pues diferente a ambos progenitores y, a diferencia de las bacterias, donde toda la descendencia es clónica (reproducción asexual), el descendiente humano no será un clon de un progenitor, sino un nuevo ser, con identidad propia, pues tampoco es la mitad como el padre y la mitad como la madre, sino una combinación de ambas informaciones genéticas. Además, los gametos generados por cada progenitor contienen una peculiar selección de las informaciones que esa persona heredó, a su vez, de sus dos progenitores (de esta manera, cada pareja de cromosomas sólo está representada en cada gameto por un cromosoma que podríamos denominar como "híbrido"). Así, los gametos producidos por una persona son diferentes, lo que permite que una misma pareja de progenitores pueda tener todos sus descendientes diferentes.

3 LA CLONACIÓN ANIMAL

La palabra clonación se usa con muchos significados diferentes, es tal vez el término de la ingeniería genética del que más se ha abusado. Procede del griego *Klon*, que significa esqueje o rama, y se utiliza

actualmente como sinónimo de copiar (fragmentos de ADN, células u organismos enteros). La forma más sencilla de clonar un individuo entero (y obtener así dos individuos genéticamente iguales), usada con animales desde hace años, consiste en dividir el embrión en sus estados iniciales, para dar lugar artificialmente a gemelos (en marzo de 1997 se anunció la obtención, en agosto de 1996, de dos monos por este procedimiento, aunque a partir de embriones diferentes, [Weiss y Schwartz, 1997]). Se trata pues, no de manipulaciones que suponen la modificación del genoma, sino de la utilización del genoma ya existente. Es un clonaje de embriones, similar al proceso natural de producción de gemelos. Todo el genoma, incluso el mitocondrial, es idéntico entre estos individuos. Sin embargo, no hay identidad genética entre ellos y cualquiera de sus progenitores, siguen proviniendo de una reproducción sexual entre dos adultos.

Pero lo que el año pasado causó sensación fue la obtención, en Escocia (Roslin Institute), por el equipo de Ian Wilmut, de una oveja clónica (6LL3, popularmente conocida como *Dolly*) a partir de células de un adulto de su misma especie tras 277 intentos (Wilmut y col., 1997).

En el apéndice 1 se dan detalles sobre esta técnica conocida como *transplante o transferencia nuclear*, que permite introducir el núcleo de una célula adulta en un óvulo al que se ha eliminado su propio núcleo. A partir de aquí se desarrolla un embrión que es implantado en un útero donde termina la gestación. Se ha señalado que esta tecnología permitiría al nuevo individuo clónico tener hasta cuatro "madres", que pueden ser diferentes (donante del genoma, donante del óvulo, gestante y criadora).

El nuevo ser obtenido por estas técnicas tiene la misma información genética que el adulto del cual se extrajo el material genético. Así es posible obtener un nuevo individuo *genéticamente igual* (lo cual no quiere decir *totalmente igual*, pues no todo está en los genes) a un adulto cualquiera. Aquí hay que hacer una salvedad, el clonaje no permite ni siquiera copiar todo el genoma, pues las mitocondrias escapan a este clonaje (al persistir las maternas del óvulo).

Tras el éxito inicial de la publicación del equipo de Wilmut empezaron a aparecer críticas a este trabajo que nadie era capaz de reproducir. Finalmente, a lo largo de 1998 varios equipos de diferentes países publicaron la ansiada repetición de la clonación en especies animales distintas de la oveja: ratonas y vacas (ver los detalles en el apéndice 1

[A1.3]).

Si bien la clonación de animales grandes, de uso ganadero, tiene una clara finalidad comercial; la posibilidad de realizar clonajes en ratones, más pequeños y manejables, con tiempos de gestación breves, etc., permite que la clonación pase a ser una técnica más accesible y se abra su utilización para la investigación más teórica en los laboratorios.

4 LA CLONACIÓN HUMANA

4.1 ¿Es técnicamente posible?

Desde hace años, la ciencia-ficción consideró la idea de la clonación humana como un tópico sobre el que construir historias, generalmente tétricas. Esos relatos eran vistos como una pura fantasía, nadie consideraba posible echar marcha atrás el "reloj celular" para transformar una de nuestras células en un embrión. La obtención de Dolly sorprendió tanto a profanos como a expertos, aunque la clonación a partir de células no diferenciadas llevaba años perfeccionándose. Ante la situación de cierta sorpresa y desconcierto creados (al parecer sólo algunos países como Alemania, Argentina, Australia, Gran Bretaña, Dinamarca y España, tenían una legislación que excluía la posibilidad de clonación humana [NBAC, 1997/3]), el presidente Clinton de los EEUU encargó, el 27 de Febrero de 1997, a una comisión de bioética especial (NBAC, National Bioethics Advisory Commission), que estudiara la situación creada. El informe de esta comisión apareció el 9 de junio de 1997 (es posible ahora consultarlo en internet, <http://bioethics.gov/pubs.html>) recomendando una moratoria ante la posibilidad de la clonación humana.

Las primeras barreras que se pusieron para considerar la clonación humana técnicamente posible han venido derrumbándose una tras otra sólo un año después de *Dolly*. Clonaciones con ratonas y vacas empiezan a no ser ya noticia. A la vista de todo esto, cada vez parece más creíble que pueda ser técnicamente posible clonar seres humanos. Otra cosa es todo lo que eso lleva consigo.

4.2 Requisitos técnicos necesarios

Si se decidiese el estudio de la clonación humana, lo normal sería seguir un procedimiento paralelo al empleado hasta ahora con animales.

El principal problema ahí son los óvulos. Dada la baja eficiencia con que estos experimentos se producen, sería necesario obtener cientos de

óvulos y, para ello, haría falta un gran número de mujeres donantes de óvulos.

En cuanto a las células adultas en cultivo, eso no supondría ninguna dificultad. Hace muchos años que se tienen líneas celulares de todas las partes del cuerpo.

Un nuevo problema sería la necesidad de, una vez preparados los embriones, inseminar numerosas mujeres voluntarias. Tras muchos intentos, probablemente una de ellas daría a luz a un hijo clónico del que sería sólo madre de alquiler.

Uno de los problemas en este último punto es que, no solamente es muy baja la eficiencia de esta técnica, sino que en muchos casos "fallidos" pueden producirse anomalías en el desarrollo. De hecho muchos fetos no llegan a completar su desarrollo y, en varios casos, los recién nacidos mueren al poco tiempo. Al parecer este problema tiene más que ver con las técnicas de fertilización y manipulación de embriones que con la clonación en sí, pues, al usar estas técnicas anteriormente, se han observado problemas similares, aunque con menos frecuencia. Se sugiere que este problema está relacionado con el funcionamiento de la placenta y la causa se encontraría en las condiciones de cultivo de los embriones antes de ser implantados en el útero (Pennisi y Williams, 1997; Schnieke y col., 1997; Cibelli y col., 1998).

4.3 Características biológicas y personales del clónico en relación con el clonado.

Aun antes de poder contar con un individuo así para saber cómo es, hay cosas que se pueden avanzar en base a los conocimientos biológicos ya adquiridos. A pesar de la idea simplificada de que ambos seres serían iguales, esto no es cierto ni siquiera genéticamente, pues en las mitocondrias hay también genoma que, en el ser clónico, no provendría del individuo clonado, sino de la mujer donadora del óvulo. Sólo, en caso de que la persona donante del óvulo fuera la misma donante del núcleo, se conseguiría la igualdad en todo el genoma.

Pero, además, el genoma celular en sí mismo no está exento de las influencias del entorno. El desarrollo embrionario no es solamente el producto de un plan implacable contenido en el genoma, sino que también el entorno condiciona el desarrollo del programa emanado de los genes (por ejemplo, estimulación o represión de genes, etc.). Es más, el ambiente también puede afectar físicamente al genoma, y no

sólo en su regulación, buen ejemplo son las mutaciones que pueden acumularse en el ADN a lo largo de la vida de una persona, y que no son hereditarias (estas mutaciones pueden ser muy importantes, dando lugar, por ejemplo a numerosos tipos de cáncer). El ser humano, más que cualquier otra especie viva, es el resultado de sus genes y del ambiente, que están en una constante interrelación. El ambiente nos moldea desde el mismo momento de la fecundación. No únicamente que el desarrollo sólo pueda llevarse a término si el ambiente es el adecuado (si se producen graves problemas, puede ocurrir un aborto natural), sino, aun cuando el desarrollo sea posible, determinadas circunstancias del entorno que rodean al embrión irán influyéndole biológicamente (de ahí que se ponga cuidado en que la gestante tenga una vida muy controlada y un gran cuidado con alimentación, ejercicio físico, stress, etc.). Así pues, aunque el embrión irá durante meses desarrollando su particular programa genético, desde el primer momento estará en interacción constante con el medio que le rodea, que durante los primeros nueve meses será el influyente ambiente uterino, aunque tampoco estará ajeno a lo que ocurra en el exterior. Tras el parto, el recién nacido sigue desarrollándose en relación continua con su nuevo medio extrauterino. Aun cuando llegue un momento en que físicamente alcance la madurez y el estado adulto, su cuerpo es el resultado de toda su vida anterior, influyendo también el ambiente en su aspecto diario en función de la forma en que es cuidado, la alimentación, las enfermedades padecidas, etc. Es por ello que dos genotipos idénticos no tienen por qué dar lugar a iguales fenotipos (es

> más, es casi seguro que no los producirán). De esta manera, incluso gemelos (genéticamente iguales, pues comparten los genomas nuclear y mitocondrial y un desarrollo embrionario simultáneo) pueden llegar a tener claras diferencias físicas.

Pero, si la clonación no consigue copias perfectas ni genéticamente ni en el aspecto físico, las más grandes diferencias predecibles son intelectuales. Mentalmente, el desarrollo se desenvuelve durante toda la vida. Es imposible reproducir todas las circunstancias y personas que rodearon a un determinado individuo, para tratar de asegurar que ambos son educados exactamente igual, y llegan a las mismas conclusiones en todos y cada uno de los temas posibles. En el caso de un clonaje humano es evidente que el ambiente uterino entre los dos individuos sería diferente. Igualmente distinto sería luego el ambiente

en el que se desarrollaría su vida. Pero tal vez el cambio más trascendente sería la diferente época en la que vivieran, lo que impediría la utópica idea de crear un entorno vital similar.

5 POSIBLES APLICACIONES DE LA CLONACIÓN

5.1 Clonación animal

Rápidamente se han propuesto posibles utilidades de esta técnica que empiezan ya a ser exploradas y discutidas:

5.1.1 Para la investigación: lo que estos experimentos han permitido demostrar es que el crecimiento, diferenciación y desarrollo de un individuo no suponen modificaciones irreversibles en el genoma de las células somáticas (no reproductoras), que le impidan volver a un estado inicial capaz de dar lugar a todo un ser vivo completo. La diferenciación produce cambios en la expresión génica, y no pérdida de regiones específicas del cromosoma.

En el futuro se podrá saber más sobre el papel del citoplasma en el desarrollo embrionario y cómo controla la expresión de los genes. Uno de los interrogantes que se plantean ahora es si existe un límite de especie en la transferencia de núcleos. Si fuese posible implantar el núcleo de una oveja en el óvulo de ratón, los corderos resultantes tendrían el genoma mitocondrial de ratón. Esto se está ya intentando en cerdos, que se investigan como posibles donantes de órganos para humanos, y en los que constituye una barrera el conseguir activar la división de los óvulos tras la transferencia nuclear. Para soslayar este problema se intenta transferir el núcleo de células de cerdo a óvulos bovinos (Pennisi, 1998a; Hodgson, 1997).

Otra área de investigación son los efectos del envejecimiento sobre el genoma (¿tiene Dolly la edad que le corresponde por su nacimiento, o hay que sumarle los seis años de las células de las que proviene?). Al parecer, las mitocondrias juegan un papel importante en el envejecimiento. Así, dado que el genoma nuclear y mitocondrial del organismo clónico tienen diferentes orígenes y edades, se podría usar a estos seres como modelo de estudio de diferentes aspectos del envejecimiento (Winston, 1997). Por otra parte, se sabe que las células solamente pueden dividirse un determinado número de veces. Progresivamente sus cromosomas se van acortando y van envejeciendo. Los gametos tienen una proteína, telomerasa, que mantiene el tamaño cromosómico y permite la continuidad de la especie. En los tumores se han detectado fenómenos similares, que

permiten a las células dividirse indefinidamente invadiendo el cuerpo sano. ¿Qué ocurre a este nivel cuando un núcleo de una célula madura es introducido en el óvulo? Pero el envejecimiento no sólo ocurre en los extremos de los cromosomas, sino también se acumulan mutaciones a lo largo de la vida por todo el genoma, lo que puede dar lugar a ciertas enfermedades y tumores cuando esas mutaciones se producen en células somáticas (células de cualquier tipo menos los gametos). Sin embargo, si una mutación se introduce en el ADN de los gametos, el error pasará a la descendencia y aparecerá una enfermedad hereditaria. En el caso de la clonación, si el núcleo clonado posee alguna de estas mutaciones, esa mutación se transmitirá al nuevo individuo clónico, al igual que las modificaciones sobre el genoma realizadas antes de la clonación se transmiten al clónico como en el caso de *Polly*, que comentaremos más adelante (NBAC, 1997/24).

Más temas de estudio están siendo sugeridos, como ciertos problemas biológicos relacionados con el desarrollo embrionario que podrían estudiarse mediante esta técnica (por ejemplo: la inactivación de uno de los dos cromosomas X durante el desarrollo de embriones femeninos o el fenómeno de impronta genética, "genetic imprinting", etc.).

Pero la clonación no sólo es fuente de estudios teóricos en el laboratorio, sino que también puede ser una técnica que facilite ciertas actividades relacionadas con la investigación biológica. Así la nueva técnica de clonación puede utilizarse para modificar la línea germinal animal de la siguiente manera: previamente a la transferencia del núcleo, el cultivo de células donantes sería sometido a las modificaciones genéticas deseadas por técnicas convencionales. Se podría luego seleccionar la población en la que esas modificaciones resultasen según lo planificado. Finalmente, una de esas células se usaría para la clonación. Esto permitiría obtener *animales transgénicos* evitando hacer las modificaciones directamente sobre los óvulos o embriones que no pueden ser seleccionados antes de la implantación uterina. Este procedimiento, cuyas aplicaciones comerciales no son difíciles de ver, se aplicó para obtener a *Polly* (que portaba un gen marcador) y otras ovejas que, además, producen proteínas humanas en su leche (una proteína sanguínea humana denominada factor IX, cuya carencia produce hemofilia B, [Schnieke, 1997; New York Times y ABC, 1997; ver apéndice 1 [A1.3]). Si la clonación se sigue perfeccionando, podría llegar a competir con la microinyección en la producción de animales transgénicos (mediante la microinyección sólo

un 10% de los animales nacidos son transgénicos y un 1% expresan el gen insertado en niveles apropiados [Hodgson, 1997]; ver apéndice 1 [A1.1.2]). Aunque la clonación sigue siendo poco eficiente, el tener que cuidar y alimentar a todos los corderos (y sus madres), que se ven implicados en los experimentos de microinyección (y que luego no serán útiles), puede resultar menos rentable que intentar una y otra vez la clonación de una célula que tiene con seguridad el gen que queremos que el animal transgénico incorpore (con la ventaja de que podemos hacer que el que animal nacido sea una hembra) (Hodgson, 1997; Schnieke, 1997; Cibelli, 1998). Todo esto puede ser muy interesante cuanto más grande sea el animal a clonar, pues su gestación es más larga. Además, para determinadas aplicaciones biotecnológicas, no pueden usarse más que estos animales, y no otros más pequeños y manejables como los ratones.

Pero, si en el caso anterior, la clonación sólo es una nueva forma de hacer algo ya realizable por otros procedimientos, hay nuevas posibilidades en las que la clonación podría ser más necesaria, como es la preservación de individuos de interés obtenidos en el laboratorio.

5.1.2 Para la alimentación: la aplicación de esta técnica al ganado permitiría obtener grupos de animales de gran homogeneidad. Además, se podría utilizar para replicar aquellos animales de mejores características. Se han señalado posibles ventajas de esto a varios niveles:

a) Productores: la gran similitud de los animales les llevaría a madurar a todos a un ritmo similar y permitiría también ofrecer un producto más uniforme. Por otra parte, se podrían clonar animales transgénicos interesantes como tales (portadores de genes de resistencia a enfermedades, potenciadores de ciertas características del animal, etc.); aunque en este caso no se trata de una aplicación de la técnica de clonación en sí, sino de la utilización de animales transgénicos cuya obtención la clonación simplemente ayudaría (por sus posibles ventajas sobre la microinyección que ya comentamos).

b) Consumidores: se podría confiar en obtener un producto de características uniformes y alta calidad.

Uno de los más claros inconvenientes aquí es que la obtención de un rebaño clónico sería algo muy costoso, no sólo de obtener, sino de mantener. Cualquier nuevo animal del rebaño debería conseguirse por una nueva clonación, pues por medio de una reproducción sexual

normal las características genéticas del animal se perderían.

5.1.3 Para la industria farmacéutica: una aplicación muy interesante de los animales clónicos es la posibilidad de utilizarlos en experimentos con medicamentos. Su igualdad eliminaría la variabilidad genética que dificulta la interpretación de los resultados en los estudios corrientes.

Una segunda aplicación es, nuevamente, la clonación de animales transgénicos tanto para utilizarlos como fuentes de sustancias de interés farmacológico (por ejemplo: insulina o factores de coagulación producidos en la leche), como a fin de poder utilizar sus órganos para trasplantes humanos evitando el rechazo. Esto permitiría obtener numerosos individuos iguales a partir de aquellos animales cuyas características genéticas fueran más idóneas para este fin. Es interesante hacer notar que la empresa que está detrás de *Dolly*, PPL Therapeutics (cuyas acciones subieron el día antes de publicarse la obtención de *Dolly* un 67% [Hodgson, 1997]), tiene intención de obtener proteínas terapéuticas en la leche de ovejas, así como desarrollar cerdos transgénicos para trasplantes (aunque en este caso hay que solventar el problema de la posible transmisión de virus porcinos a humanos). De la misma forma, otros animales transgénicos con propiedades de interés podrían ser clonados (Wilmut, 1999).

5.1.4 Para la ecología: otra posible aplicación es la posibilidad de preservar especies en peligro de extinción. Sin embargo, en este caso es interesante que la clonación tenga éxito entre especies diferentes, pues de lo contrario sería necesario contar con un gran número de hembras de la especie en vías de extinción, que se supone no estarían disponibles...

5.2 Clonación humana

Mucho se están discutiendo las posibles utilidades de aplicar la clonación a los seres humanos. Varios usos se ha sugerido, algunos con un cierto aire de ciencia-ficción:

5.2.1 Obtención de hijos en casos de esterilidad: en casos en los que el hombre no tiene células germinales funcionales, se podría utilizar la clonación como solución. Como discutiremos más adelante, en este caso no se trata de una solución de la esterilidad, sino el recurso a una reproducción totalmente diferente de la habitual humana, la reproducción asexual. Otra aplicación sería para mujeres que, por su avanzada edad, no fueran ya fértiles y desearan tener hijos.

5.2.2 Obtención de hijos en casos de enfermedades hereditarias: la clonación hace posible el control del patrimonio genético de la descendencia, algo que, si bien podría ser una puerta a la eugenesia, generalmente se propone con fines menos estridentes, como son las aplicaciones terapéuticas. Así, una mujer con enfermedades mitocondriales genéticas hereditarias podría recurrir a la clonación para tener un hijo propio sano, usando el óvulo de otra mujer. De esta forma evitaría transmitir a su hijo sus mitocondrias, cosa inevitable en una reproducción con sus propios óvulos.

Otra variante es que por reproducción sexual *in vitro* se obtenga un embrión y se tome uno de sus núcleos para clonarlo en un óvulo donado (proceso que resulta más eficiente que el sistema de clonado a partir de células adultas). En ese caso, el hijo no sería clónico de uno de los dos padres adultos, sino de sí mismo, de su propio embrión... Esto mismo se podría utilizar en casos de fecundación *in vitro* difíciles en los que sólo se obtiene un embrión.

En el caso de enfermedades que afectasen al genoma del núcleo celular, la solución es difícil. Una posibilidad que se viene proponiendo desde hace años (aunque actualmente hay un amplio consenso en posponer su uso humano) es aplicar la terapia génica germinal (muy esquemáticamente es la corrección de un defecto genético hereditario mediante la introducción en el embrión de un gen que está ausente o defectuoso). Esta terapia génica se vería facilitada por la clonación, al ser posible corregir el defecto en células *in vitro* y después clonarlas.

5.2.3 Sistema de "resucitación": en caso de producirse la muerte de una persona (por ejemplo: en un accidente), se trataría de recuperar al fallecido por medio de la clonación a partir de una de sus células. Algo que puede ser muy tentador para los padres con hijos de corta edad (Fainzilber, 1997; Annas, 1998).

5.2.4 Obtención de hijos idénticos como capricho de inmortalidad: sería una forma de obtener una especie de inmortalidad genética, más exacta que la obtención de hijos por reproducción sexual (ver apéndice 3).

5.2.5 Obtención de réplicas como fuentes de órganos para trasplantes: así se podría tener un depósito de órganos de reserva. En caso de trasplante desaparecería el rechazo. El problema técnico que aquí se plantea es que para conseguir un órgano adecuado el rechazo no es el único problema. El órgano generalmente se necesita con cierta rapidez.

No es pues posible esperar a la clonación, la gestación y el crecimiento de la nueva persona. A menos que se realizase la réplica de la persona desde la infancia del individuo clonado y se la tuviese en reserva durante el resto de su vida hasta que fuese necesario utilizarla...

En este caso no debe sorprender que adelantemos que la objeción obvia es que para obtener esos magníficos órganos de repuesto es necesario matar al clónico, algo que no parece necesitar de mucha discusión para ser rechazado (no en todos los casos, en ciertos trasplantes no es necesaria la muerte, y así se producen donaciones entre miembros de la misma familia, de órganos dobles o de tejidos; en este sentido, ya en el pasado, ha sido posible tener un hijo de forma sexual con la esperanza de que sus características biológicas le permitan convertirse en donante para otro miembro de la familia). Esta última posibilidad es una de las más delicadas, a juicio del informe de la NBAC es el caso que más favorece la posibilidad de clonación (NBAC, 1997/79), aunque considera discutible si es posible aprobar toda una técnica como la clonación para un solo caso particular (NBAC, 1997/80, 81). Además, podemos preguntarnos si el hecho de que se haya realizado, en el pasado, algo similar por métodos convencionales de reproducción legítima esta aplicación de la clonación, o si, más bien, se debe criticar esta práctica globalmente como una forma de utilización de los hijos. Pero es aquí donde causó sensación la portada del ampliamente difundido en Gran Bretaña *The Sunday Times* del 19 de Octubre de 1997: "Rana sin cabeza abre un camino para factorías de órganos humanos" (Morton y Williams, 1997). La información se basaba en estudios sobre genes controladores del desarrollo embrionario. En estos estudios se produjeron renacuajos sin cabeza o sin cola. De ahí no había más que un paso para pensar en obtener clónicos sin cabeza utilizables para trasplantes. Según este enfoque, no habría ningún problema ético, pues estos "humanos" anencefálicos, al no tener cabeza, no tendrían ningún tipo de personalidad o sentimientos. Soñando un poco más, se podría llegar a hacer crecer organismos en los que solamente se desarrollase el órgano de interés, quedando reducidos a simples órganos envueltos en una especie de sacos de piel, para lo cual se utilizaría un sistema placentario artificial (Universidad de Bath, 1997).

Otra alternativa que se está manejando es la posibilidad de realizar una clonación y no llevar a término el embrión resultante, sino utilizar sus células para establecer cultivos de células madre ("*stem*"), que podrían

ser luego inducidas a diferenciarse en diversos tipos de tejidos utilizables en trasplantes. Se trataría, al igual que antes, de la destrucción del clónico, aunque sin esperar a su nacimiento (Solter, 1998). Algunos no han dejado de comparar esta polémica con el aborto (Kassirer y Rosenthal, 1998). En paralelo con estas técnicas que implicarían la formación de un embrión y su utilización como fuente de células, se han realizado investigaciones que pretenden usar células madre que pueden encontrarse en el cuerpo, incluso de un adulto, para programar su diferenciación hacia tejidos celulares deseados. De forma más especulativa, podrían utilizarse incluso células diferenciadas que pudieran desdiferenciarse y rediferenciarse por un camino distinto, para dar lugar a un nuevo tejido. Todo estos estudios en la diferenciación y desdiferenciación celular pueden ser muy útiles en el campo de los trasplantes, y tal vez en el futuro no se vea como necesario recurrir a tejidos embrionarios o fetales (NBAC, 1997/31).

6.- PROBLEMAS ÉTICOS SUSCITADOS POR LA CLONACIÓN

En este apartado vamos a ir siguiendo las posibles aplicaciones de la técnica e indicando algunas de las cuestiones éticas que se están debatiendo.

6.1 Clonación animal

En general se considera que no habría grandes problemas éticos, aunque no deberían olvidarse las pertinentes reflexiones sobre los derechos de los animales. En caso de aceptarse la clonación, sería necesario que se legislase su práctica y que se justificase el fin perseguido dentro de un respeto, para evitar abusos en la experimentación animal. Hay que tener en cuenta que estos experimentos suelen implicar a numerosos animales y que la tasa de éxito es muy baja, lo que lleva consigo que muchos embriones no lleguen a término, que en otros casos se produzcan muertes poco después del nacimiento, y que incluso la vida de las gestantes esté amenazada en ciertas ocasiones.

Tal vez el mayor problema aquí no viene de una preocupación sobre el carácter ético de la clonación animal en sí, sino más bien de las consecuencias que se podrían derivar de su aplicación a gran escala. Sería un grave problema la posibilidad de que determinadas poblaciones animales pudieran ir homogeneizándose hasta el punto de afectar seriamente a la diversidad genética, un valor muy importante que hay que conservar. Por una parte hay un claro interés de por sí en

mantener una riqueza de diversidad genética que puede ser interesante en un futuro; pues, aunque se suele suponer que todos los miembros de una especie son iguales, esa igualdad es sólo superficial y encubre una gran riqueza biológica. Por otro lado, una de las primeras ventajas de esa biodiversidad es la posibilidad de una resistencia a una enfermedad (por ejemplo, una infección; en el caso humano se han localizado individuos con inmunidad natural al VIH causante del SIDA, cuyo origen, según algunos, puede remontarse a una mutación producida hace siglos que protegió a sus portadores de alguna grave epidemia [O'Brian y Dean, 1997]).

Junto al peligro de que una cierta enfermedad (especialmente de tipo infeccioso) pueda poner en peligro gran número de seres, por ser todos "iguales", está el peligro de que esa población clonal extienda alguna característica genética no deseada. No sería descabellado suponer que ese ser originario, que pudiera ser clonado numerosas veces, tuviese alguna tara genética inadvertida que fuese extendiéndose (ya comentamos el peligro de que una mutación somática se convirtiera en hereditaria por este procedimiento de clonación).

La legislación debería intentar buscar un equilibrio entre el deseo de homogeneidad en el ganado (que es algo que a los ganaderos puede interesarles) y el mantenimiento de una diversidad genética (que es un valor de interés ecológico que enriquece a esa población). El NBAC propone que, si esta técnica se generalizase, sería necesario mantener un grupo de animales genéticamente diverso de cara al futuro (NBAC, 1997/25).

6.2 Clonación humana

Aunque teóricamente las mismas reflexiones sobre la biodiversidad que hemos mencionado antes, pueden aplicarse a los seres humanos, es poco probable que se pretenda en el caso humano realizar clonajes a gran escala. Por ello, los principales problemas son de otro tipo.

6.2.1 Oportunidad del uso de esta técnica: la primera consideración que debe hacerse es si es necesario utilizar estas técnicas para algo. Hay que plantearse si los objetivos que se persiguen con la clonación son o no alcanzables por otros medios. Si lo que se quiere tener es un hijo, hay muchos procesos para conseguirlo (tratamientos contra la infertilidad, adopción, etc.); pero si lo que se quiere, además, es reproducirse, la clonación no tiene sentido. No se trata de una técnica que corrija la infertilidad de ciertas personas, pues la posibilidad de

reproducción asexual por clonación está al alcance de todos (fértiles o no) y porque la clonación no es un sistema de reproducción, sino de replicación. Se trata simplemente de emplear la reproducción asexual en lugar de la sexual, pero en absoluto de recuperar la posibilidad de reproducción sexual (como en sistemas artificiales de inseminación).

Se ha discutido si la legislación debiera o no prohibir la clonación, pues si la investigación se hace con fondos privados tal vez no podría objetarse legalmente (aunque si moralmente) por su falta de oportunidad. Sin embargo, en cualquier caso, sí sería posible que este tipo de investigaciones no estuviesen financiadas y promocionadas por el Estado si se considera que no es una necesidad de la sociedad (de hecho, actualmente, los Estados organizan la financiación de la investigación científica de acuerdo a ciertos criterios de prioridades). Esto no debería ser motivo para que el Estado perdiera el control sobre este tipo de investigaciones y se dejase en manos de la empresa privada como algunos temen. El Estado podría legislar el tipo de información que en este caso se le debería dar (por ejemplo, imponiendo la necesidad de obtener permisos para ciertas investigaciones). G. J. Annas, de la Universidad de Boston, ha propuesto que el peso de la prueba recaiga no en los legisladores que deben ir detrás de la ciencia prohibiendo cualquier nueva técnica, sino en los científicos que deban demostrar la utilidad de la técnica, para que su uso sea permitido (así da un ejemplo extremo, que toda la especie humana quede estéril) (Annas, 1998). Al parecer en esto coincide con la experta en legislación reproductiva Lori Andrews, que denuncia: "Veo un total cambio en el peso de la prueba, para decir que debemos permitirlo, a menos que se pruebe que está realmente causando perjuicios." (citado en Hoyle, 1998) Esa postura es precisamente la defendida por J. A. Robertson, de la Universidad de Texas (Robertson, 1998).

6.2.2 Concepto de la vida y de su reproducción implicado en la clonación: se ha señalado que la clonación introduciría un concepto mercantilista y utilitario de la vida, que pasaría a ser un producto de mercado. Este carácter mercantilista podría ser aplicable a otros casos como el de las madres de alquiler. ¿Es admisible que el tener hijos se relacione con una compra-venta? ¿Cómo es posible diferenciar ésta de la trata de esclavos o la venta de niños? ¿Se puede pagar por conseguir un hijo? La realidad es que el mercado reproductivo es cada vez mayor

y esto facilita que todo lo que pueda convertirse en un negocio se haga. Se ha calculado que el mercado reproductivo en los EE. UU. mueve anualmente unos cuatro mil millones de dólares... (unos seiscientos mil millones de pesetas).

El carácter utilitario no sólo podría ponerse de relieve en aquellos individuos deseosos de perpetuarse en esta suerte de inmortalidad, llamémosla "saltatoria" (de persona en persona, una especie de reencarnación tecnológica, o más bien de renacimiento), que, como hemos señalado, no podría ser nunca posible por los factores tan complejos que intervienen en la génesis de la personalidad. Hay otra área, como es la "resucitación" de un niño (o no tan niño) fallecido mediante la clonación de alguna de sus células. ¿Hasta qué punto esto no está motivado por el deseo egoísta (que, además, no cuenta con el consentimiento del niño) de recuperar lo que "se me ha roto"? ¿Es posible considerar la pérdida de un ser humano algo recuperable como la pérdida de un objeto cualquiera?

6.2.3 Destrucción de embriones: si finalmente se llevase a cabo la clonación humana, una de las consecuencias obvias de todo este proceso es la necesidad de formar numerosos embriones, así como la pérdida de muchos de ellos. En este sentido, la clonación no introduce nuevos problemas éticos, tan sólo es una forma nueva de obtener un embrión in vitro y por ello se la podría someter al mismo tipo de objeciones que la fecundación in vitro, con el agravante de que la eficiencia del proceso de clonación (de momento) es muy baja y llevaría a la pérdida de todavía más embriones. Y no solamente embriones, los estudios en animales han mostrado la gran cantidad de defectos en el desarrollo, algunos de los individuos recién nacidos tienen diferentes deficiencias que hacen muy precaria su vida e incluso los conducen a una temprana muerte. En el caso humano ¿quién se haría cargo de los "errores" del proceso de clonaje? ¿Se desarrollaría un intenso seguimiento para producir rápidos abortos a la menor sospecha? ¿Y si algún clónico con cualquier tipo de deficiencias llegara a nacer?

Sin embargo, en el caso de utilizar un embrión clónico como fuente de células para terapias en el clonado, la destrucción del embrión no es un defecto asociado de la técnica, sino el objetivo buscado. La posibilidad de clonar a una persona para después matar a la persona clónica resulta imposible, porque la condición de clónico no justificaría su asesinato (esperemos); sin embargo, según la destrucción del individuo

se haga retroceder hasta estadios más tempranos de su desarrollo, y especialmente si se realiza antes del parto, la vía abierta por el aborto y otras técnicas de manipulación de embriones facilita la aceptación de semejante procedimiento (Solter, 1998; Kassirer y Rosenthal, 1998; Robertson, 1998). Donald Bruce ha señalado la contradicción entre la generalizada negativa a la clonación humana con fines reproductivos y la posibilidad de clonación a fin de ser "desguazado" para trasplantes (Bruce, 1999). J. A. Robertson defendió en un documental televisivo la posibilidad de tomar órganos de un hijo clónico siempre y cuando esto no le causase daños, dado que todas las donaciones no implican la muerte del donante, pero en el caso de donaciones de corazón, esto podría realizarse en fetos dentro de aquellas sociedades en las que ya se acepta el aborto (La sept ARTE, 1999). En este caso, el utilitarismo al que se sacrificaría al embrión es más evidente que en cualquiera de los supuestos habituales de despenalización del aborto...

A propósito de los posibles daños que el clónico sufriría por ser obtenido mediante una clonación, se ha desencadenado un interesante debate. J. A. Robertson afirmó ante la NBAC sobre la posibilidad del nacimiento de un niño clónico con problemas de salud:

"[...] Pero el niño que resultara no habría existido sino fuera por el procedimiento en cuestión, y si la intención en ello es realmente beneficiar a ese niño trayéndolo a la existencia... esto debería clasificarse como experimentación para beneficio del niño y por tanto se encuadraría dentro de excepciones reconocidas... Tenemos un conjunto de reglas muy diferentes para la investigación dirigida a beneficiar al sujeto experimental." (NBAC, 1997/65).

El argumento consiste en considerar que es beneficioso el nacer en comparación con el no ser concebido. Así se llega a comparar la existencia con la no-existencia (que nadie sabe lo que es). Pero lo más horrible es que cualquier cosa que uno pueda hacer a esa criatura, puede justificarse en base a la alternativa de no haber nacido. Cualquier sufrimiento o problema derivado de la clonación no es nada, pues peor sería no nacer. Ante semejante argumentación, el principio de no hacer daño a otros (recogido ya en el código hipocrático) debe extenderse incluso a aquellos que todavía no viven. Así, el informe de la NBAC menciona un caso en el que la justicia estadounidense reconoció la responsabilidad legal en relación a acciones realizadas antes de la concepción de un niño, que afectasen a su salud (NBAC, 1997/92). Lori Andrews ha señalado que con esta argumentación de J. A. Robertson

podrían justificarse experimentos horribles como híbridos entre humanos y animales o la disparatada idea de algunos de crear personas sin piernas a fin de poderse desenvolver mejor en el ambiente sin gravedad de las naves espaciales (en el fondo esto no es tan diferente de aquellos experimentos inspirados en los renacuajos sin cabeza o sin cola) (La sept ARTE, 1999).

6.2.4 Incertidumbre sobre la situación personal del clónico y del clonado: es imposible poder predecir los daños y problemas psicológicos que podrían darse para el clónico por su forma de origen: dificultades de identidad, desarrollo de personalidad frente a su "otro yo", etc. Algunos de estos problemas los estudiaremos en los siguientes apartados.

La única respuesta vendría de la realización efectiva de una clonación. Pero en tal caso, esa clonación sería, hasta cierto punto, un experimento. En sí, es posible hacer determinados experimentos en seres humanos (pasados ciertos controles que la legislación determina, por ejemplo, una amplia comprobación previa en animales). Pero en este caso el problema que se plantea no es tanto biológico (que podría ser puesto a punto y satisfactoriamente resuelto en experimentación con animales, como cuando se ensayan fármacos), sino psicológico, que es algo que nunca encontrará un modelo animal adecuado para ser estudiado previamente al experimento en seres humanos, pues ni Dolly ni sus compañeras pueden explicarnos cómo se sienten personalmente.

Aunque casi todo el mundo se ha preocupado más de la situación del clónico, Lori Andrews ha señalado la posibilidad de problemas psicológicos también en el clonado. Mientras que el clónico crece y se va desarrollando, el original clonado podría ir viendo cómo su copia puede hacer todo lo que él antes hacía y ahora no puede, al ir envejeciendo. Si muchas veces vemos que, en nuestra sociedad, los ancianos se ven desplazados por un mundo orientado a los jóvenes, la sensación de ser sustituido podría ser mucho más dramática para una persona clonada, máxime si es una de esas personas que se clonaron para que su clónico fuese una especie de continuidad de ellos mismos.

6.2.5 Derecho a la identidad personal: desde un principio se han destacado los posibles problemas psicológicos que el sujeto clónico pudiera tener en el desarrollo de su identidad; pero aquí queremos ir un paso más allá y considerar también si esta forma de reproducción

podría afectar a sus derechos. Hasta el momento, una de las garantías de la individualidad, libertad y dignidad de cada persona es su carácter único e impredecible (desde su concepción y durante su desarrollo posterior). La herencia genética es algo que no puede ser controlado y los padres deben aceptar a sus hijos tal como son (al igual que los hijos deben aceptar a sus padres). Esto ya se empieza a modificar con la posibilidad de los abortos (que producen una eugenesia por selección negativa), la elección del sexo de los hijos, el uso de gametos donados, etc. Para algunos, la clonación, al permitir el control sobre el genoma de los hijos, sería la puerta para la eugenesia, el "hijo a la carta". El control de los padres sobre los hijos no ya a niveles de influencia personal mediante la educación, como ha ocurrido tradicionalmente, sino biológicamente es cada vez mayor. La clonación sería un paso más en ese sentido hacia el control biológico total de la descendencia, una auténtica "manufacturación" (NBAC, 1997/68).

De esta manera se podría hacer la pregunta clave de si una persona tiene derecho a un patrimonio genético propio e individual. Si resulta escandaloso que una persona sea manipulada a nivel intelectual, por ejemplo, con un "lavado de cerebro" que en el fondo es una especie de "clonación intelectual", ¿no sería igualmente cuestionable ser objeto de una "clonación biológica"? ¿Acaso tiene alguien el derecho a erigirse en "modelo genético" para los demás? ¿Es, pues, posible exigir el derecho de una persona a ser ella misma y no ser el clónico de otro individuo? ¿Podríamos afirmar que una persona nace con un derecho a un patrimonio biológico personal individualizado al igual que con otros derechos fundamentales?

Uno de los tópicos al discutir sobre la identidad personal del clónico es la comparación con los gemelos. Como afirma G. J. Annas:

"[...] Cuanto más se acerca uno al estado embrionario, más se parece clonar un niño al mucho menos problemático método de clonar por 'gemelación' o división embrionaria. Y los defensores de la clonación tienden a querer 'naturalizar' y 'normalizar' la replicación asexual argumentando que es como tener gemelos 'naturales.' " (Annas, 1998).

Resulta obvio que los gemelos naturales nacen y se desarrollan a la vez, en paralelo (sin saber uno las decisiones que el otro está haciendo a la vez), y no uno después (el informe de la NBAC habla de "gemelos genéticos 'postergados'", "delayed") y en función del otro (pues se trata de un fenómeno azaroso, ni predecible, ni elegible, ni controlable). Lo que se está duplicando aquí es un ser, que no ha existido antes y cuyas

características todavía no son conocidas, todo lo contrario que en la clonación.

6.2.6 Derecho a una doble paternidad: cualquier técnica de fertilización in vitro desarrollada hasta la fecha alteraba solamente la fertilización, pero no negaba la existencia de este proceso. Se necesitaba un padre y una madre (al menos biológicos) que pusieran, un gameto cada uno. Esta situación se ve ya distorsionada por el anonimato en el que quedan los padres (en el caso de emplearse óvulos o esperma donados). Esto ya amenaza la posibilidad de que una persona pueda conocer a sus padres biológicos. Algo que no es una trivialidad, dado que, si bien la biología no lo es todo, también tiene su papel. En este sentido resultan instructivas las búsquedas, a veces complejas, de muchas personas por conocer sus familias "biológicas".

La clonación humana en principio puede hacerse implicando dos personas (una donadora del núcleo y otra del óvulo sin núcleo), aunque ya se ve aquí claramente que la madre biológica no sería madre en pie de igualdad con el progenitor donador del núcleo (hombre o mujer), sino más bien una gestante. Como indicamos antes, podría diferenciarse entre la madre donadora del óvulo, la gestante y la que luego se hiciese cargo del bebé... Pero si bien la multiplicación de "madres" puede disparatar el proceso, también es posible reducirlo todo a un progenitor. Una mujer puede donar de una de sus células somáticas el núcleo a uno de sus óvulos y gestar luego su hijo. En este caso, queda claro que estaríamos ante una reproducción asexual (de tipo "partenogenético"), que negaría el padre a la nueva persona (aunque visto desde otro punto de vista, los padres de esa persona serían sus abuelos, siendo su "madre" solamente un "intermediario" biológico, pero nunca su "madre biológica", pues sus cromosomas no se han intercambiado con los de otra persona para dar lugar a un nuevo ser).

Los defensores de la clonación humana ya están avanzando el concepto de "autonomía procreativa", según el cual la clonación entraría dentro de los "derechos reproductivos" de la persona (Harris, 1997). No sería de extrañar que esa "autonomía procreativa" fuese en el futuro bien acogida entre grupos a los que una reproducción asexual podría convenir y que ahora tienen que recurrir a las adopciones, inseminaciones a partir de bancos de gametos, etc. (por ejemplo: padres/madres solteras, homosexuales, etc.) . Es curioso que sólo se tengan en cuenta los derechos reproductivos y no los derechos de

paternidad/maternidad de la persona. ¿Acaso el único derecho a tener en cuenta es el de reproducirse sin tener ninguna obligación hacia los hijos? Si esto se impone, algo distintivo de los seres humanos (compartido en parte con animales "superiores") se perdería. Da la impresión de que se podría llegar a una situación en la que la responsabilidad de los padres humanos hacia sus hijos sería equiparable a la de ranas, peces o insectos... También hay que señalar que no se puede hablar de reproducción en el sentido humano del término, pues la reproducción asexual no es un sistema humano de reproducción (sólo aparece en especies animales "inferiores"). ¿Acaso pasar de la reproducción sexual a la asexual no es un empobrecimiento, un retroceso, incluso biológicamente?

6.2.7 Derecho a la privacidad de la información biológica: una reflexión adicional es el secreto en relación con la información biológica. Desde hace tiempo, se ha discutido el derecho a la privacidad de la información biológica de una determinada persona a propósito de la realización de análisis genéticos. Esta información puede incluir la presencia de factores genéticos asociados a una propensión a padecer determinadas enfermedades (por ejemplo, enfermedades hereditarias, ciertos tipos de cáncer, etc.) y ser utilizada con fines discriminatorios. Si una persona es clónica de otra, ¿hasta qué punto la privacidad de su información biológica estaría a salvo, dada la casi total identidad entre ambos individuos? La información biológica obtenida sobre un individuo podría ser extensible (hasta cierto punto) a los demás miembros del clon.

6.2.8 Derecho a la libertad personal: ante todas las cuestiones anteriormente tratadas, es posible poner en duda si una persona clónica tendría unas auténticas garantías de disfrutar de un verdadero derecho a la libertad personal, tanto desde un punto de vista puramente interior, como en sus relaciones familiares, sociales e incluso legalmente: el clónico ¿es sólo el hijo o también el hermano gemelo del clonado? ¿Cuáles serán sus relaciones? ¿Podrá alcanzar la independencia que todo hijo necesita respecto a sus padres? La gran pregunta general aquí es, pues: ¿hasta qué punto su libertad personal no quedará limitada por todas esas situaciones que le vendrían impuestas como clónico?

Además, sería importante que nuevas restricciones no bloqueasen totalmente su libertad personal. Por ejemplo, es imprescindible que

nadie pueda considerarse propietario de semejante persona por su carácter de copia genética. Sería, por tanto, imprescindible garantizar la independencia del individuo clónico respecto del original clonado, y evitar la formación de un grupo de individuos clónicos de "segunda categoría". Este tema es muy importante a propósito de las clonaciones como fuentes de órganos. Aparte de los problemas que puede suscitar la reproducción por clonación en sí misma, antes vistos, y sin necesidad de repetir argumentos relacionados con la dignidad de la vida del individuo, en este caso se trataría de producir seres humanos para matarlos posteriormente. En la mayor parte de los trasplantes (con la excepción de la extracción de uno de los órganos dobles, del hígado o de la médula ósea), se produciría la muerte del individuo, esto equivale a un asesinato (con no pocos agravantes...).

Ante todos estos problemas planteados, diversas voces se han alzado pidiendo la prohibición o, como mínimo, una moratoria en el empleo de esta técnica para la clonación de seres humanos (no para clonar ADN en células o clonar animales), que permita discutir a fondo los problemas suscitados (Hoyle, 1998; Bloom, 1997). Ya vimos, en el apdo. 4.1, como algunos países tienen leyes que impiden la clonación humana. Numerosas asociaciones y grupos por todo el mundo se han manifestado a favor de esta moratoria, a la que se sumaba también el informe de la NBAC.

No solamente las consideraciones éticas mueven estas iniciativas. R. Hoyle ha señalado perspicazmente cual puede ser uno de los peligros de que la ciencia y la tecnología se dejen guiar por aquellos que están impacientes por aplicar la clonación a los seres humanos. Su artículo La arrogancia en la clonación humana puede plantear una amenaza a la biotecnología de enero de 1998 (Hoyle, 1998) deja bien claro su miedo citando a Carl Feldbaum, presidente de la Organización de Industria Biotecnológica (Biotechnology Industry Organization, BIO; Washington, EE.UU.). Una excesiva ansiedad en este sentido puede llevar a una reacción totalmente opuesta por parte de la sociedad (ver también Wadman, 1997). Puede llegar un momento en que los ciudadanos, cansados de tragar y de aceptarlo todo, acaben por rechazar en bloque, no sólo estas técnicas problemáticas, sino campos más amplios de la ciencia. La prudencia debería llevar a los científicos y gestores de la investigación a no presionar más allá de lo razonable. La ciencia está ocupando un papel preponderante en nuestra sociedad; pero esta pequeña elite orgullosa puede llegar un momento en el que deje de

caer simpática a la sociedad, de la que vive, y a la que sirve. No debe extrañar que algunos, aunque sólo sea por el egoísmo de conservar su privilegiada posición, estén pensándose.

7 REFLEXIONES CRISTIANAS A PROPÓSITO DE LA CLONACIÓN

Al menos dos consideraciones deberían guiar la reflexión cristiana en relación con la clonación animal. Por una parte el respeto a la creación, parte fundamental de la cual son los seres vivos y, en especial, los animales. El cuidado y uso responsable de la creación debe ser el ideal cristiano frente al concepto expoliador de la naturaleza del hombre "desarrollado". En segundo lugar, no debemos olvidar que la variedad es un valor altamente apreciado en la naturaleza a lo largo de toda la Biblia. La diversidad del mundo mineral, vegetal y animal, así como humano (razas, individuos, etc.) es algo querido y bendecido por Dios. Ambas consideraciones pueden encontrarse desde el relato de Génesis 1 hasta las visiones del Apocalipsis.

Cuando pasamos a considerar la clonación humana, a estas consideraciones deben sumarse otras más. Lo más inmediato es una reflexión general sobre la ciencia y la tecnología. Los cristianos debemos estimular su uso responsable; pero tenemos también que denunciar el uso abusivo de ellas y su idolatría, señalando el carácter superior del ser humano frente a cualquier "progreso". El gasto de ingentes sumas en la investigación de la clonación humana y en su puesta en marcha chocaría con la abundancia de niños que mueren por carencia de medios en el planeta. Sería conveniente realizar una reflexión sobre hasta qué punto resulta razonable desarrollar una nueva técnica sólo por el mero hecho de que sea posible técnicamente. El físico entusiasta de la clonación, Richard Seed, afirmó en televisión que: "Cualquier cosa que pueda hacerse, se hará. Es absolutamente imposible detener a la ciencia" (La sept ARTE, 1999). Parece increíble que algunos no se den cuenta que el debate no es si se hará lo que técnicamente puede hacerse, sino si debe hacerse. Esto no es ya un problema científico-técnico, sino moral, que no es de extrañar que, quienes solamente piensan en términos de posibilidades técnicas, no puedan comprender. El que algo se pueda hacer no implica que se deba hacer. No tenemos por qué explorar todas las posibilidades. Las armas nucleares pueden construirse desde mediados del siglo XX y lanzarse contra las ciudades; pero ¿debemos hacer eso? Sería inaceptable, por ejemplo, defender de esta manera la posibilidad de

experimentos aberrantes, como podría ser la vivisección humana, que también puede hacerse (no olvidemos que el nazismo no tuvo inconvenientes en caer en barbaridades de este tipo [Tuillier, 1991]). La experimentación humana tiene serias limitaciones. No es posible hacer cualquier experimento con seres humanos, por muy interesante que pueda ser, por muy útil y por muy necesario que pueda parecer (desde hace décadas existen códigos éticos internacionales sobre la experimentación humana: Código de Núremberg y Declaración de Helsinki). Es demagógico afirmar que la ciencia no debe tener límites ni trabas. El ser humano siempre debe estar por encima de la ciencia y la tecnología y ser un claro límite para ambas. Por si fuera poco, es razonable correr riesgos y recurrir a la experimentación humana, incluso cuando no hay una evidencia muy fuerte a favor de las nuevas técnicas (tratamientos "compasivos"), si hay pacientes en un grave estado, que necesitan desesperadamente un tratamiento. Pero aquí no hay pacientes en riesgo. Es más, aquí es esta nueva técnica la que supondría poner en riesgo a las personas (NBAC, 1997/64).

Los cristianos hemos de ser vigilantes en el respeto hacia los seres humanos en cualquier etapa de su vida. Niños o ancianos deben ser especialmente protegidos. Dentro de ese esquema debe considerarse el desarrollo embrionario como el primer tramo de la vida (en algunos aspectos el más decisivo). Hay que evitar la torpeza de que la sensibilidad se mida con una regla: cuanto más pequeño es el ser, menos sensibilidad nos despierta. Es un error no ver en un embrión humano más que una, cuatro, treinta y dos o varios cientos de células y olvidar que allí está originándose una persona como nosotros. Debe evitarse el juego con los orígenes de la vida humana. Los cristianos hemos de mantener la consideración de la persona como ser único e irremplazable. Cada ser humano es una creación única, que no puede ser sustituida por una fotocopia. De esta convicción se desprende un radical respeto por las personas, por encima de cualquier objeto sustituible.

Pero como cristianos debemos ir más allá y tenemos que ser muy sensibles a la consideración de que la vida humana no solamente es una cuestión genética, sino que la persona tiene que desarrollar una personalidad propia. Debe reflexionarse hasta qué punto la clonación no es una amenaza solamente para aspectos biológicos (como cuando se reflexiona sobre la biodiversidad, especialmente en animales o los daños físicos que podría sufrir el clónico debido al proceso de

clonación), sino para otros aspectos fundamentales de la persona humana.

Frente a las tenebrosas propuestas eugenésicas, el cristianismo debe defender valientemente el derecho a que cada persona pueda poseer su propia identidad a todos los niveles, sin necesidad de ser obligado a encajar en el modelo preconcebido de nadie, ni de ser incluido en un "rebaño" humano en el que no sea considerado individualmente. Es necesario recordar que también los derechos de los padres sobre los hijos tienen límites. Los hijos no son unos bienes de consumo que puedan hacerse de encargo. Como señala Donald Bruce, el cristianismo los ha considerado como un don y no un derecho exigible (Bruce, 1999). Por otra parte, los hijos no son algo que se tiene de forma puntual, sino que forman parte de la unidad familiar en la que tienen derechos y obligaciones. El cristianismo concibe la procreación (que es más que la mera reproducción biológica) dentro de una relación personal, resaltando y valorando los aspectos relacionales, y no como una forma de replicación unilateral.

El derecho a la libertad de toda persona no puede ser olvidado por los cristianos, sino considerado como algo elemental e indiscutible. La posibilidad de clonarse puede parecer un ejercicio de la libertad personal; pero hay que preocuparse de si esto supone o no una limitación de la libertad del clónico. Richard Seed afirma que la clonación se aceptará en unos 5 años cuando nazcan los primeros niños clónicos. Lori Andrews está muy preocupada porque cree que cada vez es menos el tiempo que separa el pánico de la aceptación (La sept ARTE, 1999). ¿Se aplicará, como en otras ocasiones, una política de hechos consumados junto a eslóganes presuntamente "libertarios" que preparen el terreno? Si algún día la clonación se llegase a practicar, los cristianos, sean cuales sean sus opiniones sobre la clonación, deberían estar en primera línea luchando porque estas personas clónicas tuviesen una garantía de libertad igual que las demás personas. "Los resultados de Wilmut y colaboradores indudablemente tienen mucho mérito. Uno de sus efectos es que nos obligan a encarar nuestras responsabilidades. No es una barrera técnica la que nos protegerá de las perspectivas que he mencionado, sino una moral, que nace a raíz de una reflexión acerca de los fundamentos de nuestra dignidad. Esa barrera es con toda seguridad el aspecto más digno del genio humano." (Kahn, 1997)

APÉNDICE 1. LA TÉCNICA DE CLONACIÓN

A1.1 Las técnicas biológicas que la han hecho posible

A1.1.1 Cultivo de tejidos: en un laboratorio no sólo podemos trabajar con los materiales que forman las células, ADN, proteínas, etc., sino que desde hace décadas se han venido perfeccionando las técnicas que nos permiten manipular las células completas. Las técnicas de cultivo de tejidos permiten mantener vivas células separadas de sus organismos en grandes incubadores a la temperatura y humedad adecuadas. Para su manipulación se utilizan cabinas estériles. Actualmente podemos introducir ADN manipulado genéticamente, no sólo en bacterias, sino también en células de cualquier clase, incluyendo numerosos tipos de células humanas. Antes de llevar un estudio de ingeniería genética a animales de laboratorio, se suele aplicar a células en cultivo, lo que es más fácil y barato.

En las últimas décadas el cultivo de tejidos ha perfeccionado las técnicas de conservación y manipulación de óvulos, esperma y embriones.

A1.1.2 Microinyección: hay diferentes técnicas para introducir material genético en células, una de las más espectaculares es esta técnica que, usando unas finas micropipetas de cristal, permite inyectar materiales en las células. El avance de estas técnicas ha permitido el acceso preciso a células individuales, en lugar de poblaciones celulares, e incluso a partes de ella, como el núcleo u orgánulos grandes (por ejemplo, las mitocondrias, que tienen su propio ADN). Esto ha facilitado experimentos de ingeniería genética directamente sobre el material genético del núcleo. Este sistema se utiliza en algunas técnicas de fecundación artificial, como la inyección intracitoplasmática de espermatozoides, que inyecta en un óvulo un espermatozoide, generando un embrión que puede luego transferirse al útero. Por este sistema también se han producido animales transgénicos, en los que se han introducido o eliminado genes (aunque la eficiencia es baja). Para ello el nuevo material genético se introduce en el núcleo del embrión unicelular que se implanta luego en una hembra "de alquiler". De esta manera es posible obtener ganado que produzca proteínas de otros seres vivos en su leche, de donde resulta fácil purificarlas (Velandier, 1997).

A1.2 La técnica de clonación por transferencia o trasplante nuclear

En este caso se trata de conseguir una copia genética directamente de

un individuo adulto. Muchas plantas se pueden reproducir por esquejes, de esta forma hay variedades vegetales que se propagan solamente por esta vía asexual. Sin embargo, en animales esto no es tan simple. Algunos invertebrados poseen una cierta capacidad de regeneración que en animales vertebrados está restringida solamente a ciertos órganos y tejidos. Pero recientemente (desde los años 80) los avances biotecnológicos han hecho el proceso posible también en animales, al permitir introducir el material genético del núcleo de una célula de un adulto en sustitución del núcleo de un óvulo. Esta técnica de clonación, que ha permitido el nacimiento de Dolly, se denomina trasplante o transferencia nuclear. Para ello se aplicó un tratamiento especial al cultivo de células adultas donantes de núcleos. En los > óvulos se eliminó el núcleo y, finalmente, se fusionaron las células donantes con los óvulos sin núcleo mediante una pequeña corriente eléctrica. Esta corriente también activó su desarrollo y, tras sucesivas divisiones, el embrión resultante se implantó en un útero "de alquiler". A pesar de la novedad con que esto se ha presentado y de la preocupación que ha causado, se han venido realizando experimentos parecidos desde hace más de cuatro décadas, especialmente en anfibios, aunque en estos casos se utilizaron núcleos provenientes de células embrionarias. En cerdos se consiguió la clonación con células de embriones de 4 células, en ratones de 8 células, en conejos de 32 a 64 células y en vacas y ovejas de hasta 120 células (NBAC, 1997/20). Con tejidos adultos se habían conseguido renacuajos que no eran capaces de alcanzar la madurez; en ratones, los resultados eran todavía peores (Pennisi y Williams, 1997). El caso de Dolly es el primero en el que se consigue un ser clónico a partir de unas células de individuos adultos (células en cultivo provenientes de la ubre de una oveja de 6 años), aunque no ha sido fácil, el éxito se obtuvo después de 277 intentos. Este éxito de 1997 en Dolly (que realmente nació el 5 de Julio de 1996, pero se publicó el 27 de febrero de 1997, aunque The Observer lo anunció el día 23 [Wilmut y col., 1997; Roslin Institute, 1997].) se debe al desarrollo de un método que hace al núcleo donado más compatible con el citoplasma del óvulo receptor (mediante un tratamiento previo en cultivo de células adultas que permite detener el ciclo celular en la fase G0).

Dolly tiene las características morfológicas del tipo de oveja donadora del núcleo (Finn Dorset) y no de la donadora del óvulo (Scottish Blackface). Lo mismo se confirma con el análisis del ADN en cuatro

sitios polimórficos. La duración de la gestación se determina por el genotipo fetal. Pero el peso al nacer está influido por el genotipo materno y fetal. Dolly, procediendo de una oveja Finn Dorset y gestada en una Scottish Blackface, tuvo un peso al nacer que se sale del rango de las Finn Dorset (1.2-5.0 kg), siendo de 6.6 kg (que es el límite al que llegan los corderos Blackface).

A1.3 La polémica científica alrededor de Dolly y la reciente confirmación de la clonación.

A pesar de todo lo anterior, no dejaron de existir sospechas de que Dolly podría provenir, no de una célula adulta, sino de una célula "stem" (madre) que no hubiese madurado a célula mamaria. Precisamente en las glándulas mamarias hay muchas células de este tipo que conservan una alta capacidad de adaptación, mayor que las células diferenciadas (Pennisi y Williams, 1997). Más aún, dado que la oveja de la que provienen esas células mamarias era gestante, algunos han sugerido la posibilidad de que hubiese una contaminación con células de origen fetal circulantes por el cuerpo de la madre (Sgaramella y Zinder, 1998). Por otra parte, desde un primer momento hubo reticencias hacia el artículo en el que se describía la obtención de Dolly. Según los científicos de la empresa que llevó a cabo la clonación (PPL Therapeutics), no se realizaron todos los controles deseables; porque, en un principio, no se pensaba obtener este resultado (de hecho las células donadoras del genoma de Dolly provienen de una oveja que murió años antes de nacer Dolly y no se han podido realizar todas las comparaciones que algunos reclaman); pero no todos creían esta versión (Pennisi, 1998a; Butler, 1998a). A principios de 1998, la polémica alcanzaba alarmantes proporciones entre expertos, que se quejaban de la falta de nuevos casos que corroborasen la realidad de la clonación a partir de células adultas casi un año después del anuncio del nacimiento de Dolly. Varios grupos de diferentes países fracasaron en el intento...

La realidad es que este tipo de experimentos es muy costoso (se habla de al menos un millón de dólares, Butler, 1998a) y, aunque hay un indudable valor teórico-científico (ver aptdo. 5.1.1), estos trabajos suelen hacerse en el marco de empresas agroalimentarias. Para los fines prácticos de clonar animales de interés comercial, da igual que su origen sea una célula adulta o una célula embrionaria, así que la investigación se dirigió a explotar la segunda alternativa, mucho más eficiente. El mismo grupo que obtuvo a Dolly, anunció el 17 de julio de

1997 el nacimiento de Polly, oveja transgénica clonada a partir de células fetales, así como otras ovejas en diciembre de 1997 (Schnieke, 1997; referencias del New York Times y ABC, 1997; ver aptdo. 5.1.1).

Dada la similitud entre el ganado ovino y bovino se veía probable extender a estos animales la técnica de clonación. Hacia esa posibilidad se avanzó en agosto de 1997 al anunciarse la obtención de Gene, que se clonó a partir de células "stem" de un feto bovino de 30 días por un método parecido al usado con Dolly (noticias sobre Gene, 1997). Otro grupo estadounidense dirigido por James M. Robl y Steve L. Stice anunció en enero de 1998 el nacimiento de George y Charlie, dos terneros transgénicos derivados de células fetales (Pennisi, 1998a). El equipo de Robl y Stice no requirió que el ciclo celular estuviera detenido en G0 (Cibelli y col., 1998).

En plena polémica, Robl y Stice anunciaron en enero de 1998 que tenían vacas gestando fetos clonados de células adultas (Pennisi, 1998a). Poco después, el grupo francés de Jean-Paul Renard anunció el nacimiento de Marguerite, vaca clonada a partir de una célula muscular de un feto de 60 días (Butler, 1998b). En el mes de Julio, la revista Science anunció la aplicación de la clonación de células adultas al ganado bovino por el equipo del japonés Yukio Tsunoda, con la obtención de dos individuos a partir de células del oviducto de vaca, anunciando la existencia de cuatro vacas más gestando embriones clónicos (Cow done Dolly-style? Science, 1998, 281:151; Pennisi, 1998b).

Pero, el 23 de julio de 1998, el panorama cambió completamente con un nuevo ejemplar de la revista Nature. En primer lugar, se publicaron un par de artículos que, utilizando las más avanzadas técnicas forenses (estudios del tipo de los que se presentan en los juicios para identificar individuos a partir de muestras biológicas), confirmaban el carácter clónico de Dolly, comprobando su total parentesco genético con las células de las que fue clonada y su radical diferencia con otros individuos ovinos (Ashworth y col., 1998). De paso se eliminaba la posibilidad de que Dolly derivase de una célula fetal circulante por el cuerpo de la madre, pues esa célula debería tener sólo la mitad de su patrimonio genético igual a la madre.

El principal problema en extrapolar la clonación en ovejas a otras especies es que existen diferencias entre especies en los mecanismos que regulan el desarrollo en épocas tempranas y esto influye sobre la respuesta ante la transferencia nuclear. Hay grandes parecidos entre

ovejas y vacas, pero no con otras especies. En ovejas, se producen tres divisiones del óvulo fecundado antes de que los genes empiecen a expresarse. En ratones este tiempo de espera se reduce a una división, lo que reduce mucho el margen para que la reprogramación de los genes tenga lugar tras una posible transferencia nuclear, mientras que en humanos es de dos divisiones (Pennisi y Williams, 1997; NBAC, 1997/23). Estas características excepcionales que se pusieron a punto en la oveja hacían pensar que podría ser difícil el paso de estas técnicas a otros organismos, como los ratones o los humanos. Sin embargo, en la revista Nature antes mencionada, el equipo estadounidense de Ryuzo Yanagimachi publicaba la obtención de Cumulina y otras más de veinte ratonas clónicas (Wakayama y col., 1998). En este caso, las células donantes de núcleos fueron extraídas directamente de tejidos de otros ratones (y se utilizaron inmediatamente, sin cultivar). Se emplearon células que se sabe que se encuentran en la etapa G0 y con una morfología claramente distinguible de otras células. Sin embargo, comprobaron que no era posible conseguir el éxito en la clonación utilizando cualquier tipo de célula, lo que abría el estudio de qué células son susceptibles de ser clonadas y por qué. La única diferencia técnica consistía en que el núcleo de las células adultas no era fusionado con el óvulo por una pequeña corriente eléctrica, sino inyectado directamente con una fina aguja y la activación de la división se estimulaba por una sustancia química. Todo esto ha venido a confirmar totalmente los experimentos que llevaron a la obtención de Dolly. Hay al menos cuatro aspectos que interesa resaltar: se muestra que aunque la eficiencia del proceso sigue siendo baja (2-3%), es posible reproducirlo, se despeja la duda de si la clonación es algo posible solamente con células "stem", se prueba que la clonación es factible en diferentes especies de mamíferos y se comprueba que, en este caso, los individuos clónicos son capaces de reproducirse normalmente o de ser reclonados sin problemas.

Finalmente, el 11 de diciembre de 1998, la revista Science publicó los resultados del grupo de Yukio Tsunoda con la clonación en ganado vacuno (Kato y col., 1998). Las células donadoras del núcleo fueron células cultivadas provenientes de una vaca adulta. La media de gestación de las ocho terneras clónicas (nacidas en julio y agosto) resultó ser ligeramente menor de lo normal y su peso algo mayor. De las ocho terneras nacidas, la mitad murieron en los tres primeros días, aunque sin presentar anomalías. A pesar de ello, estos

experimentos supusieron una mejora muy notable en la eficiencia del proceso. En el caso de Dolly, se implantaron 29 embriones que produjeron un solo nacimiento (3 % de eficiencia), mientras que el grupo de Tsunoda implantó 10 embriones; de éstos nacieron 8 terneras; pero solamente 4 de ellas sobrevivieron (la eficiencia subió, pues, a un 40 %). Entre las razones para este éxito podría estar la diferencia de especie y de tipo celular usado en la donación del núcleo.

APÉNDICE 2. DOS FORMAS DE REPRODUCIRSE/DOS FORMAS DE NACER

Como hemos señalado anteriormente, la clonación ofrece la posibilidad de considerar que, ahora, hay dos posibilidades para reproducirse: una sexual y otra asexual. Esta posibilidad no estaba a disposición de los seres humanos (ni de los mamíferos en general) antes de Dolly. Según el sistema natural de reproducción sexual, los cromosomas de dos personas adultas se combinan para formar una tercera. El nuevo sistema de clonación permite una reproducción asexual en la que todos los cromosomas de una sola persona se transfieren a un óvulo, que dará lugar a una nueva persona con los mismos cromosomas que el "original".

Pero esto implica que también hay dos formas de nacer: a partir de un óvulo fecundado (gametos) o a partir de un óvulo sin núcleo en que se introduce el núcleo de otra célula (somática). De esta manera, los gametos no serían las únicas células especializadas capaces de producir un ser vivo, sino que cualquier célula, junto con un óvulo, puede dar lugar a un ser vivo.

Esto sirve para hacer ciertas reflexiones sobre el origen de la vida. Hasta ahora, las posturas críticas con el aborto y otras manipulaciones de embriones suponían que, una vez que el óvulo es fecundado por el espermatozoide, el embrión unicelular allí formado está en condiciones (si nada lo impide) de dar lugar a una persona. Pero ahora, un óvulo en el que se han introducido los cromosomas de una célula somática, también tiene la capacidad de dar lugar a una persona. ¿Cuál es el principio lógico que nos permitiría unificar estas dos vías reproductivas? Una salida sería considerar especialmente protegida aquella célula con la capacidad de crecer hasta dar lugar a una persona, tanto si es un óvulo fecundado por un espermatozoide, como si es un óvulo con núcleo transferido desde una célula somática. A partir de ese momento, cualquiera de esos dos "óvulos" empieza un desarrollo que, si no es

interrumpido, lleva a la formación de un individuo completo.

APÉNDICE 3. ¿QUIÉN QUIERE CLONAR HUMANOS?

Poco después del anuncio del nacimiento de Dolly, empezaron a alzarse las primeras voces defendiendo el hacer lo mismo con seres humanos. En diciembre de 1997 hizo sensación el anuncio de Seed, de su pretensión de organizar una clínica en Chicago para la clonación humana, para lo cual ya contaba con varias parejas dispuestas, así como un equipo médico (Kestenbaum, 1998) y que piensa financiar con la venta de los derechos de imagen y de imprenta de la historia de los primeros clónicos (Le sept ARTE, 1999). En el verano de 1998, Richard Seed fue entrevistado en un periódico irlandés, del que extraemos algunas de sus esclarecedoras declaraciones (Helmores, 1998). Según se explica en este artículo, Seed afirmó anteriormente en televisión: "Dios hizo al hombre a su imagen", repitió. 'Y Dios se proponía que el hombre llegase a ser uno con Dios. Clonar... es solamente el primer paso serio para llegar a ser uno con Dios.' "

Semejante piraeta hermenéutica ralla en el absurdo, máxime si, como veremos más adelante, Seed se considera cristiano. Ya en la entrevista antes mencionada, Seed afirma: "[...]. Clonar es meramente un paso hacia la cuasi-inmortalidad, hacia la meta final de reprogramar un humano ya existente. [...]."

"He estado interesado en la inmortalidad desde que tenía unos ocho años de edad, cuando descubrí que estaba vivo y que iba a morir. No estaba agusto con la idea de la muerte en quel momento y me ha incomodado desde entonces,' dijo. 'Yo soy un cristiano y devoto metodista pero sigo teniendo miedo a morir. Cualquiera que no lo tenga, está mintiendo o rechazándolo totalmente.' "

"'Quiero un clon para educarlo, salvar diez años de su vida [se debe a que Seed, de 69 años, piensa que él perdió esos años realizando cierto tipo de estudios que no considera muy útiles], animarle a introducirse en la biología, y a la edad de 16 años, lanzar un importante proyecto de investigación en cualquiera de las áreas que hemos discutido.' Si el plan sale adelante, no sólo ganaría su clon el respeto intelectual que Seed tanto desea -'Lo que realmente más me fastidia,' comenta, 'es que también él sería inmortal.' "

Como hemos comentado, estas declaraciones resultan altamente esclarecedoras, revelando las reales ideas que animan los deseos de Seed. Se trata de una egoísta y absurda megalomanía en busca del

tópico de la inmortalidad. Lo más dramático es que, como hemos visto, tal pretensión es imposible utilizando la clonación. Una serie continua de clónicos no permitirá a Seed ser inmortal, no mucho más que tener hijos...

BIBLIOGRAFÍA

(En las referencias, a lo largo de este trabajo, el número tras la barra es el de las páginas citadas).

Annas, G.J. *Why we should ban human cloning*. The New England Journal of Medicine, 1998, 339:122-125.

Ashworth, D. y col. *DNA microsatellite analysis of Dolly y Signer*, E. N. y col. DNA fingerprinting Dolly. Nature, 1998, 394:329.

Bloom, F.E. Editorial, Brakthroughs 1997. *Science*, 1997, 278:2029.

Butler, D. *Dolly researcher plans further experiments after challenges*. Nature, 1998a, 391:825-826.

Butler, D. *French clone provides support for Dolly*. Nature, 1998b, 392:113.

Bruce, D. *Society, Religion and Technology Project*, 1998.

Información tomada mediante internet:

(<http://dspace.dial.pipex.com/srtscot/srtpage3.shtml>). De las páginas sobre clonaje (SRT's cloning pages) resaltamos los documentos: *Should we clone animals?* y *Should we clone humans?*

I. Wilmut, a cargo del equipo de científicos del Roslin Insititute que consiguió el nacimiento de Dolly, forma parte de este grupo de expertos de la Iglesia de Escocia encargado de reflexionar sobre cuestiones de bioética.

Campbell, K.H.S. y col. *Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line*. Nature, 1996, 380:64-66.

Carrión, I. *La casa de Dolly*. El PAÍS semanal, 13 de julio de 1997.

Cibelli, J.B. y col. *Cloned transgenic calves produced from nonquiescentfetal fibroblasts*. Science, 1998, 280:1256-1258.

Fainzilber, M. *Carta al director*. Nature, 1997, 386:431.

Harris, J. *"Goodbye Dolly?" The etics of human cloning*. Journal of Medical Ethics, 1997, 23:353-360.

Helmore, E. *That demon seed*. Irish Independend weekend, 1 de agosto de 1998.

Hodgson, J. *Dolly opens a farm full of possibilities*. Nature Biotechnology, 1997, 15:306.

Hoyle, R. *Arrogance on human cloning may pose a threat to biotechnoloy*.

Nature Biotechnology, 1998, 16:6.

Kahn, A. *Clone mammals... clone man?* Nature, 1997. Artículo publicado en internet (<http://www.nature.com>).

Kassirer, J.P. y Rosenthal, N.A. *Should human cloning research be off*

limits? The New England Journal of Medicine, 1998, 338:905-906.

Kato, Y. y col. *Eight calves cloned from somatic cells of a single adult*. Science, 1998, 282:2095-2098.

Kestenbaum, D. *Cloning plan spawns ethics debate*. Science, 1998, 279:315.

ARTE. *Clonación: un salto a lo desconocido*. Programa de televisión emitido en la segunda cadena de Televisión Española, viernes 1 de enero de 1999.

Morton, O. y Williams, N. *First Dolly, now headless tadpoles*. Science, 1997, 278:798.

National Bioethics Advisory Commission. *Cloning Human Beings*. Información tomada mediante internet, 1997 (<http://bioethics.gov/pubs.html>).

New York Times, 25 de julio de 1997, pág. A18. Ver ABC del mismo día, págs. 11, 64.

Noticias sobre Gene: *After Dolly, met Gene, the cloned calf*. Nature, 1997, 388:611. El PAÍS, 8 de agosto de 1997, pág. 19.

O'Brian, S.J. y Dean, M. *Genes que oponen resistencia al sida*. Investigación y Ciencia, 1997, 255:6-14.

Pennisi, E. y Williams, N. *Will Dolly send in the clones?* Science, 1997, 275:1415, 1416.

Pennisi, E. *After Dooly, a pharming frenzy*. Science 1998a, 279:646-648.

Pennisi, E. *Cloned mice provide company for Dolly*. Science, 1998b, 281:495, 496.

Robertson, J.A. *Human cloning and the challenge of regulation*. The New England Journal of Medicine, 1998, 339:119-121. Roslín Institute, información obtenida mediante internet, 1997 (<http://www.ri.bbsr.ac.uk>).

Schnieke, A.E. y col. *Human Factor IX Transgenic Sheep Produced by Transfer of Nuclei from Transfected Fetal Fibroblasts*. Science, 1997, 278:2130-2133.

Sgaramella, V. y Zinder, N.D. *Carta al editor*. Science, 1998, 279:635, 636.

Solter, D. *Dolly is a clone-and no longer alone*. Nature, 1998, 394:315, 316.

Tuillier, P. *Los experimentos nazis sobre hipotermia*. Mundo Científico, 1991, 110:212-219. Universidad de Bath, Oficina de Relaciones Públicas. Prof. Slack & Vertebrate Embryonic Research. Información

tomada mediante internet, 1997 (<http://www.bath.ac.uk/Slack>).

Velander, W.H. y col. *Producción de fármacos a través de animales transgénicos*. Investigación y Ciencia, 1997, 246:46-51.

Wadman, M. *Politicians accused of 'shooting from the hip' on human cloning*. Nature, 1997, 386:97, 98.

Wakayama, T. y col. *Full-term development of mice from enucleated oocytes injected with cumulus cell nuclei*. Nature, 1998, 394:369-374.

Weiss, R. y Schwartz, J. *Monkeys cloned for first time*. The Washington Post, 2 de Marzo de 1997, pág. A04. Información tomada mediante internet(<http://washingtonpost.com:80/wp-srv/WPlate/1997-03/02/118L-030297-idx.html>).

Wilmut, I. y col. *Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells*. Nature, 1997, 385:811, 812.

Wilmut, I. *Clonación con fines médicos*. Investigación y Ciencia, 1999, 269: 24-29.

Winston, R. *The promise of cloning for human medicine*. British Medical Journal, 1997, 314:913. Este artículo puede verse en internet (<http://www.bmj.com>).