

## Ingeniería Genética y Clonación Realidades y mitos

Dra. Graciela Alma Jahn

Currículum Vitae:

Investigadora Independiente del CONICET

Directora del Instituto de Medicina y Biología Experimental de Cuyo (IMBECU), CRICYT.

Nació en Bs. As.

Bioquímica graduada en el año 1975 en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires.

Doctorada en el año 1982 en la UBA

Tema general de Investigación: "Aspectos de la biología de la reproducción femenina, como control hormonal de la gestación y lactancia". "Fisiología, patología y función de la glándula mamaria".

Ha actuado en Organismos de Evaluación y promoción científica del país y del exterior en calidad de evaluadora y miembro consultor.

Obtuvo en 1987 el Premio Dr. Bernardo Houssey.

Practica yoga desde hace 30 años.

Lee Psicología, Antropología, Religión y escucha música clásica.

Todo aquel que alguna vez plantó un gajo de una planta, hizo una clonación. Los criadores de animales o agricultores que seleccionan permanentemente las características de los reproductores a través de generaciones, hacen ingeniería genética. Pero hay una gran diferencia entre la manipulación tradicional del medio ambiente y la forma moderna en donde la velocidad en la obtención de los resultados hace la distinción. Todo es tan rápido que es muy difícil prevenir y controlar errores. Además, ¿en qué medida los seres humanos podemos tomar decisiones respecto de la vida, de la reproducción, de las mutaciones? ¿Qué autoridad tenemos?

El tema está cruzado por concepciones filosóficas, religiosas, éticas y muchos etcéteras. La ciencia debe hacer frente a este avance, que en manos responsables será precisamente eso, "un avance".

Hay que dar a debate, porque hay que considerar hasta qué punto es ético modificar formas de vida vegetal y animal para el exclusivo beneficio de la especie humana. La clonación es otro tema que debe ser objeto de un profundo y amplio debate. Es por ello que tocamos este tema, para aprender y discutir, en este caso teniendo en cuenta los mitos y realidades de la ingeniería genética y de la clonación.

Clon, (Del griego klón 'retoño'). Inicialmente designa en biología un tipo de multiplicación vegetativa, posteriormente y por metonimia, el individuo obtenido con este método.

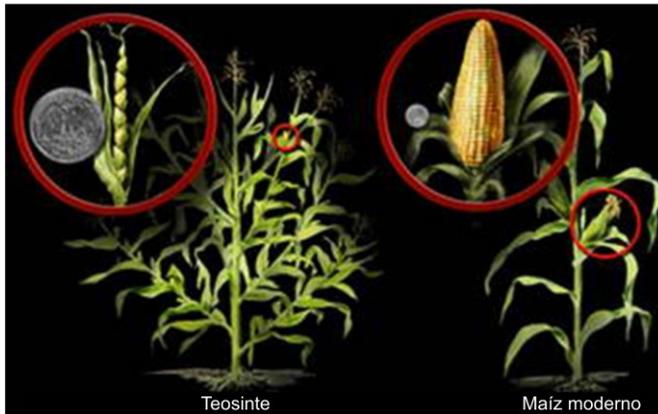
Gen, (De la raíz del lat. genus). Secuencia de ADN que constituye la unidad funcional para la transmisión de los caracteres hereditarios.

La ingeniería genética es la modificación de organismos o de especies por introducción de características genéticas consideradas deseables.

Tradicionalmente, desde hace muchos siglos, la humanidad ha venido haciendo ingeniería genética tanto con animales como con plantas a través de la selección y la cruce selectiva, eligiendo para reproducir a través de varias generaciones, los individuos con las características deseadas y descartando los que presentaban características indeseables. Por lo tanto, el proceso tradicional de modificación genética tomaba cientos o miles de años. Sin embargo, muchas de las actuales especies domésticas de animales se originaron de esa manera. Así, todas las razas de perros actuales descienden de lobos y posiblemente de zorros, cuya domesticación comenzó hace unos 15 milenios. Todas las razas de vacas actuales descienden de un bóvido europeo, el Aurochs, extinguido hace miles de años; medía 2 metros y tenía grandes cuernos. Las ovejas descienden del mouflon, un rumiante europeo, que pierde su lana en primavera. Actualmente, las ovejas no pierden más la lana, ya que es mucho más conveniente esquila la oveja antes que andar recolectando la lana por el campo.

Con las plantas pasó lo mismo, y en forma más extrema, ya que en algunos casos como el del maíz, las especies actualmente cultivadas se han diferenciado tanto que solamente a través de

estudios de secuenciación de ADN se ha podido reconocer al antepasado silvestre. El maíz, con su mazorca que porta decenas o cientos de granos, que no se pueden desprender espontáneamente de la misma, desciende de una gramínea silvestre, el teosinte. Éste tiene una mazorca de 5 a 8 cm, con dos hileras de granos, con una cubierta dura que al madurar expulsa los granos a cierta distancia. Los agricultores primitivos fueron seleccionando, a través de generaciones, por prueba y error, las plantas que tenían más granos, cubiertas más delgadas y las que no expulsaban los granos, es decir, todo lo que favorecía para el mejor aprovechamiento de la planta. Así, actualmente tenemos un maíz que es incapaz de propagarse sin la ayuda del hombre, ya que los granos no se desprenden de la mazorca.



Casi todas las plantas de flores ornamentales, por ejemplo las rosas, descienden de plantas que tenían flores de menor tamaño, con menos pétalos y menos colores. Todos estos procesos se dieron a través de cientos de años, y los pastores y agricultores no pensaron que estaban modificando especies, sino sólo pensaron en eliminar características no deseadas y conservar las deseadas.

La gran diferencia que existe con la actualidad, es que anteriormente se cruzaba la progenie, se esperaba a que madurara y se volvía a cruzar. Era un trabajo que llevaba generaciones de sujetos experimentales y generaciones de experimentadores.

Hoy en día, a través de la secuenciación del ADN, de la identificación y de la manipulación de los genes, los organismos se pueden modificar, podemos sacar genes, poner genes y hacer modificaciones genéticas que hubieran tardado siglos, en pocas semanas. Algunos frutos de ese tipo de modificaciones en plantas, hoy en día, los encontramos en las góndolas de los supermercados. Los más conocidos son los tomates de larga vida, que son tomates transgénicos a los que se les ha introducido una secuencia de ADN anti-sentido que bloquea la expresión de la enzima poligalacturonidasa, que es la responsable del ablandamiento rápido del tomate. De esta manera, la vida comercial del tomate “en la góndola” se prolonga.

También una proporción significativa del maíz y casi toda la soja cultivada actualmente es transgénica. Tienen incorporados genes de resistencia a enfermedades, a pesticidas, o producen toxinas que matan a las plagas más comunes, etc. De éstos, los ejemplos más conocidos son: la soja o el maíz RR, que contienen un gen que los hace resistentes al glifosfato (Roundup, un herbicida de amplio uso) que permite rociar las plantaciones con cantidades mayores de herbicida, eliminando las malezas sin afectar el cultivo. El maíz BT, al que se le ha incorporado genes provenientes de una bacteria, el *Bacillus thuringiensis* (Bth), es un bacilo gram-positivo que produce durante la esporulación una proteína cristalina denominada delta-toxina y que es tóxica para insectos plaga. Finalmente, otro ejemplo es el arroz modificado genéticamente para producir vitamina A, el “golden rice” con el cual se mejoraría el aporte de vitamina A a la dieta de las poblaciones, especialmente de oriente lejano, en las que el arroz constituye el aporte alimenticio mayoritario.

Hay frutales y plantas de flores que también están modificados genéticamente, en general con genes de resistencia a enfermedades, pero también se introducen genes para modificar la coloración de las flores, por ejemplo, las petunias. Las petunias de dos colores que se

comercializan son transgénicas, se les introdujo copias adicionales de los genes que codifican para los pigmentos, con el objeto de intensificar los colores, pero, cuando esos genes se expresan en exceso, en vez de intensificar el color, hacen que el tejido sea incoloro. Por lo tanto, según qué células de la flor expresen los genes de pigmentos en mayor o menor medida, van a ser coloreados o incoloros, y obtenemos así las petunias de dos colores, rosado, morado, rojo y blanco tan comunes hoy en día. También se está estudiando la posibilidad de incorporar a los cultivos genes que permitan la fijación de nitrógeno, fertilizante esencial para las plantas. Las leguminosas pueden fijar el nitrógeno de la atmósfera a través de una relación simbiótica con bacterias del género *Rizobium*, convirtiéndolo en amoníaco, capaz de ingresar a las cadenas metabólicas para la síntesis de proteínas y componentes celulares de la planta. De esta manera, las leguminosas pueden enriquecer el suelo donde están plantadas. Si se pudiera transferir la capacidad de albergar esta bacteria, o simplemente la capacidad de fijar nitrógeno al trigo, al maíz o al arroz, obtendríamos cultivos que podrían crecer en suelos más pobres.

También se han desarrollado muchos animales transgénicos, mayoritariamente ratones, que se utilizan como herramientas de investigación de gran importancia. Permiten estudiar las funciones de los genes, qué es lo que sucede con el organismo cuando se quita o se sobre-expresa un gen y también se pueden hacer modelos de enfermedades. Otra aplicación muy importante de los animales transgénicos es introducir un gen de interés para la salud humana, como puede ser el gen de la insulina, hormona de crecimiento, interferón, etc., asociado a los promotores de las proteínas de la leche. De esta forma, estos animales transgénicos producirán en su leche moléculas de interés médico y con muy pocos animales se podrá abastecer el mercado mundial. Hasta el día de hoy, las proteínas de interés farmacológico se preparaban por purificación a partir de tejidos humanos o animales, con los riesgos de transmisión de enfermedades que esto conlleva, o a partir de cultivos de bacterias o levaduras modificadas genéticamente, que producen proteínas modificadas que no son totalmente idénticas a las proteínas nativas humanas y son más difíciles de purificar de los demás componentes bacterianos. Las proteínas producidas por una vaca o una oveja en su leche serían mucho más fáciles de purificar y mucho más parecidas a las humanas.

Finalmente, un área de trabajo importante hoy en día, es la de crear animales que expresen los antígenos de histocompatibilidad humanos, que son esenciales para que los órganos trasplantados sean compatibles. Se está trabajando con cerdos, ya que en tamaño y funcionamiento de los órganos, son muy parecidos a los humanos. Entonces, si se pudieran crear cerdos que llevaran las distintas familias de antígenos de histocompatibilidad humana, podrían llegar a ser fuentes de órganos para trasplantes.

Sin embargo, existen muchas dudas y mucha oposición por parte de organizaciones ecologistas al respecto de la creación y uso de organismos transgénicos. Uno de los interrogantes es, por ejemplo, si las plantas transgénicas pueden resultar tóxicas o producir enfermedades luego de haberlas manipulado genéticamente. Hasta el momento no hay ningún caso de que algún producto transgénico haya producido un problema en la salud, humana o en la animal. Otro interrogante muy importante es el impacto que puede tener sobre el medio ambiente la propagación de organismos transgénicos. Se ha observado que las plantas transgénicas pueden transmitir su gen (modificado o insertado) a otras especies a través de polinización cruzada o a través de virus que, al infectar la planta, pueden incorporar el transgén y luego insertarlo en el genoma de otras plantas, relacionadas o no. Por este mecanismo, por ejemplo, se podría llegar a incorporar genes de resistencia a herbicidas o a enfermedades en las malezas que se quiere eliminar, o que aquellas plantas, como el maíz Bt, que producen "insecticidas", afecten las poblaciones de insectos beneficiosos, como abejas u otros polinizadores, o insectos apreciados, como ciertas mariposas. Lo cierto es que aún se desconoce, en gran medida, las posibles consecuencias de la introducción de organismos transgénicos en la naturaleza. Existe un atenuante que fue observado en los animales transgénicos y es que naturalmente el organismo tiende a eliminar el transgén insertado en su genoma. Entonces, suele pasar que luego de ciertas generaciones de animales transgénicos, el gen extraño se elimina y empiezan a aparecer animales que revirtieron al genoma original, es decir, perdieron el gen transgénico. En el caso de las plantas transgénicas, además del transgén se les suele incorporar un gen que hace que la primera generación sea estéril, de forma que no se pueda propagar naturalmente. Esto también tiene aspectos controversiales, debido a

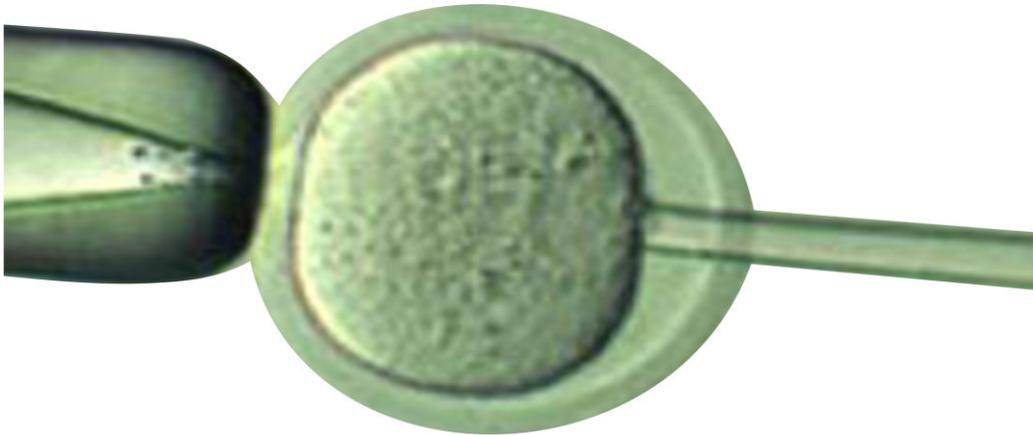
que obliga a los productores a comprar semillas todos los años, en vez de reservar una parte de su cosecha para sembrar en el ciclo siguiente.

¿Cómo se hace un organismo transgénico?

El primer paso es identificar y aislar el gen que se desea insertar. Se puede conseguir directamente, se puede sintetizar o aislar un gen preexistente y modificarlo.

Para introducir el gen existen distintos métodos: microinyección de ADN en el pronúcleo de un cigoto, transferencia del gen empleando retrovirus como vectores, transformación de células madre embrionarias y por electrofusión.

En el caso de la microinyección de ADN, se extraen los óvulos fertilizados de hembras en las que se ha inducido una superovulación y se fecundan in vitro. Bajo un microscopio, el óvulo fecundado se inmoviliza con una micropipeta y se inyecta una pequeña cantidad de una solución que contiene ADN (copias del plásmido o virus que contiene el transgén).



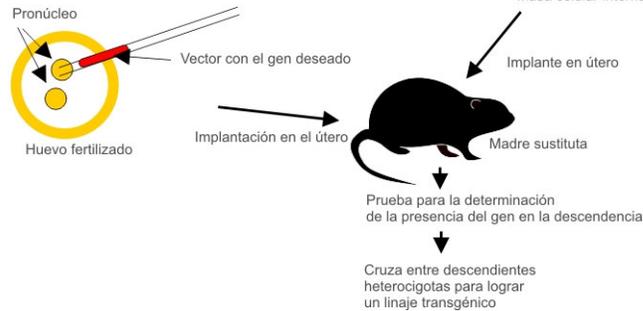
Posteriormente, estos óvulos fecundados se introducen en madres adoptivas, previamente tratadas con hormonas que induzcan el momento adecuado de su ciclo ovárico para recibir el embrión y que progrese el embarazo. Este método no permite controlar la integración del gen en el lugar adecuado del genoma, sino que la integración se efectúa al azar. A causa de ello, no todos los animales que nacen han incorporado el transgén (no son transgénicos), o lo han incorporado en un lugar erróneo, lo cual puede provocar que nazcan con terribles deformidades. Sólo en un pequeño porcentaje, el gen se introduce en el lugar adecuado y se expresa de un modo satisfactorio. Los animales que se identifiquen como transgénicos serán la generación inicial, a partir de la cual y mediante cruzamientos se obtendrán una línea transgénica donde el transgén sea estable. (Gráfico 1 Método 1)

**Gráfico 1**

**Método 1**



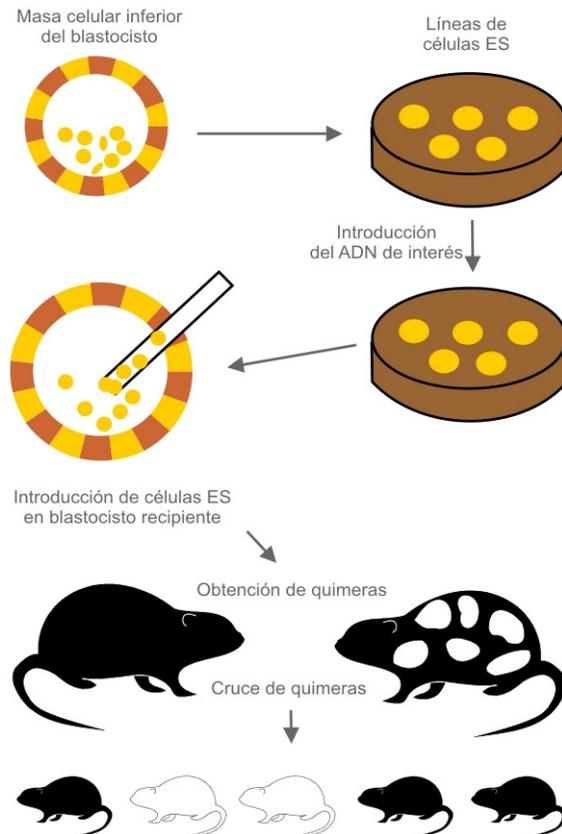
**Método 2**



La transferencia del gen empleando retrovirus como vectores, consiste en emplear virus capaces de transportar el transgén hasta las células embrionarias e insertarlo en su genoma. Al igual que la microinyección, la inserción se efectúa al azar, por lo que para tener líneas puras es necesario proceder a una selección de la progenie. (Gráfico 1 Método 2).

La transformación de células madre embrionarias, es un método menos aleatorio que los anteriores y se utiliza para dirigir los transgenes a lugares específicos del genoma. Las células madre son células indiferenciadas que tienen el potencial de acabar siendo cualquier tipo de célula. En células de cultivo se pueden realizar modificaciones genéticas predeterminadas, como la eliminación o sustitución de un gen o de un sólo par de bases. Las células madre modificadas se inyectan en embriones en fase de blastocisto y el animal resultante (quimera) no expresará completamente la modificación hasta que no se hayan producido selecciones sucesivas (Gráfico 2). Este método se ha realizado con éxito en ratones; en concreto ha dado lugar a ratones que carecen de un gen determinado (llamados "knock out") y que son muy útiles en investigación, pero no se ha logrado en otro tipo de animales mayores. Cuando la integración del transgén ocurre después de la primera división celular, el animal es quimérico, lo que quiere decir que las células de su cuerpo tienen diferentes características, según tengan o no el transgén.

Gráfico 2



Otras formas de incorporar el transgén son la electrofusión o electroporación: las membranas celulares se permeabilizan por aplicación de una corriente eléctrica o sometiéndolas a una alta concentración de iones, sales o enzimas, logrando que se abran poros en las membranas de las células que dejen ingresar el ADN. Luego, estas células madre se cultivan, se seleccionan las que han incorporado el gen, utilizando un gen marcador. Las células madre transformadas se inyectan en embriones en fase de blastocisto, y se implantan en una madre adoptiva. Al igual que en los métodos anteriores, será necesario proceder a la selección, en este caso, de aquellos animales que lleven un transgén en la línea germinal, o sea, en sus óvulos o espermatozoides, dado que las crías que van a nacer son mosaicos, parte de sus células van a ser normales y parte de sus células van a ser transgénicas. Luego, por cruzamientos selectivos se obtiene la primera generación heterocigota, que se vuelve a cruzar para lograr líneas de animales transgénicos homocigotas. Todo esto fue posible a partir de los años 70, cuando se lograron obtener los primeros nacimientos de individuos a partir de embriones fecundados in vitro. Esta misma metodología permitió la creación de los primeros "clones".

Entonces: ¿Qué es un clon?

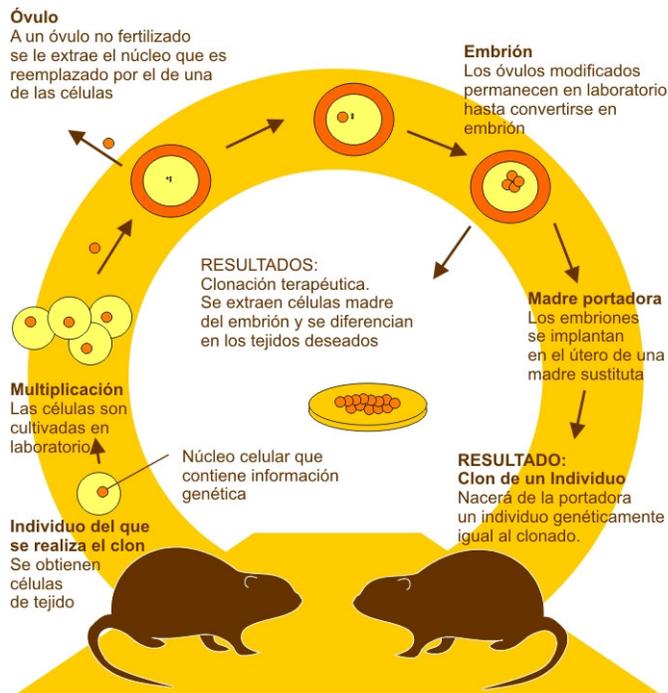
Si observamos gemelos ¿Son clones? ¿Hay plantas que son clones? Sí. Un clon es un organismo genéticamente igual a otro del cual puede o no provenir; comparten toda la información genética, sus cromosomas son idénticos. Cada vez que cortamos una ramita de geranio, la dejamos en agua para que produzca raíces y luego la plantamos, estamos clonando. Clon (del griego klon significa gajo, retoño) es un grupo de células o individuos originados de un solo progenitor, por reproducción asexual o por manipulación biotecnológica. La clonación ha estado siempre presente entre nosotros como actividad casera, las plantas se clonan ellas mismas, hay bacterias, hongos, insectos que se reproducen por partenogénesis (desarrollo de un embrión sin la participación de gametas masculinas). Los gemelos son clones naturales que se forman a partir de un embrión en estadio temprano que se divide en dos. Dentro de los vertebrados también hay algunos animales que pueden reproducirse por partenogénesis, a través de la fusión del material genético del óvulo

con uno de los cuerpos polares producidos en la meiosis. A partir del óvulo se crea un embrión que va a ser una hembra genéticamente igual a su madre. Entre los animales que se reproducen de esta forma encontramos una lagartija que vive en desiertos de Estados Unidos. Lo hace naturalmente cuando tienen que sobrevivir en zonas inhóspitas, con muy baja densidad de población, que hace poco probable los encuentros entre los machos y las hembras. Cuando viven en zonas más benignas, y la densidad de población es mayor, las hembras y machos se encuentran y se reproducen sexualmente. En una época se pensaba que eran dos especies diferentes, pero luego se observó que eran de la misma especie y que según las condiciones ambientales apelaban a una u otra forma de reproducción.

¿Cómo se puede crear un clon?

A partir de un embrión en un estadio muy temprano. Cuando el óvulo se fecunda, se divide en 2 células, luego en 8, 16, 32, etc. Cuando tenemos 8 ó 16 células, se pueden separar e implantar en el caparazón de un óvulo (cubierta de azúcares y proteínas), éstas se inyectan y se implantan en diferentes madres y se van a obtener gemelos. Es un método que se utiliza hace mucho tiempo, en especial para el mejoramiento genético de animales domésticos como los rumiantes.

La segunda forma, que es la que ha llamado toda la atención en los últimos años, es por trasplante nuclear: en un óvulo fertilizado o no fertilizado, al que se le ha removido el material genético original se inyecta el núcleo de una célula somática de un individuo; esta célula puede ser una célula de mucosa, de piel, etc. Luego se implanta en una madre postiza; se desarrolla el embrión y nace una cría que va a ser clon del que donó su célula somática. Se puede hacer tanto con células embrionarias como con células de adulto, pero el proceso suele tener mucha mayor probabilidad de éxito con las primeras.



Los clones creados por división de embriones son genéticamente idénticos, los creados por transferencia nuclear no son totalmente idénticos, porque en el óvulo el ADN no existe solamente en el núcleo, sino también en el citoplasma, por ejemplo en las mitocondrias y los nucleolos. Cuando sacamos el núcleo del óvulo y le inyectamos el núcleo de la otra célula, el ADN extranuclear queda; en consecuencia el organismo que nazca de esa transferencia nuclear va a llevar ADN citoplasmático del individuo que donó el óvulo, junto con el ADN nuclear del organismo que donó el núcleo. Además, tal como pasa con los gemelos cuando se los ve crecer, si el medio ambiente no es el mismo, los individuos van a acumular diferencias fenotípicas a través del tiempo.

Como se dijo antes, las plantas se clonan desde hace mucho tiempo. Hoy en día se pueden hacer clones con las extremidades de las raíces de las plantas que poseen células que crecen muy rápido (células meristemáticas). Estas células se aíslan, se cultivan y se originan muchas plántulas nuevas todas idénticas entre sí.

En cuanto a los animales, clonar ratas es muy fácil, se hace desde hace mucho tiempo. Se clonan embriones desde hace varios años: Francia, Argentina y otros países. En los años 60 se logró un gran avance en este tema al lograr clonar una variedad de ranas (*Xenopus laevis*), que posee un óvulo de 1mm de diámetro, con lo que se logró una herramienta indispensable para el estudio reproductivo ya que este tamaño de óvulo permite realizar manipulaciones que no se pueden hacer en óvulos de otras especies que miden cerca de 100 micrones de diámetro.

En 1997, en el laboratorio del Dr. Ian Wilmut, se obtuvo el primer mamífero clonado, la oveja Dolly, por transferencia nuclear de una célula mamaria del donante original. Este proceso es muy ineficiente. Para lograr que naciera Dolly se implantaron más de 300 ovejas con embriones clonados, y de ellos una sola tuvo una gestación a término. Todas las demás o murieron antes de implantarse o nacieron y murieron. Luego de Dolly, se han clonado vacas, gatos, yeguas y muchos ratones. De los ratones, los más notables son las cumulinas, llamadas así porque las células donantes de núcleo fueron obtenidas del cúmulo, un halo de células que rodea al óvulo. Las cumulinas son clones obtenidos de clones, que hoy están en la sexta generación. En enero de 1999 nació el primer primate clonado, que no se pudo clonar de una célula adulta. Tetra, la primera mona clonada, se clonó a partir de células embrionarias. Cuando más complejo es el organismo, más difícil es la clonación. A principios del 2004, se pudo obtener el primer mamífero por partenogénesis, una ratoncita, Kaguya, que crearon los japoneses. En Argentina, hace 4 años (año 2002) tuvimos la primera vaca transgénica, producto de la cooperación de investigadores del CONICET con empresas argentinas. La primera vaca clonada murió al nacer pero ya han nacido varias más, todas tienen el nombre Pampa (Pampa Clara, Pampa Mansa, Pampa Serena, etc.). En la actualidad, una de las Pampas clonadas, además es transgénica, llevando insertado el gen de la somatotrofina humana con los promotores de las proteínas de la leche, por lo que produce somatotrofina humana en su leche.

¿Se han clonado humanos?

Un gran interrogante es si se han clonado humanos. Hace cuatro años se publicó un trabajo donde se mostraba la clonación de embriones humanos por donación de células somáticas humanas. Sin embargo, ninguno de estos clones sobrevivió más de dos semanas. Científicos de Corea del Sur anunciaron en febrero de 2004 en la revista 'Science' que han creado embriones humanos mediante clonación y obtenido de ellos células madre. Y presentaron las pruebas. El experimento abre así la vía a tratamientos contra enfermedades hoy incurables: es el primer paso práctico hacia la clonación terapéutica, que no persigue la creación de un individuo, sino la obtención para trasplantes de material con la carga genética del paciente, con lo que en ningún caso existiría rechazo.

Hasta el día de hoy no hay ninguna prueba de que hayan nacido embriones clonados. El Dr. Antinori de Italia y los Raelianos han dicho que hay bebés clonados, pero no se han aportado pruebas concretas. Intentar lograr el nacimiento de un bebé humano clonado, además de ser extremadamente difícil en la actualidad, éticamente es muy cuestionable. Para tener un bebé humano clonado, habría que implantar alrededor de 300 mujeres con el embrión para que 20 o 40 tuvieran un embarazo, y de éstas, una o dos llegara a término. ¿Es correcto someter a 300 mujeres al dolor de perder un embarazo, o peor aún, perder un bebé a término? Se ha visto que muchos fetos clonados nacen con defectos letales, por ejemplo, con órganos demasiado grandes. Otros nacen y parecen normales, pero mueren por paro respiratorio agudo. ¿Estamos dispuestos a hacer eso? Los clones sufren también envejecimiento prematuro, porque cada cromosoma lleva un marcador biológico que dice cuántas veces ese cromosoma se multiplicó. En la parte final de cada cromosoma que contiene los genes, hay secuencias repetitivas, llamadas telómeros. Se pueden imaginar como las cuentas de un collar; cada vez que la célula se divide y el cromosoma se duplica, se corta una cuenta del collar. Cuando no queda ninguna, la célula se muere y no puede reproducirse más. El individuo clonado nace con el número de telómeros que tenía el núcleo donante, por lo tanto nace con su dotación genética envejecida y tiene una expectativa menor de sobrevivida. Esto es lo que le ocurrió a Dolly, desarrolló artritis e insuficiencia respiratoria a los 6

años de edad y hubo que sacrificarla por eutanasia, cuando una oveja normal vive por lo menos el doble. Por otro lado, Dolly llegó a la madurez sexual, se reprodujo normalmente. La hija de Dolly, nació por reproducción sexual normal y tiene una vida normal.

¿Para qué nos sirve y serviría la clonación y la biotecnología?

Desde el punto de vista de la reproducción animal, es una forma muy rápida de hacer mejoras genéticas. Si se pudiera obtener ADN de especies extinguidas, podríamos hacer una transferencia de ADN y resucitar especies hoy inexistentes, como el Dodo (una especie de Nueva Zelanda, el auténtico pájaro bobo). También, como ejemplo tenemos el león o lobo marsupial, el tilacino, que vivía en Australia. El mamut que desapareció hace 5000 años. Aún quedan mamuts congelados, adultos y crías. Se están tratando de recolectar muestras de ADN en museos y ver si se puede clonarlos. No es fácil porque se necesita una secuencia de ADN completa o una buena parte y encontrar una especie parecida donde puedan desarrollarse los embriones. También tenemos la “premisa de Jurassic Park”, obtener glóbulos rojos de dinosaurios del interior de insectos (como mosquitos) conservados en ámbar; como los dinosaurios tenían células sanguíneas con núcleos, se podría extraer el ADN, crear el genoma y efectuar la clonación. Técnicamente es muy difícil ya que el ADN generalmente está muy degradado.

También se podría utilizar la clonación para rescatar especies en extinción como el guepardo (onza africana), muchos batracios que están desapareciendo muy rápido y no se sabe por qué, los primates, aves, ballenas y el oso panda.

Hay empresas que viven de clonar vacas o de clonar mascotas. La clonación es un gran negocio, clonar una vaca cuesta 200.000 dólares.

Por otro lado, el objetivo principal de los que investigan la clonación es poder lograr crear por medio de la transferencia nuclear líneas celulares diferenciadas o tejidos que sirvan para poder regenerar órganos. Se ha demostrado que a partir de un embrión muy temprano se pueden obtener células madre, o Stem Cells, que son capaces de diferenciarse en todo tipo de células (sanguíneas, nerviosas, oculares, pancreáticas, etc.). Se podrían utilizar para regenerar órganos, sería un trasplante 100% compatible, porque el tejido del trasplante provendría del propio paciente y entonces no habría posibilidad de rechazo. Las esperas angustiosas de la actualidad se reducirían al tiempo necesario para producir las células madre y regenerar el tejido. En animales de experimentación, ya se ha logrado regenerar lesiones cardíacas inyectando células madre cardíacas, que van a la zona de la lesión y producen tejido nuevo. También se han logrado diferenciar células madre embrionarias en células sanguíneas o células nerviosas. Esto sería una revolución para la salud humana.

Por otro lado, ¿para qué sirve crear un individuo genéticamente modificado o clonar una persona?

¿El mito del soldado perfecto? ¿Perfeccionar la raza humana? ¿Y quién decide qué características son mejores que otras? La humanidad ha vivido estos intentos de eugenesia en el siglo XX y los resultados han sido atroces. ¿O recuperar a un ser querido? Nunca sería la misma persona, ya que una persona no está definida únicamente por sus genes sino por su entorno y sus experiencias, y esto último necesariamente sería muy diferente de los del individuo original. Tecnológicamente es muy complejo, y moralmente es deleznable. Lo más probable es que si es posible, se hará, porque todo lo que se puede hacer, desgraciadamente se hace aunque no se deba, o no tenga sentido. Los acontecimientos superan a todos los debates. ¿Qué derecho tenemos a manipular la genética animal, de crear animales enfermos o que son quimeras? ¿Qué derecho tenemos de manipular la genética humana? Una cosa es manipular la genética para solucionar enfermedades genéticas, otra es decidir cómo debe ser el humano perfecto. ¿Cuáles serían los derechos de un individuo clonado? ¿Es una persona? ¿Desde cuándo es una persona? ¿Un óvulo fertilizado es una persona? El 70% de los óvulos fértiles se pierden sin que la mujer fecundada se dé cuenta. Se puede discutir 1000 años y no se llegaría a una conclusión porque no tenemos las herramientas para saberlo. El conjunto de células producto del trasplante del núcleo de una célula somática a un óvulo receptor, o sea, que no es producto de una fertilización, ¿es una persona? Es imperioso instalar un debate muy serio y muy profundo, pero lo más probable es que antes que el debate se resuelva, los clones van a estar jugando a la pelota en el potrero de la esquina.

Clonación: Bioquím. Proceso de replicación eficiente de un gran número de moléculas de DNA idénticas. Biol. Cel Multiplicación asexual de microorganismos o de poblaciones de células, poseedores del mismo patrimonio genético y que son estrictamente idénticos entre sí. Genét. Producción de individuos genéticamente idénticos.

Clonación de cDNA. Genet. Clonación molecular de la secuencia de un gen a partir de su transcrito, que no contiene los intrones no codificantes.

Clonación de genes. Genet. Técnica por la que se producen múltiples copias de un plásmido, o de cualquier otro vehículo de clonación, por inserción de un huésped adecuado, capaz de crecer y producir copias en un medio de cultivo. De esta manera, un gen, aislado de su contexto celular natural, puede rendir cantidades prácticamente ilimitadas de copias.