

## **GENOMA HUMANO: IMPLICACIÓN BIOÉTICA**

**Lidia Cruz Neyra<sup>1</sup>**  
**Arturo Mendoza Ramírez<sup>2</sup>**

### **RESUMEN**

En los últimos años es indudable el avance del conocimiento científico y biotecnológico, prueba de ello es la manipulación genética, la reproducción asistida, la clonación entre otros aportes; temas que han creado enormes expectativas sobre su utilidad y paralelamente el probable peligro de afectación a los derechos de la persona humana.

Particularmente, el conocimiento del genoma humano es extremadamente relevante y necesita ser debatido en los diferentes ámbitos biológico, médico, ético, religioso, social, político entre otros que permitan una reflexión profunda sobre sus consecuencias y aplicaciones

Es preciso discutir sobre la necesidad de definir principios de responsabilidad social en el uso de la información genética y dictar las normas legales que permitan proteger los derechos de la persona, en forma tal que el conocimiento genético de la persona no pueda mellar los límites del derecho a la vida o la salud.

**Palabras Claves:** *Genoma humano, bioética, aspectos sociales*

### **SUMMARY**

In the last years the advance of the scientific and biotechnological knowledge are undoubtedly, advances, for example are the genetic manipulation, the assisted reproduction, the cloning among other contributions; this subjects have created enormous expectations on their utility and the probable risk of danger as affectation to the rights of the human person. Particularly, the knowledge of the human genome is very important and needs to be debated in the different scopes biological, medical, ethical, religious, social and political area among which this allow to a deep reflection on his consequences and applications.

It is precise to discuss on the necessity to define principles of social responsibility in the use of the genetic information and to dictate the legal norms that allow protecting the rights of the person, in form so that the genetic knowledge of the person cannot notch the limits of the right to the life or the health.

**Key Words:** *Human genome, bioethics, social aspects*

---

<sup>1</sup> Laboratorio de Biología Celular y Molecular, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma; lcruz@mail.urp.edu.pe

<sup>2</sup> Facultad de Derecho y Ciencias Políticas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

## INTRODUCCIÓN

El ácido desoxirribonucleico, ADN, conocida como la molécula de la vida, porta en su estructura la información hereditaria. Esta macromolécula está localizada en el núcleo de cada una de las células de la persona.

El ADN está conformado por bases nitrogenadas, azúcar, fósforo. Las bases nitrogenadas se llaman adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T). Fragmentos de ADN que porta la información e instrucciones para elaborar todas las proteínas requerida por un organismo es denominado genes, es decir una determinada secuencia de esas cuatro letras. Los genes son las unidades básicas, físicas y funcionales de la herencia.

El genoma es el ADN total que contiene un organismo, nuestro genoma humano contiene alrededor tres billones de pares de bases, allí está contenida toda la información para hacer un nuevo organismo.

La secuencia completa del genoma humano supone grandes desafíos, principalmente en el campo de las ciencias biológicas, médicas y las relacionadas a ellas. Los conocimientos obtenidos a través del estudio del genoma han promovido el surgimiento de la llamada era genómica.

## ACIDO DESOXIRRIBONUCLEICO

Grandes hitos han marcado el desarrollo del conocimiento de la molécula de la vida, ácido desoxirribonucleico, ADN, siendo los principales: el descubrimiento de las leyes de la herencia por Gregor Mendel (1865); el redescubrimiento del trabajo de Mendel (1900); el reconocimiento del ADN como material hereditario por Oswald Avery, Colin MacLeod y Maclyn McCarty (1944); la determinación de la doble hélice por James Watson y Francis Crick (1953), la determinación del código genético por Marshall Nirenberg, Har Gobind Khorana y Robert Holley (1966), el desarrollo de la tecnología de ADN recombinante por Stanley Cohen y Herbert Boyer (1972); el establecimiento de los métodos de secuenciación del ADN por Frederick

Sanger, Allan Maxam y Walter Gilbert (1977); el desarrollo de la reacción en Cadena de la Polimerasa PCR (1985), el secuenciamiento automático (Smith, 1986) y el desarrollo de diversas técnicas a raíz del inicio del Proyecto del Genoma Humano en 1990.

El ADN consta de dos cadenas, cada una es una larga molécula polimérica, formada por unidades monoméricas de nucleótidos unidas mediante enlace fosfodiéster. Los nucleótidos están compuesto de una pentosa, desoxirribosa, base nitrogenada (purinas, de doble anillo, Adenina A, Guanina G y pirimidinas de un anillo, Citosina C y Timina T) y el ácido fosfórico. Las cadenas se unen por puente de hidrógenos que se establecen entre los pares de bases, adenina siempre se aparea con timina y citosina se aparea con guanina. La complementariedad de la secuencia entre las dos cadenas polinucleótídicas es fundamental y se manifiesta en sus funciones de transcripción y replicación.

Determinadas secuencias de bases en la molécula de ADN constituyen los genes. Entre las muchas definiciones de lo que es un gen, se describe como un simple segmento de la molécula de DNA, este segmento puede ser tan corto como de 75 nucleótidos o sobrepasar los 2,300 nucleótidos. La información de un gen está contenida en la secuencia de nucleótidos. Esta información es esencial para la síntesis de una molécula de ácido ribonucleico ARN, que lleva información para la síntesis de una cadena polipeptídica, proteína o enzima, o puede cumplir otra función, como ser parte integrante de la maquinaria de la síntesis proteica. Este proceso es llamado expresión génica.

Los genes pueden ser identificados, aislados, caracterizados, transferidos de una células a otras y de unos individuos a otros, sean o no de la misma especie., es decir los genes pueden ser manipulados, en el sentido estricto que el término «manipular es definido por la Real Academia Española en su diccionario como «operar con las manos o con cualquier instrumento».

El proyecto del genoma humano se inició en 1990, como una colaboración internacional coordinada por el Departamento de Energía y los Institutos

Nacionales de salud de los estados Unidos de América (EUA) y se planeó con una duración de quince años. Sin embargo, los adelantos científicos y tecnológicos recientes han acelerado su desarrollo.

El proyecto del Genoma Humano está cumpliendo con los objetivos propuestos como son la identificación de todos los genes que contiene el genoma humano, inicialmente se pensó en 100,000 genes, hoy son aproximadamente 30,000; la determinación de los 3.3 billones de bases nitrogenadas de los que está compuesto el ADN; el almacenamiento de toda la información en bases de datos; el desarrollo de sistemas para el análisis de datos y el delineamiento de los aspectos éticos, legales y sociales que se generan del proyecto. La divulgación del genoma humano (Venter et al., 2001) abrió una nueva era para la biología, la medicina y la salud pública.

El proyecto del genoma Humano ha generado una inmensa base de datos de secuencias genómicas con actualizaciones permanentes y disponible por National Center for Biotechnology Information (NCBI) en la página web <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

La consecuencia práctica del surgimiento de este nuevo campo, permite hoy en día que la identificación de genes responsables de las enfermedades de herencia mendeliana puedan ser ahora determinada en pocas semanas, gracias al aporte tecnológico y a la base de datos que son de público conocimiento. La tecnología y conocimiento disponible con el desarrollo del Proyecto del genoma Humano permitirá tener mecanismo de prevención, diagnóstico y tratamiento de innumerables enfermedades crónicas bastante comunes como el cáncer, la demencia, la enfermedad de Alzheimer, Huntington, diabetes mellitus, hipertensión arterial, enfermedades coronarias, asma y otras alergias. Es posible identificar precozmente determinadas enfermedades, pero también detectar individuos susceptibles y evaluar en el medio interno del organismo el grado de exposición de agentes exógenos (Wunsch & Gatas, 2001)

La medicina genómica representa un cambio revolucionario en la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfer-

medades y se sustenta en dos aspectos fundamentales como es la posibilidad de predecir genéticamente el riesgo individual de enfermar, la reacción a los medicamentos y la posibilidad de formular medicamentos de origen genómico para atacar cursos que se ven interrumpidos por la enfermedad (Collins et al, 2001).

## BIOÉTICA

El término bioética fue acuñado por el oncólogo Rensselaer Potter en 1971, quien escribió el primer libro de Bioética, cuyo subtítulo es «puente hacia el futuro» construyendo la disciplina de la Bioética como un puente entre las dos culturas, ciencia y humanidades.

No existe una definición universal de bioética. Sin embargo es frecuentemente definida como el estudio sistemático de las dimensiones morales, decisiones, conducta y políticas de las ciencias de la vida y la atención a la salud, empleando diversas metodologías éticas, con una orientación interdisciplinaria (Encyclopedia of Bioethics).

Bioética es definida nominalmente como la ética de la vida, es la ciencia que estudia la vida a partir de los principios universales morales. Una idea más desarrollada es la que concibe a la bioética como una ciencia que reflexiona sistemáticamente sobre las intervenciones y problemas que se ponen en el campo de la biomedicina con la finalidad de establecer criterios y límites entre lo lícito y lo ilícito.

La Bioética es en gran medida, la respuesta a la crisis de valores generada por los avances vertiginosos de la medicina científica y por los campos de acción que la ciencia seguirá abriendo a la práctica médica y biológica. El nacimiento de la bioética ha hecho emerger la necesidad de distinguir entre el conocimiento y dominio de la ciencia, es decir, el mundo de los hechos científicos, que obviamente ha sido siempre soberanía de los científicos, de aquel otro de la ética y de los valores que ha sido el campo de trabajo de filósofos y de los eticistas. Una de las tareas de la bioética es tender puentes de comprensión entre el mundo de la ciencia y el mundo de la reflexión ético-filosófica

Los valores éticos no pueden ser separados de los hechos biológicos. La humanidad necesita urgentemente de una nueva sabiduría que le proporcione el «conocimiento de cómo usar el conocimiento» para la supervivencia del hombre y la mejora de la calidad de vida.

### **EL IMPACTO DEL USO DE LA INFORMACIÓN GENÉTICA**

Innumerables investigadores señalan que los primeros resultados del Proyecto de Genoma Humano inicio la Genómica o Medicina Preventiva, pues se conocerá cada vez mejor las bases genéticas de las diversas enfermedades y podrán detectarse predisposiciones a las mismas mucho antes de que aparezcan. Conocer anticipadamente esta información facilitará el desarrollo de medidas preventivas, terapéuticas o paliativas, antes de que sus efectos sean irreversibles.

Este acontecimiento del desciframiento casi completo, del genoma humano ha dado origen a una explosión de información, especulaciones sobre el futuro de este avance científico y las implicancias éticas, legales y sociales que tendrá este proyecto. Entre aspectos discutidos destacan los siguientes: justicia y propiedad en el uso de la información genética por los empleadores, empresas, las compañías de seguros, el Poder Judicial, las escuelas, las agencias de adopción y los estamentos militares, entre otros.

La privacidad y confidencialidad de la información genética deberán ser celosamente guardadas. Ya hay ejemplos, como el de Islandia, que ha decidido realizar el mapa genómico de toda la población, ha dejado, en la ley, una cláusula que permite al ciudadano negarse a que su genoma sea incorporado al banco de datos que se ha abierto con este fin.

La medicina genómica trae también una serie de cuestionamientos para el sector de la salud, principalmente el aspecto de la equidad y la protección de los derechos humanos y civiles. La capacidad de predecir genéticamente los riesgos de salud propios de cada individuo tiene su contrapartida en el potencial mal uso de la información genómica, con el consecuente impacto

sobre el acceso a la atención de la salud; además de la posible discriminación o un criterio económico asociado a un examen genético previo (Annas, 1992).

El uso de la información genómica plantea importantes desafíos que tienen que ver principalmente con la necesidad de proteger contra abusos, revisando la relación médico-paciente en torno a la obligación de informar y precisando la titularidad de la información genética. Frente a este panorama, el problema de los gobiernos radica en definir cómo regular el potencial de la tecnología genómica en torno al uso de su información, principalmente como consecuencia de la imposibilidad actual de proteger contra su mal uso (Collins & McKusick, 2001) y a la vez garantizando el acceso a exámenes y consejería.

### **CONOCIMIENTO GENÉTICO Y DISCRIMINACIÓN**

El mal uso de la información genética puede dar origen a una nueva clase de discriminación (Jeffords & Daschle, 2001), por ejemplo ya entrando en el terreno médico, la primera pregunta es ¿Que impacto psicológico, e incluso estigmatización, pueden derivarse de las diferencias genéticas de un individuo? Otras preguntas son: ¿Debe realizarse la investigación genética, cuando la enfermedad que se va a investigar, no tiene tratamiento? ¿Tienen los padres el derecho a que se realicen pruebas en sus hijos para enfermedades que solo aparecerán en la edad adulta? ¿Se darán los matrimonios sabiendo que alguno presenta enfermedades que se manifestaran a partir de los 40 años ó que los hijos puedan ser portadores? Ante esto es indudable que la comunidad médica debe prepararse para realizar las pruebas genéticas en forma confiable y los médicos deben ser capacitados para la interpretación de las mismas. Es en el campo de la reproducción humana donde están surgiendo ya una serie de problemas como se ha visto en la discusión sobre la forma de disponer de los embriones no utilizados en la llamada fertilización asistida. Y en el campo laboral ¿qué pasará si los centros laborales y las compañías de seguros tienen la información

genética? ¿Cómo puede ser usada la información genética cuando la ocupación ejercida o a ejercer, representa un riesgo potencial o eminente al trabajador o al postulante a la empresa o fábrica que utiliza ciertos materiales? ¿Qué tipo de ocupación será seleccionada para un trabajador que presenta una constitución genética «favorable» a la exposición de dichos materiales? ¿Se podrán solicitar exámenes pre-admisión al trabajo? ¿Serán los hombres, en el futuro prisioneros de la genética?

El avance de la genética va a permitir que se cuente con diagnóstico genético antes del nacimiento, a través del estudio de las células del líquido amniótico. En este caso los problemas van a ser mayores ya que los padres, considerando sus creencias religiosas, deberán tomar decisiones trascendentales para la vida del nuevo ser.

La terapia genética se utilizará en el futuro para tratar, curar o prevenir enfermedades o afecciones congénitas. Este tipo de tratamiento no es tan simple como pudiera parecer a simple vista. Los genes no son las cuentas de un collar que pueden ser reemplazadas fácilmente. Introducir genes en las células requiere de los llamados vectores, generalmente virus y precisamente son estos virus los que están causando los problemas e incluso muertes, lo que ha obligado a suspender programas que se realizaban en universidades de prestigio en los Estados Unidos. Además, no todas las enfermedades genéticas son monogénicas, es decir, dependen de un solo gen, la mayoría son poligénicas, lo que hace que su tratamiento se convierta en una tarea formidable. Se avanza más, se habla ahora del mejoramiento genético, es decir, la introducción de genes que podrían modificar algunas características del individuo como la talla, por ejemplo, o el color de los ojos. ¿Serán estos procedimientos aceptados por la sociedad? y algo más, asumiendo que esto se permitiera, hay que preguntarse como afectaría esta introducción de nuevos genes en el sistema genético del individuo. Hay que recordar que los genes no funcionan aisladamente sino en relación con

otros genes, cercanos o lejanos. Hasta ahora se ha hablado de genes en relación a enfermedades, pero que pasará si se descubre que la conducta del ser humano también está determinada genéticamente ¿Significará esto la desaparición de la responsabilidad?

### **PAUTAS ÉTICAS INTERNACIONALES**

·El Código de Nüremberg. Publicado en 1947, el Código de Nuremberg fue una respuesta a las atrocidades cometidas por los médicos investigadores nazis.

·Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Recomendaciones para orientar a los médicos en la investigación biomédica con seres humanos. Adoptados por la Asociación Médica Mundial en 1964 y enmendados en 1975, 1983, 1989.

·Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. 2000.

·Las Fases de los Ensayos Clínicos de Vacunas y Medicamentos. Desarrollo de vacunas y desarrollo de medicamentos en los ensayos clínicos.

·Principios de Ética Médica., aprobados en la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1982.

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

·Pautas Éticas Internacionales para la Investigación Biomédica en Seres Humanos Preparadas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2002.

·Pautas Internacionales para la Evaluación Ética de los Estudios Epidemiológicos. Preparado por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS), 1991.

·Declaración Universal sobre el genoma humano y los Derechos Humanos. Las implicaciones éticas de la investigación genética. 1997

·Biomedical Research Ethics: Updating International Guidelines. 2000.

·Declaración Ibero-Latinoamericana sobre Derecho, Bioética y Genoma Humano. Santiago 2001.

·Steering Committee on Bioethics. Draft additional Protocol to the Convention on Human Rights and Biomedicine on Biomedical Research. 2003.

Diversos documentos han sido dados como respuesta a la preocupación del manejo de la información genética, merecen especial relevancia el Convenio para la protección de los derechos humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones de la biología y de la medicina aprobado por el Consejo Europeo y la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos aprobada en la Conferencia General de la UNESCO el 11 de noviembre de 1997.

La Declaración universal de la UNESCO sobre el Genoma Humano tiene siete capítulos como son: la dignidad humana y el genoma humano; el derecho de las personas interesadas; investigaciones sobre el genoma humano; condiciones de ejercicio de la actividad científica, solidaridad y cooperación internacional; fomento de los principios de la Declaración y aplicación de la Declaración. Documento que protege la dignidad humana, el manejo de su información genética, las investigaciones y las condiciones en los cuales deben llevarse a cabo las investigaciones sobre el genoma humano.

## **DERECHO GENÉTICO**

Todas estas observaciones nos llevan a pensar que hay que empezar, desde ahora, un serio proceso de educación de los profesionales de la salud, de los abogados y de los jueces.

Además considerar las variables como: el impacto del uso de la información genética de cara a los procesos de reforma sectorial; la potencialidad de generar nuevas desigualdades en el acceso a la tecnología y a los medicamentos genómicos; la nece-

sidad de contar con nuevos lineamientos para guiar las investigaciones; la nueva dimensión de la relación médico-paciente en cuanto al uso de la información; el riesgo de retomar el determinismo biológico como orientador de las políticas y las garantías internacionales en torno al acceso igualitario a los conocimientos asociados al conocimiento del genoma humano.

La Constitución Política y el Código Civil Peruano en su actual redacción es ineficaz para proteger el genoma humano, sin embargo existe algunos intentos como la Resolución Legislativa N° 26378 que aprueba el Estatuto y Protocolo del Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología suscrito en Madrid el 13 de septiembre de 1983 y en Viena el 4 de abril de 1984. Esta resolución fue publicada el 25 de octubre de 1994.

La ley N° 27636 que incorpora al código penal, el capítulo cinco, referido a los delitos de manipulación genética, que fue promulgada el 15 de enero del dos mil dos.

Es necesario contar con un marco jurídico frente a la protección de la información genética de cada individuo, fundamentalmente en el principio de la autonomía de la voluntad y de la confidencialidad, que ya se encuentra incorporados en numerosas legislaciones, principalmente europeas. La autonomía requiere que todos los exámenes sean voluntarios y que el consentimiento sea otorgado solamente después de recibir información sobre las implicancias de la posible utilización de la información genética obtenida y difundida sin consentimiento del interesado se convierte en ilícito. Al respecto la Declaración de Buenos Aires de 1998 señala en su artículo 5°, literal b) que «el consentimiento libre e informado para la realización de pruebas genéticas e intervenciones sobre el genoma humano debe ser garantizado a través de instancias adecuadas, en especial cuando se trate de menores, incapaces y grupos que requieren de una tutela especial» (Figueroa, 2000), igualmente el Comité Internacional de Bioética de la UNESCO emitió disposición al respecto y procedió en el literal b) del artículo 5°, a entregar a cada legislación nacional el establecimiento de

los requisitos que deben cumplirse para realizar intervenciones sobre el genoma de los incapaces: «en todos los casos, se recabará el consentimiento previo, libre e informado de la persona interesada. Si está no está en condiciones de manifestarlo, el consentimiento o autorización habrán de obtenerse de conformidad con el que estipule la ley; teniendo en cuenta el interés del interesado». (Disposiciones del Comité Internacional de Bioética de la UNESCO, Encuentros de Santiago de Chile 1995 y Mansanillo, México, 1996).

Como refiere Flint, 1998, el conocimiento del genoma humano ha repercutido el derecho de seguros y el derecho laboral, influye en los derechos de la persona de forma tal que la investigación atenta contra la intimidad, la divulgación de la información obtenida lesiona el derecho a la reserva, la alteración de la estructura genómica viola la integridad, la obligación o exigencia al sometimiento a exámenes genéticos atenta contra el derecho a la libertad y su aplicación puede mellar los límites del derecho a la vida o a la salud.

Todas las líneas de investigación, sobre el genoma humano y sus aplicaciones biomédicas, deben ser respetuosas con los derechos humanos, en cualquiera de las etapas de su desarrollo, así como el respecto a su integridad, intangibilidad e inviolabilidad.

El conocimiento de la herencia genética del hombre no debe menoscabar nunca los derechos que le son propios por el hecho de pertenecer a la especie humana y ni las grandes compañías que financian con su capital las investigaciones, ni los grupos de intereses que presionan para que se intervenga en el genoma deben olvidar que en la esencia del hombre hay mucho más materia y este componente no material lo que le convierte en un ser único e irrepetible, en un ser abierto a la eternidad.

### CONCLUSIONES

Los avances de la tecnología y la biología molecular han sido tan rápidos que el número de pruebas genéticas disponibles, tanto para las características normales y patológicas aparecen cada día. Las cuestiones éticas, legales y sociales deben

ser debatidas ampliamente en el ámbito académico, laboratorios, instituciones estatales y particulares, por científicos, abogados, legisladores, y todos los que de alguna forma están involucrados en el dictado de normas que permitan defender el derecho de la persona y su dignidad, a través del manejo adecuado de la información genética.

Se hace imprescindible crear mecanismos a nivel supranacional para asegurar que todos los países tengan acceso en condiciones de igualdad a los conocimientos asociados al genoma humano.

### LITERATURA CITADA

- ANNA, G. & ELIAS, S., E. 1992. The major social policy issues raised by the Human Genome Project. En el libro de Annas & Elias. Gene Mapping. Using law and ethics as guidelines. Oxford University Press.
- AVERY, O. T.; MACLEOD, C. M. & McCARTY, M. 1944. Studies of the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types. Induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from *Pneumococcus* type III. *J. Exp. Med.*, 79: 137-158
- COLLINS F.S.; GREEN, E.D.; GUTTMACHER, A.E. Y GUYER, M.S..2003. A vision for the future of genomics research, n. 422, p.835-847.
- COLLINS, F.; McKUSICK, v. 2001. Implications of the human Genome Project for Medical Science. *JAMA*, 285 (5): 7-
- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ. 1993
- FIGUEROA, Y. G. 2000. Hacia una integración supranacional de los principios rectores sobre el genoma humano (una visión personal desde la perspectiva latinoamericana). Síntesis de las presentaciones en la s Jornadas de Derecho Y genoma Humano, Deusto-Bilbao, 12 – 13 abril 2000.
- FLINT-BLANCK, P. 1998. La revolución del derecho de Seguros y del Derecho Laboral. *Derecho y Genética: El*

- Proyecto Genoma Humano. Biblioteca de Derecho Contemporáneo. Vol.8. Editorial: Pontificia Universidad Católica del Perú. P.287.
- HUMAN GENOME PROJECT. [www.ncbi.nih.gov/genome/guide/human](http://www.ncbi.nih.gov/genome/guide/human)
- JEFFORDS, J. & DASCHLE, T. 2001. Political issues in the genome era. *Science Magazine*, 291, 5507:1249.
- KEREM, B.S. 1989. Identification of the Cystic Fibrosis gene: Genetic Analysis. *Science*, n. 245, p1073-1080.
- LACADENA, J.R. 1995. Genética Humana: Fundamentos para el estudio de los efectos sociales de las investigaciones sobre el genoma humano. Editorial Romeo Casabona. Bilbao, España.
- MAXAM, A.M. & GILBERT, W. 1977. A new method for sequencing DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci USA*, 74:560-564
- MENDEL, G & VERSUCHE Ubre Pflanzen-Hybriden. 1866. *Verhandlungen des naturforschenden Vereines, Abhandlungen*. Brunn 4, 3-47.
- MORERO MUÑOZ, M. 1996. El debate sobre las implicaciones científicas, éticas, sociales y legales del Proyecto Genoma Humano. Aportaciones epistemológicas. Tesis Doctoral. Facultad de Filosofía y letras. Universidad de Granada.
- NIRENBERG, M.W. 1963. The genetic code:III- *Sci. Am.* 208: 80-94
- POTTER, V.R. 1971. *BIOETHICS. Bridge to the future*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- SANGER, E. & COULSON, A.R.1975. A rapid for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase. *J. Mol. Biol.* 94:41-448
- SMITH, L.M et al. 1986. Fluorescence detection in automated DNA séquense análisis. *Nature* 321: 674-679
- UNESCO. 1997. Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos. Conferencia General de la UNESCO. Sesión número 29.
- VENTER, J.C. et al. 2001. The séquense of the human genome. *Science* 291: 1304-1351
- WATSON, J. , CRICK, F. H .1953. Molecular structure of nucleic acids. *Nature*, p.737.
- WATSON, J. D. & CRICK, E. H. 1953. Molecular structure of nucleic acids: A sructure for desoxyribonucleic acid. *Nature* 171: 737
- WILMUT, I. ; SCHNIEKE, A.E.; MCWHIR, J.; KIND, A.J. y CAMPBELL K.H.S. 1997. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature*, n.385, p. 810-813.
- WILMUT, I. 1999. Clonación con fines médicos. *Investigación y Ciencia*, n. 269, p.24-29