



Ginecología y Obstetricia

© Sociedad Peruana de Obstetricia y Ginecología

Ginecol. obstet. 2003; 49 (1) : 45-52

EL GENOMA HUMANO Y SU APLICACIÓN EN MEDICINA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

Jorge Ascenzo-Cabello

INTRODUCCIÓN

A riesgo de convertir en un exceso el tratamiento de este tema, puesto que en los últimos tiempos se ha abundado en información y discusiones al respecto, hemos querido escribir esta nota, con el propósito de decir nuestra palabra en condición de profesional especialista en problemas de salud de la mujer.

Recientemente, la Sociedad Peruana de Obstetricia y Ginecología y el Colegio Médico del Perú han dicho públicamente su palabra en base al examen juicioso de publicaciones y opiniones de expertos y, por tanto, no se les podrá enrostrar que defienden intereses particulares; por el contrario, su posición es la más ajustada al conocimiento científico, a la Ética y a la Deontología.

Hoy en día vivimos la época de la globalización y, dentro de las Ciencias de la Salud, asistimos a la

Al revisar en la computadora los trabajos científicos con relación al Genoma Humano, pensé encontrar entre cuatrocientos o quinientos trabajos al respecto. Pero, me di con la sorpresa de encontrar veintiséis mil, lo que me hizo pensar de inmediato en la enorme importancia del tema, lo que luego se ratificó al observar que el día 26 de junio del año 2000, con gran pompa, causando gran revuelo en el ámbito político y los medios de comunicación, el Presidente de Estados Unidos de Norteamérica, Bill Clinton, junto con el Primer Ministro Británico, Tony Blair, anuncian que había sido descubierto el 97% del plano del código genético de la humanidad. Y luego Clinton añade: "Hoy estamos aprendiendo el lenguaje con el cual Dios creó la vida".

George W Bush, posteriormente, preparó una resolución federal para que no pueda ser usado este descubrimiento para segregar, discriminar, disminuir o para invadir la privacidad de los seres humanos.

No es fácil entender, ni siquiera imaginar, el mundo que se avecina, ese mundo que nos empujará hasta lograr manipular la esencia misma de la vida.

Luego de 12 años de búsqueda frenética, a partir de 1990, los científicos de todo el mundo, enrolados en el proyecto El Genoma Humano, así como el grupo particular Celera Genomic Systems logran el mayor descubrimiento de todos los tiempos, pues el genoma humano es la lista completa del código necesario para crear un ser humano.



Posteriormente, se deberá estudiar cada uno de los genes, precisando su localización, su interpretación, su interrelación y, especialmente, su secuencia o descifrado en cada especie. Es el más ambicioso proyecto científico jamás emprendido y tendrá efectos profundos en el terreno médico, ético, legal y económico, con importantes fracturas en diversas religiones, que cuentan con millones de creyentes.

Estamos a un paso de entrar a la "era del gen", aunque llevará un buen tiempo conocer las funciones de cada gen, así como, la estructura y función de cada proteína que codifica. Y no es un atrevimiento augurar que este descubrimiento opacará todo lo logrado hasta ahora por nuestra civilización.

Nos encontramos también al borde de un precipicio, pues si nos deslizamos por el camino equivocado, podremos alterar el comportamiento humano a nuestro antojo, modificarnos nosotros mismos en nuestras características humanas y hasta destruir nuestra propia especie, por ejemplo, al tratar de lograr interespecies en las que se involucre también a la humana.

Hemos heredado nuestro propio código genético, que se encuentra completo en cada una de nuestro trillón de células que componen al ser humano y que unen la vida de las células de nuestros padres con la vida de nuestras células y con la vida de las células de nuestra descendencia, lo que nos hace virtualmente inmortales.

En 1953, los Premio Nobel Francis Crick y James Watson descubrieron el ácido dextrorribonucleico, la molécula de ADN, creando su molde tridimensional, que contiene toda la información genética de un organismo y que determina la herencia, así como la estructura; y, además, define el comportamiento de los seres vivos a través de las proteínas que codifica.

El "gen" es cada una de las porciones de la molécula de ADN que se pueden traducir en proteínas, que dominan todos los procesos de la vida; es el archivo en el que están almacenadas las instrucciones que necesita un ser para nacer, crecer y reproducirse, ya sea vegetal, animal o humano.

El genoma humano viene a ser todo el ADN de un organismo. Es un código de tres mil millones de letras químicas o pares de bases, o nucleótidos del ADN, que es una secuencia química que contiene la información básica para formar y hacer funcionar un organismo humano. Cualquier célula con núcleo contiene lo mismo, ya sea sangre, semen, un cabello con raíz o un trozo de piel.

Tras la secuenciación del genoma humano, que para su estudio requiere dividir el ADN en pequeños fragmentos, los científicos se enfrentarán a una tarea, casi tan colosal como la anterior, que constituye uno de los misterios más complicados de la biología: el secreto de las proteínas humanas, sustancias controladas por los genes que componen todo lo que constituye el cuerpo; son además responsables de la activación de los genes y proveen los componentes estructurales para crear y mantener una célula, un tejido o la enzima necesaria para determinada reacción química.

El ADN es una escalera torcida en espiral doble, escalera en caracol inmensamente larga, con subunidades o nucleótidos compuestos por moléculas de fosfato y desoxirribosa, que se alternan y que forman sus lados, así como cuatro bases nitrogenadas, dispuestas en parejas, que representan los escalones y que se repiten miles de millones de veces a través del genoma y codifican su información con la letras A, T, G y C, que corresponden a la adenina, la tiamina, la guanina y la citosina. La adenina siempre se une con la tiamina y la guanina con la citosina; por eso los científicos hablan de "pares de bases", que son nuestros genes organizados en un alfabeto de cuatro letras que originan "palabras" de tres letras y cada triplete o bloque de tres letras es una palabra cifrada que es



comprensible para la maquinaria de la célula y una señal para un determinado aminoácido. La secuencia de tres peldaños juntos, por ejemplo, (A-T) (C-G) (T-A) o (A-T) (A-T) (G-C), constituyen los tan mencionados genes.

Como en cualquier alfabeto, el orden de las letras lo dice todo: algunas forman palabras y otras simplemente están juntas pero no significan nada. Lo mismo ocurre con el genoma: el orden de los pares de bases es el que determina cuál secuencia es un gen y cuál no lo es, qué gen está mutado y si esto causará problemas al individuo o ya los ha provocado.

Esta frase se transcribe en una información complementaria, en los tripletes del ARN mensajero, y ésta se traduce en el adecuado orden de los aminoácidos de la proteína.

Cada gen es una oración compuesta que le dice a la célula que produzca una proteína o enzima particular, ya sea una que le ayude a digerir el almuerzo o un anticuerpo que dirija un combate contra una infección o unas proteínas receptoras en el cerebro que le permitan al sujeto escuchar y entender lo que otra persona le trata de explicar.

Las bases nitrogenadas transmiten la información que dicta y ordena la síntesis de proteínas, lo que explicaría cómo los genes controlan las funciones de las células, así como la forma de los tejidos y organismos de cada especie.

El orden particular de la A, T, G y C es extremadamente importante, al extremo de constituir la diversidad de la vida y dicta, por ejemplo, que discretísimos cambios en algunos genes que regulan el desarrollo fetal hacen todas las diferencias entre nosotros y un chimpancé, que tiene al menos un 98% de sus genes idénticos al nuestro. Nueve de diez partes de nuestros genes son idénticos a los de un roedor. Casi la mitad de nuestros genes son iguales a los de un gusano, hasta las bacterias son nuestros primos de código genético. Esto quiere decir que todas las instrucciones para crear un ser humano están contenidas dentro de un número sorprendentemente pequeño de genes, apenas dos veces el número necesario para crear y hacer crecer a la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, que posee 13 000 genes, o a un helminto, el *C. elegans*, que teniendo 18 000 genes casi sería nuestro primo hermano. Si esto realmente fuera así, equivaldríamos a dos gusanos; pero, no es el caso, pues la gran diferencia estriba en la complejidad de nuestras proteínas.

Con los enormes recursos económicos internacionales, así como con la gran cantidad de poderosas computadoras de última generación que se comunican constantemente entre sí, trabajando 24 horas al día, se logra precisar el plano del genoma humano, a tan vertiginosa velocidad que sobrepasa nuestra posibilidad de entendimiento; sobrepasa nuestra posibilidad de interpretación e incluso también nuestra capacidad de asombro.

Estos descubrimientos sobre el genoma humano nos otorgarán tal poder que podremos alterar y conducir, a nuestro antojo, no sólo el curso de la vida humana, sino también modificar el curso de la naturaleza, así como lograr el entendimiento de la dinámica de los seres vivos.

Estamos recién comenzando a "extraer las pepitas de oro", que serán la clave para comprender el genoma humano, pues en realidad apenas estamos comenzando a escarbar.

Ya prácticamente están identificados aproximadamente treinta y tres mil genes del ADN humano y se determinará los tres mil millones de pares de bases nitrogenadas que los conforman.



El código genético es el orden en que se presentan las cuatro bases nitrogenadas, que son los componentes universales del ADN de todos los seres vivos. La secuencia de éstas es leída del mismo modo que se lee las distintas letras del alfabeto que componen una palabra y se interpretan según un conjunto de reglas válidas para todos los seres vivos. La diferencia entre éstos está en la diversidad del ADN que reside, en la proporción y orden de cómo se suceden los pares de bases nitrogenadas que establecen la especificidad y diferencia de cada especie o individuo.

El gen produce proteínas específicas, cada una de las cuales posee de 1000 a 2000 pares de nucleótidos o pares de bases nitrogenadas.

Al final, el número y orden de los aminoácidos en una cadena determina la estructura y función de la proteína, así como indica y ordena cuándo y por qué debe activarse o desactivarse dicha proteína.

El número de genes es distinto para cada especie y constante para todas las células de determinada especie, así como lo es el número de sus cromosomas.

La información completa para construir a uno de nosotros está escrita en nuestro ADN, en cada una del trillón de células de nuestro organismo, la mayor parte en su núcleo y un ADN adicional en nuestras mitocondrias. La obtención de una característica determinada (por ejemplo, el color de los ojos) depende de la interacción del material genético del núcleo con el del citoplasma celular, vale decir con las mitocondrias, así como con el medio ambiente y también con la interacción con otros genes.

INDIVIDUO Y PERSONA

Mientras el cigoto, convertido en embrión viaja a lo largo de la trompa, el útero se prepara como resultado de la acción de las hormonas ováricas, para recibir al concepto. Entre el séptimo y décimo día, el embrión se sumerge en la mucosa del útero llamada endometrio, lo que da lugar al inicio del embarazo. En condiciones naturales, muchos de estos embriones ya implantados se pierden por circunstancias adversas a nivel del endometrio, sin que la mujer advierta siquiera que tenía un embarazo, porque estos hechos ocurren antes que se dé el retraso menstrual, que pone en evidencia ante la mujer la probabilidad de una gestación.

Mediante la transcripción, esta secuencia es copiada con exactitud en una molécula de ADN y transportada a los ribosomas del citoplasma, donde por biosíntesis proteica se originan las complejas proteínas que no sólo componen la estructura física de la célula, tejidos y organismos, sino que controlan las reacciones químicas de la materia viva. Tanto lo uno como lo otro depende de su estructura molecular, la que depende a su vez de la composición de sus polipéptidos que tienen 20 distintos tipos de aminoácidos.

Al final, el número, tipo y orden de los aminoácidos de una cadena de ADN determina la estructura y función de la proteína, que a su vez determinará las características de determinada especie que genéticamente se le ordene construir y, además, precise las condiciones para que funcione lo más favorablemente al medio ambiente que le tocará vivir.



Si estiramos el ADN de una sola célula humana, daría la vuelta al mundo. Si fuera un libro, leyendo diez palabras por segundo, día y noche, se necesitaría once años para leer todo el texto, ya que llenaría 200 volúmenes, cada uno del tamaño de un enorme directorio telefónico. Si no se usara las computadoras, una sola persona necesitaría vivir sesenta mil años para lograr lo mismo. Ahora, ya no tratándose de una sola célula humana, sino de todo el ADN del cuerpo humano, y éste fuera puesto en fila, haría 600 veces el trayecto entre la Tierra y el Sol.

Cada persona comparte el 99,99% del mismo código genético con los demás humanos.

El noventa y nueve por ciento de la información genética contiene datos sobre el proceso evolutivo del hombre, con lo que se logrará entender recién adecuadamente la historia de la humanidad y la evolución de las especies. El uno por ciento restante codifica al hombre actual y, de ese uno por ciento, su centésima parte, o sea el 0,01 por ciento de nuestros genes, marca la diferencia entre nosotros. Y ahí también están los genes fallados, que derivan en enfermedades.

De hecho, personas de distintos grupos raciales pueden ser más similares genéticamente que individuos de la misma etnia.

Recientemente, se ha observado una gran variedad de posiciones de las bases en el ADN, entre uno y medio millón de ellas, que difieren entre las personas, lo que explicaría por qué unas son más susceptibles que otras a ciertas enfermedades.

También se acaba de descubrir que los seres humanos no tienen cien mil genes, como se suponía, sino tan sólo de 26 000 a 40 000, 33 000 como promedio.

Uno de los avances más revolucionarios de la medicina en los últimos tiempos son los marcadores genéticos, pedazos de ADN capaces de rastrear el material genético en busca de genes destartalados, con lo que se podrá identificar individuos que podrán padecer enfermedades genéticas a lo largo de su vida.

Si un gen presenta un grave defecto, impide que fabrique la proteína que le corresponde fabricar o presenta una anomalía en su estructura que le impide ejercer su trabajo.

El Celera Genomic Systems, pionera en la publicación del mapa genético humano, que es un centro particular de estudios genéticos así como el consorcio público Proyecto Genoma Humano, constituido por dieciséis instituciones de Investigación de Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Francia, Japón y China, lo constituyen diez mil investigadores de todo el mundo. Están rastreando el genoma humano en busca de nuevos genes o genes defectuosos. Así se ha logrado dar caza a un gen en el cromosoma 11 que estaría implicado en algunas formas de alcoholismo, así como otro en el cromosoma 7, responsable de la mucoviscidosis o fibrosis quística.

Un pequeño lapsus genético-enzimático hace que el aminoácido fenilalanina no pueda transformarse en otro aminoácido similar, la tirosina, lo que a su vez hace que se acumule en la sangre fenilpiruvirato, que en los bebés produce un retardo mental.

Cuando se termine de descifrar el genoma humano, se sabrá exactamente cuál proteína produce cada gen, para qué sirve y en cuál cromosoma está y esto abrirá un universo de alternativas para la medicina. Pues, decodificado el "territorio genético" del ser humano y develados los secretos de todos sus procesos, la humanidad habrá entrado de lleno en el siglo de la biología molecular y la



medicina sufrirá una auténtica revolución, dando el salto final del tratamiento a la prevención de las enfermedades e, incluso una verdadera revolución biológica, pues también cambiará la concepción que tenemos sobre nosotros mismos.

- Se administrará fármacos en forma individualizada.
- Se diagnosticará taras genéticas antes del nacimiento.
- Se identificará los genes que podrían causar serios problemas en cualquier etapa de su vida y de esta manera sacar ventaja adelantando soluciones.

El último grito en la biotecnología es el siguiente: ¿cómo es posible detectar un gen concreto entre el gran laberinto genético y acusarlo de que es el culpable de una enfermedad concreta? El genetista debe romper la molécula de ADN en pedazos manejables, utilizando tijeras moleculares llamadas enzimas de restricción, que la cortan en los puntos de restricción, con lo que se obtiene fragmentos de ADN, con medidas diferentes de uno a otro individuo. En esta diferencia está la clave del éxito, pues cada fragmento corresponde a un punto exacto en el cromosoma del que se ha extraído, lo que se utiliza en familias que padecen una tara genética y observando si llevan una variante particular en sus fragmentos de restricción.

Con la ayuda de las sondas genéticas, los médicos ya pueden rastrear el ADN en busca de genes defectuosos, responsables de una infinidad de males. Parte de estos genes han sido desenmascarados, aislados y clonados, lo que constituye una de las herramientas de trabajo más útiles que existen ya a disposición de médicos, biólogos y científicos de todo el mundo, lo que revolucionará el tratamiento de las enfermedades en el siglo que acaba de comenzar. Esta ayuda ha permitido identificar la propensión a enfermedades, como el cáncer de mama, la sordera hereditaria, alteraciones del esqueleto, infarto hemorrágico, la epilepsia hereditaria, diabetes tipo 2; hasta para la leucemia hay informes prometedores.

El retardo mental del X-frágil, el más frecuente retraso mental, se produce por ruptura de uno de los brazos del cromosoma X.

En la maníaco-depresión, que afecta a 2% de la población, el gen responsable descubierto en 1987 está en el cromosoma 11.

En la esquizofrenia que afecta al 1% de la población, este gen de la locura ha sido localizado en una región del cromosoma 5.

El 20 de diciembre de 2001, con casi 60 millones de bases, se completó la secuenciación del cromosoma 20, que constituye 2% del genoma humano, y sus genes están comprometidos en inmunodeficiencia, diabetes tipo 2, obesidad, cataratas y eczema. Otros completados son los cromosomas 22 y 21.

La biotecnología se basa en las técnicas de recombinación genética, que consisten en reunir un ADN nativo y un ADN extraño en un vector y luego introducir el vector en una célula huésped, célula donde pueden multiplicarse millones de veces, constituyendo un clon de células transformadas y produciendo proteínas específicas en gran cantidad, como las de la insulina, la hormona del crecimiento y los interferones.

A enorme velocidad, paralelamente, los científicos especializados descifran los códigos genéticos de bacterias. Ya se ha descifrado el código de más de 30 bacterias. Una de las últimas es la de la



Pseudomonas aureginosa, con lo que recién se explica, genéticamente, por qué su extraordinaria resistencia a todo medicamento e, igualmente, la facilidad con la que se podrá combatirla, en el futuro, anulando sus recién descubiertas 10 bombas, que extraen toda materia extraña que se introduce en su interior y también destruyendo sus tan numerosos 500 genes reguladores de su activación y desactivación, con tan sólo 5 500 genes que posee.

Se acaba de descifrar también el código genético del neumococo y apenas hace menos de dos meses la secuencia genética del *Plasmodium talciparum* y del mosquito *Anopheles*, luego del trabajo de 150 científicos durante seis años, con un costo de 30 millones de dólares, muy bien empleados, pues la malaria amenaza a 40% de la población mundial y mata a dos millones setecientos mil personas en un año.

Resulta enigmático el reciente descubrimiento de que más de 200 genes bacterianos, que invadieron el genoma humano hace millones de años, se convirtieron en adiciones permanentes y algunos de ellos se han hecho de funciones importantes, tales como la regulación a la respuesta al estrés, y otros comprometidos en la depresión.

También se acaba de descubrir una gran variedad de posiciones de las bases en el ADN. Se ha descubierto entre uno y uno y medio millón de ellas, que difieren entre las personas; y por ello se explicaría por qué unas personas son más susceptibles que otras a ciertas enfermedades.

El próximo gran reto será encontrar cómo los genes interactúan con la célula en un momento determinado. Esto es clave, pues se lograría conocer lo más secreto, lo más íntimo y quizás lo más importante y difícil de develar en estos estudios, ya que la naturaleza ha demorado millones de años en lograr su adecuación, a lo largo del proceso evolutivo.

Otra novedad es que las mutaciones genéticas heredadas se dan el doble de veces en los hombres que en las mujeres.

Los genes son muy difíciles de cuantificar, pues tan sólo entre 1 y 1,5% porta instrucciones para hacer proteínas.

Otra cosa curiosa del genoma humano es que se encuentra regiones alternas "densas de genes" y regiones "pobres de genes", como si se tratase de ciudades separadas por largas extensiones de campos, donde no se conoce su función en millones de pares de bases de estos genes en estas zonas desérticas, secuencias repetidas en todo el material genético. También son conocidas como ADN "chatarra" o ADN "basura", en más de un tercio del genoma humano; se espera que serán estudiadas posteriormente en forma más profunda.

Por otra parte, las mutaciones del genoma que se han acumulado proporcionarán un excelente registro de los "fósiles moleculares" de la historia evolutiva del ser humano.

Es extraordinariamente interesante que se haya logrado observar que existen secuencias que, al parecer, son capaces de saltar de una zona a otra, de un cromosoma o a otro cromosoma, con lo que pueden originar mutaciones en los genes adyacentes a sus puntos de partida o llegada, descubrimiento que le valió el Premio Nóbel a la genetista Barbara Mc Clintock.



Incluso se podrá predecir las drogas útiles, ya con certeza, para tratar enfermedades definidas y también construir medicamentos específicos para tal o cual persona, de acuerdo a su genoma particular.

Las organizaciones gubernamentales y las privadas se encuentran en una carrera desesperada contra el tiempo para lograr el mapa del genoma humano y especialmente lograr descifrarlo. Sólo Celera Genomic Systems ya tiene patentados 7 mil genes, logrando patentes claves para nuevas terapias, cuyas patentes le dan derecho no a ser los dueños de esos genes, que son patrimonio de la humanidad, sino a fabricar comercialmente los productos que se logre con esos genes para rápidas y eficientes aplicaciones clínicas, que podrán ser utilísimas para la humanidad doliente. Aunque, actualmente, cada vez crece más el rechazo a que surjan intereses económicos enormes en estos invalorable descubrimientos.

El progreso en el estudio del genoma humano abrirá increíbles posibilidades en todos los campos del saber humano, especialmente en medicina y en particular en los estudios de reproducción asistida, lo que hará para la especie un futuro incierto y aterrador si se le da un mal uso y sería muy ingenuo pensar que ello no ocurrirá.

En un futuro próximo, el ADN de una única célula probablemente será amplificado e hibridado contra un chip conteniendo cientos o miles de marcadores, para detectar cualquier desequilibrio cromosómico o subcromosómico, con lo que se detectará cualquier anomalía cromosómica numérica, además de deleciones, traslocaciones y duplicaciones cromosómicas.

Actualmente, estamos retirando blastómeras indiferenciadas de embriones humanos muy jóvenes, blastómeras totipotentes, siempre antes de los 14 días de la fecundación, buscando algunas de las 4 mil enfermedades genéticas que puedan beneficiarse con este estudio y evitando la transferencia de embriones cromosómicamente anormales al útero. Pero, aquí viene el problema ético en los casos en que no es garantizada o segura la solución genética habría que ver qué se hace con esos embriones humanos. Hoy día, para bien o para mal, el 95% de los padres decide eliminarlo.

En un futuro, no necesariamente muy lejano, con la aparición y aplicación de lo que traerá el genoma humano, habrá enormes cambios, algunos incluso radicales, que serán el destino de generaciones por venir, tampoco necesariamente favorables, como la posible desaparición de lo que hoy llamamos familia.

En este milenio, con nuevos medicamentos, con mucho mayor conocimiento y técnicas excelentes, que ni siquiera podemos hoy imaginar, se logrará embriones sanos y maduros -que podría llamar "embriones en su punto"-, que serán colocados en úteros, perfectamente balanceados en todo sentido, con una implantación endometrial de casi 100% que, como todos sabemos, hoy es el principal problema del fracaso en FIV y ET. En consecuencia, se lograría prácticamente el 100% de gestaciones clínicas, ya que se eliminaría de inmediato, sin pena ni arrepentimiento, embriones que no lleguen a la perfección.

Habrán muchos bancos perfeccionados para satisfacer la enorme demanda de un gran mercado para la donación de óvulos de mujeres jóvenes, previa estricta selección de ellos para amparar a la receptora.

Aumentará geométricamente la donación de embriones. La selección de embriones será tan óptima, que su donación será garantizada y hasta con seguro.



Se requerirá cada vez más úteros de alquiler, a pesar de todas sus actuales complicaciones, inconvenientes y prohibición de su uso en varios países, pues ésta será perfeccionada exhaustivamente. Posteriormente, se hará úteros y placentas artificiales.

Hay que tener en mente también un hecho muy importante, trascendente y que se produciría simultáneamente; y es que con lo anterior se está obstaculizando el proceso natural de selección, pues no habría la necesaria mutación genética de la especie, que es consecuencia directa de las submutaciones genéticas que se producen con el correr del tiempo, y se detendría así, negativamente, la evolución de la especie, al lograr conservar gente fallada.

Como cada día más mujeres entran en las filas de las trabajadoras y ejecutivas de empresas, se intensificará la lucha por la vida, que será cada vez más dura, por la brutal competencia que existirá entonces. Muchas mujeres, para poder sostenerse económicamente, podrían dejar pasar los 38, 40 ó más años para pensar en reproducirse, requiriendo por tal más frecuentemente la fertilización asistida. Es decir, cada número de años habrá cada vez más mujeres maduras deseosas de ser madres. Se requerirá drogas, técnicas y protocolos especiales y de alta calidad para ellas, así como estudio obligado del ADN de sus futuros embriones.

Hay que pensar también que, por otro lado, hablando ya no dentro de 100 años, sino en mucho mayor números de años, con el devenir de muchas generaciones, las mujeres vivirán también más años y con mucha probabilidad los ovarios serán también activos en mujeres de más edad que actualmente.

Se escogerá muy pronto el sexo, según el deseo de los padres, con el enorme problema mundial que esto generará. Es impredecible el trastorno que ello traerá en las próximas costumbres humanas, incluyendo morales y de todo tipo. Imaginemos lo que sucederá en poblaciones con 5 ó 10 hombres por cada mujer o lo contrario, puede ser catastrófico.

LOS PADRES TAMBIÉN PODRÁN ESCOGER EL NÚMERO DE HIJOS EN CADA PARTO

Trabajarán cada vez más rápido e intensamente los asustados legisladores, moralistas, religiosos y abogados de todo el mundo, sorprendidos por el rápido y casi dramático descubrimiento de la ciencia al respecto. Ellos tratarán de frenar, en lo posible, el avance incontenible, desbordante y desordenado en este campo tan perturbador para la especie humana y, por supuesto, influyendo en el legislativo para que den leyes opuestas al avance de este importante renglón de la medicina. Como el que escuché, hace muy poco, en una mesa de discusión que yo integraba sobre ética, al respecto en el que un abogado sostuvo que debe ser el juez el que debe decidir a qué pareja se le puede indicar FIV y ET, y a cuál pareja no. A lo que me opuse abiertamente, ya que me pareció una aberración, por decir lo menos, ya que no se puede legislar sobre cosas que no se entiende. Un gran pensador y arqueólogo peruano, hace pocos días, ante la pregunta del periodista ¿qué es lo que más teme en este milenio?, él respondió: " El desborde de la Ciencia", lo que me impresionó como muy cuerdo, profundo y veraz.

Para las mujeres maduras en las que falla la reproducción asistida y tratando de solucionarles simultáneamente su esterilidad, su problema legal y ético se les hará sólo la donación de citoplasma, sólo de un poco de citoplasma de un huevo de una dadora joven e inyectándolo al oocito de la mujer madura antes de la inseminación o el ICSI. Se haría con poco citoplasma, para evitar transferir



mitocondrias, o muy pocas de ellas para transferir muy poco ADN de la donante, con lo que el huevo recipiente tendría prácticamente casi todo el ADN de la madre, tanto nuclear como citoplasmático.

Actualmente, no se vislumbra siquiera hasta dónde contribuirá la computadora en el futuro de la reproducción asistida. Sólo podemos entrever que cada vez intervendrá más para que, a través del internet, se propaguen, a la velocidad de la luz, todos los adelantos al respecto, y globalicen en el ámbito mundial todos los conocimientos de esta disciplina médica.

Sería muy ingenuo creer que todo será beneficioso para la humanidad en el futuro de la fertilización asistida, ya que habrá toda clase de atropellos, desde eliminar embriones muy jóvenes y sanos por no ser del sexo deseado por la pareja, hasta crear peligrosísimas combinaciones interespecies, incluso incluyendo en ellas al genoma humano, con resultados impredecibles, que incluso puedan terminar con nuestra especie como la conocemos en la actualidad.

Ya se comienza a visualizar los primeros tímidos pasos experimentales.

La clonación significa obtener un individuo a partir de un núcleo de otro individuo.

La reproducción sexual fue un invento evolutivo eficaz que, excluidas bacterias y muchos organismos unicelulares, dio lugar a la aparición con éxito de nuevas combinaciones de genes sometidas a las duras pruebas de la selección y otros mecanismos evolutivos.

La oveja Dolly carece de padre y es el producto de tres "madres", la donadora del óvulo que contribuye con el citoplasma, incluidas mitocondrias, la donadora del núcleo y la que parió; lo que indica que es posible "reprogramar" el material genético nuclear de una célula diferenciada, núcleo que comienza a "dialogar" adecuadamente con el citoplasma.

¿Qué significaría, existencialmente, ser un clónico? Se sentiría como un individuo diseñado ex profesamente por terceras personas al que se le ha impuesto un genotipo ya experimentado anteriormente por otra persona. Y él se preguntaría ¿Quién soy yo? Porque se han entrometido en lo que constituye la búsqueda de su personalidad por sí mismo. Y este clónico tenderá a creer que sabe demasiado de sus propios límites y posibilidades que acondicionarían su personalidad. La bioética y el bioderecho están reclamando la proclamación de un "derecho a ser fruto del azar" y de un "derecho a la ignorancia", a no saber demasiado de uno mismo por adelantado.

Los seres humanos son fines de sí mismos y no pueden ser mediados para otros fines, por muy loables que éstos sean (incluyendo el avance científico) ¿Con qué autoridad y con qué sabiduría podemos imponer a otros seres humanos nuestro diseño? ¿Seríamos capaces de experimentar "a ver qué sale", reduciéndolos al nivel de utensilios?

La Asamblea Mundial de la Salud, en su reunión del 14 de mayo de 1977, aprobó una resolución, según la cual "la utilización de la clonación para reproducir seres humanos no es aceptable en el plano ético, es contraria a la integridad de la persona humana y a la moral".

¿Quiénes somos nosotros para abrogar este mecanismo de "lotería genética" en contra de la reproducción sexual, que lleva miles de millones de años funcionando adecuadamente y, además, qué criterios usaríamos y quién decidiría?



A pesar de lo anterior, no se requiere ser adivino para saber que fácilmente se producirá la "clonación en humanos", también con resultados impredecibles y que podrán modificar la especie para bien o para mal.

La clonación de cerdos se hace hoy en masa, destinados a sustituir órganos de trasplantes en humanos, cerdos que al nacer se les pone ADN humano para que no ocurra "el rechazo".

Ya, un país muy importante dio el primer paso para la clonación de tejidos humanos, exclusivamente para trasplantes de órganos.

Y, por último, ya se vislumbra la posibilidad de reproducción, en la especie humana, sin necesidad de las gónadas.

Todo esto se producirá a como dé lugar y por más que los gobiernos de diferentes países lo prohíban e incluso castiguen a sus promotores.

Para terminar diré que, aparte de lo grandioso de este descubrimiento, no ha sido mi intención insistir en esbozar el aspecto sombrío del problema, es sólo una visión bajo mi perspectiva, para mí, profundamente veraz y sin posible escape para la especie humana.

Recordemos que desaparecen 10 especies cada 24 horas en todo el mundo y, sólo para el año 2020, desaparecerá una especie cada hora.

Tarde o temprano, irremediablemente, desaparecerá nuestra especie. Lo que no sabemos es cuándo.