



*Estudio del ADN: una revelación personal del ser humano*

*DNA study: a personal revelation of the human being*

*Estudo de DNA: uma revelação pessoal do ser humano*

Verónica Leonor Castillo-Salazar<sup>I</sup>

[verocas276@hotmail.com](mailto:verocas276@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-7783-6840>

Patricio Renán Campozano-Castillo<sup>II</sup>

[patricioc\\_20@hotmail.com](mailto:patricioc_20@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-6090-5704>

**Correspondencia:** [verocas276@hotmail.com](mailto:verocas276@hotmail.com)

Ciencias de la salud

Artículo de revisión

\***Recibido:** 06 de diciembre de 2019 \***Aceptado:** 10 de enero de 2020 \* **Publicado:** 03 de febrero de 2020

- I. Magíster en Investigación Clínica y Epidemiológica, Licenciada en la Especialización de Laboratorio Clínico, Docente de la Facultad de Ciencias Médicas en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.
- II. Médico Cirujano, Investigador Independiente, Manta, Ecuador.

## Resumen

El presente ensayo tiene como propósito analizar la literatura científica, no sólo referente al ADN como estructura genética, sino desde la visión de los filósofos antiguos, cuyas contribuciones han permitido acercarse a la descripción biológica de la naturaleza humana. Partiendo de lo anterior, se tiene que el descubrimiento científico del ADN como estructura central que contiene la información esencial de la vida humana surgió de las primeras inquietudes de filósofos como Anaxíandro, Aristóteles, Demócrito, en su debate sobre el origen de la vida y del ser humano. Mendel incursionó con sus leyes sobre la herencia, en la búsqueda de explicar la transmisión de información de padres a hijos. Los adelantos científicos, particularmente el descubrimiento y perfeccionamiento del microscopio, las técnicas de tinción, los aportes de los cristalógrafos facilitaron la construcción de teorías celulares y genéticas, la identificación del núcleo celular y dentro de él los cromosomas y particularmente los genes fueron pasos relevantes para la ciencia; sin embargo, la elaboración del Modelo de Doble Hélice de Watson y Crik, fue el hito que marcó el cambio de visión de la herencia y del ADN como estructura que revela la naturaleza humana. En la actualidad el Proyecto Genoma ha sido la investigación de mayor renombre y reconocimiento cuyo fin es identificar plenamente el genoma humano para incidir con ello en las mejores condiciones de salud de la población; el uso responsable y ética de esta información debe ser garantizada por parte de los Estados como forma de preservar la confidencialidad individual.

**Palabras clave:** Herencia; ética; investigación.

## Abstract

The purpose of this essay is to analyze the scientific literature, not only referring to DNA as a genetic structure, but from the view of ancient philosophers whose contributions have allowed us to approach the biological description of human nature. Based on the above, the scientific discovery of DNA as a central structure that contains the essential information of human life arose from the first concerns of philosophers such as Anaximander, Aristotle, Democritus, in their debate about the origin of life and being human. Mendel entered with his laws on the inheritance, in the search to explain the transmission of information from parents to children. Scientific advances, particularly the discovery and improvement of the microscope, staining techniques, the contributions of crystallographers facilitated the construction of cellular and genetic theories, the identification of the cell nucleus and within it the chromosomes and

particularly the genes were relevant steps to The science; nevertheless, the elaboration of the Double Helix Model of Watson and Crik, was the milestone that marked the change of vision of inheritance and DNA as a structure that reveals human nature. At present, the Genome Project has been the most renowned and recognized research whose purpose is to fully identify the human genome to influence the best health conditions of the population; the responsible and ethical use of this information must be guaranteed by the States as a way of preserving individual confidentiality.

**Keywords:** Inheritance; ethics; research.

## Resumo

O objetivo deste ensaio é analisar a literatura científica, não apenas se referindo ao DNA como estrutura genética, mas a partir da visão de filósofos antigos, cujas contribuições nos permitiram abordar a descrição biológica da natureza humana. Com base no exposto, a descoberta científica do DNA como estrutura central que contém as informações essenciais da vida humana surgiu das primeiras preocupações de filósofos como Anaximandro, Aristóteles, Demócrito, em seu debate sobre a origem da vida e o ser humano. Mendel encontrou suas leis sobre a herança, na busca de explicar a transmissão de informações de pais para filhos. Os avanços científicos, particularmente a descoberta e aprimoramento do microscópio, as técnicas de coloração, as contribuições dos cristalógrafos facilitaram a construção de teorias celulares e genéticas, a identificação do núcleo celular e, dentro dele, os cromossomos e, em particular, os genes, etapas importantes para a ciência; no entanto, a elaboração do modelo de hélice dupla de Watson e Crik foi o marco que marcou a mudança de visão da herança e do DNA como uma estrutura que revela a natureza humana. Atualmente, o Projeto Genoma tem sido a pesquisa mais renomada e reconhecida, cujo objetivo é identificar completamente o genoma humano para influenciar as melhores condições de saúde da população; O uso responsável e ético dessas informações deve ser garantido pelos Estados como forma de preservar a confidencialidade individual.

**Palavras-chave:** Herança; ética; pesquisa.

## Introducción

Desde siempre el ser humano ha tenido inquietud por saber, por descubrir, por investigar, muchos en sus inicios buscaron dar explicaciones de los fenómenos que le sucedían a su alrededor con los instrumentos que tuviesen su alcance. Una de las mayores inquietudes del hombre ha sido su propio proceso de reproducción y la posibilidad de conseguir mejoras en la descendencia.

Sin embargo, es imposible asignarle a un solo científico la importancia sobre un determinado descubrimiento, sino que cada uno de ellos ha alcanzado su éxito debido a los aportes de los anteriores. Es importante señalar que el hallazgo que tuvo mayor relevancia científica en su momento fue cuando Francis Crick y James Watson desenredaron la doble hélice del ADN y con esto, fueron muchos los fenómenos del mundo vivo que pudieron comprenderse, por ejemplo, se encontró la explicación que le faltó a Darwin y su teoría; a partir de allí la ingeniería genética empezó a hacer realidad lo que antes eran solo ilusiones.

Desde este mismo orden de ideas, puede señalarse que el interés por la genética humana nació desde las épocas antiguas cuando filósofos como Anaximandro, Heráclito, Empédocles, Anaxágoras, Demócrito, Aristóteles, ya más cercanos a esta época se encuentran los aportes de Mendel con sus leyes de la herencia humana.

Toda esta serie de avances científicos se aceleraron con la invención del microscopio, lo cual permitió el estudio a profundidad de lo que sucede en las células y más aún en los propios cromosomas. Los siglos XX y XXI han sido testigos de los avances científicos que han llegado a descubrir la posibilidad de replicar una especie, intentos conocidos desde que fue conocida la Oveja Doli, hasta la actualidad donde se trabaja sobre el genoma humano, teniendo como norte la posibilidad de incidir favorablemente en las condiciones de vida de la especie humana, claro está dentro de los límites que la ética científica establece.

En tal sentido, este ensayo tiene como objetivo presentar un análisis de la literatura científica, no sólo referente al ADN como estructura genética, sino desde la visión de los filósofos antiguos cuyas contribuciones han permitido acercarse a la descripción biológica de la naturaleza humana.

## **Desarrollo**

Fueron los antiguos filósofos griegos quienes primero intentaron explicar el problema del origen y reproducción de los seres vivos. Para Kuhn, (1992) en su discurso sobre los aspectos epistemológicos de la ciencia describe las ideas que orientaron los pensamientos de filósofos como Anaximandro de Mileto (610-546 a. C.) el cual proponía el origen espontáneo de la vida,

mientras que Heráclito de Éfeso (540-480 a. C.) atribuía la aparición y conservación de todas las cosas, seres vivos incluidos, al antagonismo que se da entre contrarios que, sin embargo, se sostenían en una unidad fundamental. Del mismo modo autores como Guillies, (1993) describen como Empédocles de Agrigento (483-423 a. C.) creía que la vida se organizaba a partir del limo calentado por un fuego interior que daría origen a segmentos de seres vivos y órganos dispersos. Por acción del azar los fragmentos formarían agregados heteróclitos que originarían seres fantásticos, inviábiles. Los organismos viables se obtendrían mediante la asociación accidentalmente favorable de los fragmentos iniciales (supervivencia de los más aptos).

En ese proceso de evolución del pensamiento humano en la búsqueda de respuestas sobre su entorno se tiene que Anaxágoras de Clazomenes (500-428 a. C.) proponía que las semillas de plantas y los huevos de animales poseían en pocas dimensiones todas las partes del futuro ser (preformismo). Uno de los aspectos fundamentales de esta evolución del pensamiento están las bases que sustentaron la teoría de la pangénesis de Darwin, en este caso, en explicación de la herencia atomista realizada por Demócrito de Abdera (460-370 a. C.) según la cual la semilla de los seres vivos está formada por lo que podría denominarse micropartículas (plúmulas) que reproducen en miniatura cada parte del cuerpo y emigran luego hacia los órganos de la reproducción. Esta idea fue compartida por Hipócrates (460-377 a. C.) quién defendía la pangénesis, explicación que gozó de gran aceptación hasta finales del siglo XIX.

Uno de los filósofos que trabajó arduamente con el interés de comprender para explicar la naturaleza humana del hombre fue Aristóteles (384-322 a. C.) quien dejó para el futuro una obra notable acerca de los seres vivos y a él se debe la primera interpretación gradualista del comienzo de la vida; cuando incursionó en la anatomía y fisiología comparadas, esbozando principios taxonómicos con criterios distintos a los de su maestro Platón y como experimentador, vigiló diariamente el desarrollo del embrión de pollo y al constatar la formación progresiva de los órganos durante la embriogénesis, es por ello que se muestra partidario de la concepción epigenética, según la cual la individualidad del ser humano se adquiere poco a poco, pasando por fases funcionales diferentes; siendo esta concepción contraria a la preformista, según la cual el individuo ya está completamente formado en el momento de la concepción (Suppe:1977).

Aristóteles pensaba que animales y plantas no solamente nacían de organismos vivos semejantes a ellos, sino también a partir de materia en descomposición activada por el calor del Sol; el hombre mismo procedería de gusanos generados espontáneamente. El gran filósofo griego, que

se movía entre el idealismo de Platón y el materialismo de Demócrito, defendía una clara posición materialista en el problema del conocimiento al considerar que “deberíamos confiar más en las observaciones que en la teoría, y sólo deberíamos considerar válida esta última si los hechos la apoyan” (Miller: 1994).

Ya en el siglo XIX otro científico, Mendel hizo sus investigaciones con una ignorancia absoluta de las bases materiales de la herencia: en virtud que para esa época aún no se habían descubierto los cromosomas en el núcleo y por lo tanto no se tenía conocimiento del proceso de división celular (mitosis y meiosis). De allí que lo que él denominó como “factores” mendelianos utilizados para explicar los resultados de sus experimentos fueron considerados por sus contemporáneos una especulación sin ninguna base material creíble, lo que probablemente contribuyó al olvido en que se mantuvo el nombre del científico durante 35 años. Puede considerarse que no era todavía el lugar ni el momento adecuados para esta teoría; posterior a esto con el descubrimiento del microscopio en 1665 por el inglés Robert Hooke, cuando se pudo lograr alcanzar el desarrollo técnico suficiente para que las lentes posibilitaran estudiar el funcionamiento interno de la célula y se hallara en el núcleo celular los corpúsculos denominados cromosomas.

Este científico Hooke fue quien empleó la palabra célula en su significado original: “celda, pequeña cámara para alojar un monje o un prisionero”, claro está que con esta definición se estaba lejos del verdadero significado de esta estructura indispensable para la vida humana. Para el año 1827 Giovanni Battista Amici introduce importantes mejoras técnicas en el microscopio, avances que facilitaron el camino hacia la universalidad de la teoría celular. Posterior a estos avances, en 1838 Matthias Schleiden planteó que todos los tejidos vegetales estaban formados de células, teoría que en 1839 extrapolaron Theodor Schwann a los tejidos animales. Con estos dos valiosos aportes, poco a poco se iba acercando el descubrimiento que revelará la naturaleza humana: el ADN. A partir de este momento, la vida tendría de allí en adelante su unidad de estructura y de función, la célula, quien posee todos los atributos de lo viviente. Según las consideraciones de Federico Engels, con la teoría celular se rompió el velo de misterio que envolvía el proceso de aparición, crecimiento y estructuración de los seres vivos y que había acompañado con sus inquietudes desde los filósofos mencionados anteriormente. La teoría celular y la de la evolución de Darwin, fijaron las bases para explicar las causas de la diversidad biológica.

Por la misma época en que se promulgaba la teoría celular, los químicos indagaban en torno a los colorantes artificiales obtenidos a partir de diversos compuestos orgánicos. Valiéndose de este avance Walter Flemming en 1879, encontró en el núcleo de la célula unas estructuras filamentosas que se tenían fácilmente durante el proceso de división celular y a las que apropiadamente llamó cromatina; después de 1888 los filamentos de cromatina pasaron a denominarse cromosomas.

Por la época en que Mendel hacía sus investigaciones, Friedrich Miescher (1844-1895), aisló por primera vez los ácidos nucleicos en 1869; así como también desarrolló un protocolo de extracción eficaz para aislar del núcleo celular una sustancia de carácter ácido, hasta ese momento desconocida, a la que bautizó nucleína. El mismo científico negaba que ésta nucleína estuviera relacionada con los procesos de la herencia y la fecundación, incluso llegó a negar su participación en esos procesos; éste prefería considerar a las proteínas, para explicar la gran diversidad en el mundo vivo, explicación que fue apoyada por los biólogos de la época.

Es importante considerar que para los años 1880 ya se había observado y descrito el fenómeno de la mitosis por el cual, de una célula “madre”, se originan dos células “hijas”. Por esos mismos años, Oscar Hertwig en Berlín y el suizo Hermann Fol observaron en el microscopio el fenómeno de la fecundación y en 1881 Edward Zacharias demostró que los cromosomas contenían nucleína, que en primera instancia había mencionado Miescher y en 1884 Hertwig mantenía que “la nucleína no sólo es la sustancia responsable de la fecundación, sino también de la transmisión de las características hereditarias”. A pesar de tan acertada observación la nucleína se relegó a un papel secundario, al de simple armazón para las proteínas en el núcleo.

Al igual que Mendel, su trabajo solamente alcanzó importancia 70 años después cuando Erwin Chargaff comenzó el análisis químico del ADN y que al igual que los dos científicos anteriores la gloria también le fue esquiva. Después de todo lo señalado anteriormente, en marzo de 1900 Hugo De Vries, Carl Correns y Erich Tschermak von Seysenegg reconocieron la preeminencia del trabajo de Gregor Mendel.

En 1902 William Sutton encontró que de cada par de cromosomas que se apareaban durante el proceso de meiosis, uno debería ser de origen paterno y el otro de origen materno, aunque ambos se habían copiado por mitosis incontables veces a partir del óvulo fecundado del que procedía el organismo. Fue el inglés William Bateson quien en el marco de la Tercera Conferencia sobre Hibridación, en 1906, propuso la palabra genética para bautizar la nueva ciencia y en 1909 el

botánico danés Wilhelm Johannsen propuso la palabra genes (del latín *genus*, “que da origen a”) para designar a los viejos “factores” de Mendel,

Ahora bien, en los comienzos del siglo XX, la literatura señala al ruso Phoebus Aaron Levenecomo el científico que identifico los elementos fundamentales de los ácidos nucleicos y demostró que la molécula de ribosa y la de desoxirribosa eran las pentosas de los ácidos nucleicos estos hallazgos fueron presentados por su autor en un artículo científico denominado “TheStructure of Yeast Nucleic Acid” en 1919.

Levene consideraba que las cuatro bases nitrogenadas se hallaban en proporciones exactamente iguales y propuso para el ADN la hipótesis del tetranucleótido: este ácido nucleico sería una cadena molecular formada por la repetición de subunidades (pirimidina-purina-purinapirimidina) unidas a un grupo de ribosa y enlazadas entre sí por grupos fosfato. Esta hipótesis no contempló, como se señaló anteriormente, la posibilidad de que esa secuencia pueda transmitir información genética ni tampoco le dio significado a la repetición constante de cada una de sus bases. Por su reputación científica, la hipótesis de que son las proteínas las responsables de la herencia y no el ADN fue fácilmente aceptada, claro está, ya que una molécula de naturaleza química tan sencilla como el ADN no podía ser la responsable de un fenómeno tan complejo como era la herencia.

Poco después, específicamente en 1928 los experimentos de Giffith, descritos en su obra: *The Significance of Pneumococcal Types* identificaron la existencia de los dos tipos de ácidos nucleicos en las células animales: el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN), y que los cromosomas se constituían de ADN y proteínas. Sin embargo, la atrayente complejidad de la teoría proteínica en la que ambos científicos habían trabajado y su relación con la herencia del ser humano, frente a la aparente simplicidad del ADN descrito era muy grande en la mente de los científicos de la época, lo que hizo en ese momento muy difícil el poder demostrar que el ADN era la molécula encargada de garantizar la herencia humana.

La significación de estos trabajos no se quedaron en ese momento histórico, sino que otros investigadores, quizá pocos conocidos como Maurice Wilkins y Rosalind Franklin en noviembre de 1951 ambos físicos, consiguieron datos experimentales suficientes mediante rayos X para proponer que el ADN tenía una conformación helicoidal, en la que el esqueleto de azúcar-fosfato se situaba hacia el exterior y las bases nitrogenadas se acomodaban en el interior de la molécula.(Braun, Tierney y Schmtzer: 2011).

La contribución de estos científicos fue clave para el descubrimiento de la estructura del ADN que posteriormente describirían Watson y Crick en 1953. No obstante, es importante señalar que antes de que los científicos mencionados dieran a conocer el Modelo de doble hélice de ADN, otros hallazgos, también poco conocidos se sucedieron tales como, los trabajos del austriaco Edwin Chargaff, quien comprobó que las cantidades de bases nitrogenadas variaban de un organismo a otro y que, sorprendentemente, la cantidad de purinas y la de pirimidinas se mantenían entre organismos de la misma especie, estos hallazgos fueron facilitados por los aportes del cristalógrafo Jerry Donohue. (Vischert y Chargaff(1948). Es decir, Chargaff estableció que con carácter universal: la cantidad total de purinas (A+G) del ADN, siempre es igual a la de pirimidinas (C+T). Éstas, las llamadas proporciones de Chargaff, habrían de ser una de las llaves que permitiría más tarde abrir el arca donde se encerraba el misterio de la doble hélice.

Todo lo antes señalado permitieron ir abriendo las puertas a la declaración del ADN como responsable de la herencia, sin embargo, persistían trincheras de resistencia a esta idea. El derrumbe definitivo de la teoría que protegía la función hereditaria de las proteínas lo propinó el preciso experimento de Alfred Hershey y Martha Chase los cuales estudiaban el ciclo de vida de los bacteriófagos, los virus que infectan bacterias para reproducirse dentro de ellas. A partir de entonces los investigadores se plantearon dos preguntas básicas: ¿cuál es la estructura de la molécula de ADN? y, ¿cuál es la naturaleza del código genético? Los avances científicos fueron de forma progresiva describiendo la función y la forma como se copia, transcribe y reproduce la información contenida en el ADN y con ello la identificación de diferentes tipos de ARN, responsables en gran medida de la lectura de la información contenida en una de las hélices de esta molécula de la vida.

Sin embargo, en la última década del siglo pasado aparecieron más noticias sobre las técnicas que permitían transferir genes de un organismo a otro y expresarlos. La controversia sobre la utilización de la ingeniería genética se confirmó cuando se empezó a difundir la noticia de que el Proyecto Genoma Humano, con el objetivo fundamental de determinar la secuencia de pares de bases químicas que componían el ADN e identificar y cartografiar el genoma humano desde un punto de vista físico y funcional. Estos estudios no fueron solo realizados en humanos, sino que también otros estudios con plantas (Kapepeli y Auberson: 1998) alimentos, (Luise: 2017) animales (Lezaun y Porter: 2015) y vacunas (Galen y Curtiss: 2014)

Pero no fue sino hasta el año 2000 cuando el conocimiento de la estructura del ADN alcanzó su máximo esplendor tras la decodificación casi completa del genoma humano. Esta noticia creó muchas esperanzas en la lucha contra enfermedades, aunque también se revivieron viejos temores. Señala Grisolia:2000) “Cuando se analicen similitudes y diferencias entre estos genomas, se podrían deducir leyes y principios que terminarán en crear técnicas y aplicaciones prácticas, con lo que se creará una nueva biología teórica, algo inimaginable hace pocos años” (p.54).

Es importante tener en cuenta que el ADN contiene la información genética de cada persona y permite distinguirla del resto de individuos (y, a la vez que lo distingue, esa misma información lo inserta en relaciones familiares biológicas), por tanto, los análisis genéticos afectan a derechos fundamentales reconocidos y entran en juego valores que hacen que el uso de esta información sea manejado bajo principios bioéticos rigurosos.

Es por tanto valioso reconocer que todos los seres vivos utilizan el mismo lenguaje de cuatro letras para transportar información genética, descubiertas por los científicos y mencionadas en párrafos anteriores; todos usan el mismo lenguaje de veinte letras para elaborar sus proteínas y todos emplean el mismo diccionario químico para traducir de un lenguaje al otro. (Crik: 1989; p.60)Partiendo de este escenario se puede comprender un poco más el concepto de información genética. En tal sentido, una definición general del término información genética es, según lo consideran Jablonka y Lamb, sorprendentemente difícil (Jablonka y Lamb, pág. 86)

Los mismos autores señalados anteriormente consideran que desde un punto de vista evolutivo, para que algo, “una fuente” contenga o porte información, debe existir previamente algún tipo de receptor que reaccione ante esa fuente y la interprete. Como resultado de tal reacción e interpretación, el estado funcional del receptor resulta modificado de un modo que se encuentra relacionado con la forma y organización de la fuente. (p.87)

Una de las cosas más interesantes e importantes que ocurren es que cuando un receptor reacciona ante una fuente de información y adquiere información de ella, la fuente no suele cambiar. La información genética está depositada en el ADN, que por su estabilidad y condiciones de codificación garantiza su permanencia. La lectura de la información genética no se realiza para construirla por primera vez, sino para mantenerla y para desarrollar su futuro. (Solari:2000;p.74)

Ahora bien, la misma autora señala que dado que las células y los organismos fabrican sus constituyentes mediante sus propias organelas, las instrucciones para esa fabricación que es

ordenada, armónica y propia de cada célula, deben estar contenidas también en su ADN, por tanto, se puede afirmar que la información genética actúa en forma dinámica determinando: a) qué tipo de reacción química debe realizarse; b) en qué medida o cantidad; c) en qué momento ;d) en qué lugar del espacio debe tener lugar. De lo antes expuesto se tiene que la información genética en sentido biológico se traduce en los hechos e instrucciones que guían los procesos químicos que apuntan al desarrollo de un ser vivo.

Grosso modo puede resumirse el proceso de lectura, transcripción genética tomando como base lo señalado por Blazquez (2000, p.1) en la célula, la información genética se encuentra codificada en una molécula conocida como ADN, la cual es transferida a una molécula de ácido desoxirribonucleico mensajero (ARNm) mediante un proceso denominado como transcripción del ADN. Los ARNm transcriptos son a su vez traducidos en proteínas específicas que son las bases para la conformación y funcionamiento del organismo.

Una vez transcrito el mensaje, ocurre la replicación del ADN, que es el proceso mediante el cual el ADN se utiliza como molde para su propia síntesis. (García: 2013). Cada porción de ADN que codifica (da la orden) para formar una proteína se llama gen, y al conjunto de la información genética de un individuo se la denomina genoma.

Aunque todos los seres vivos poseen un mismo código genético, cada especie tiene una información genética que le es particular, distintiva en el mundo natural, lo que permite la reproducción dentro de la misma especie e impide a la vez la irrupción de una especie por otra, manteniendo las barreras naturales.

Por último, se hace necesario señalar las consideraciones hechas por Smith (2012), que:

Nuestro genoma determina —en mayor o menor medida— nuestras características internas y externas, es decir, lo que somos, cómo actuamos, incluso cómo enfermamos. Nuestro ADN es el manual de instrucciones a partir del cual nos desarrollamos y mantenemos como organismos. Nuestro manual de instrucciones tiene 4 letras (o bases) que suelen denominarse A, T, C, G. Cada individuo, cada uno de nosotros, es el resultado único de su información genética (genotipo) tras haber sido modulada por el contacto con el ambiente. Este resultado final, todo el conjunto de características que nos conforma, es lo que denominamos fenotipo. Esto hace que incluso los gemelos monocigóticos —que tienen a priori la misma información genética—, aun cuando son muy parecidos, también presentan algunas ligeras diferencias en su fenotipo debidas al ambiente y al azar. (p.30)

Todo lo antes planteado, permite identificar la relevancia de las últimas investigaciones: El proyecto Genoma Humano (propuesto a mediados de los ochenta y definitivamente desarrollado en los noventa), el cual propuso cartografiar y secuenciar de forma completa el genoma humano con el fin de conocer qué nos hace humanos, identificar las mutaciones patogénicas para averiguar las causas moleculares y genéticas de las enfermedades y, así, diseñar nuevas estrategias terapéuticas.(Proyecto Genoma Humano).

Es por ello que se tiene que nuestro genoma, el ADN que se copia en cada división celular, el que se ha recibido de cada progenitor, nos hace como somos, nos identifica como individuos únicos, y es el que transmitimos a nuestros descendientes. Garantizar que esta información valiosa sea utilizada adecuadamente, apegada a estrictas normativas éticas, científicas y jurídicas es compromiso no sólo de los científicos, sino de los Estado y de las Organizaciones Mundiales que tengan inherencia en esta materia.

## **Conclusión**

Partiendo de lo antes señalado puede afirmarse que la descripción del modelo de la doble hélice para describir la replicación del ADN, el descubrimiento del código genético común a todos los seres vivos, la aventura del Proyecto Genoma Humano, cuyos logros se siguen planeando en el tiempo, y el descubrimiento de los marcadores o huellas genéticas, han incidido en diversas dimensiones de la vida humana. Como consecuencia de tales avances, la información genética humana pasó a convertirse en el centro de importantes debates y paralelamente en motivo de progresiva preocupación en diversos campos.

Ubicados en esta realidad, ha de tenerse presente que la información genética humana merece un tratamiento singular por parte de las diferentes disciplinas científicas, en atención a los múltiples efectos que pueden tener para el individuo su circulación y tratamiento fuera de su esfera de control.

## Referencias

1. Blázquez, E. (2003) “Concepto de información genética, ácidos nucleicos, estructura del ADN”, en Tresguerras J. A. y otros. Biotecnología aplicada a la medicina. Díaz de Santos, Madrid, pág. 1.
2. Braun, B., Tierney D., y Schmitzer, H., (2011) “How Rosalind Franklin Discovered the Helical Structure of DNA: Experiments in Diffraction”, The Physics Teacher, AIP Publishing, Melville, Nueva York, vol. 49, núm. 3, pp. 140-143.
3. Crick, F. (1989) La vida misma, su origen y naturaleza, Fondo de Cultura Económica, México, , pág. 60.
4. Donohue J y Kenneth N, (1960) “Base Pairing in DNA”, Journal of Molecular Biology, Elsevier, vol. 2, núm. 6, pp. 363-371.
5. García M., (2013) “La obtención de muestras biológicas para el análisis de ADN. Pronunciamientos jurisprudenciales al respecto”, Revista Catalana de Seguridad Pública págs. 153-176.
6. Gillies, D. (1993) Philosophy of Science in the Twentieth Century: Four Central Themes. Oxford: Blackwell.
7. Griffith, F., (1928) “The Significance of Pneumococcal Types”, Journal of Hygiene, Londres, vol. 27, núm. 2, pp. 113-159.
8. Griffith, F., (1928) “The Significance of Pneumococcal Types”, Journal of Hygiene, Londres, vol. 27, núm. 2, pp. 113- 159.
9. Grisolia, S., (2000) “Secuencia del genoma humano”, ABC, 3 de julio de 2000.
10. James E. Galen y Curtiss, R., (2014) “The Delicate Balance in Genetically Engineering Live Vaccines”, Vaccine, Elsevier, Ámsterdam, vol. 32, núm. 35, pp. 4376-4385.
11. Käppeli, O., y Auberson, L. (1998) “How Safe is Safe Enough in Plant Genetic Engineering?”, Trends in Plant Science, Elsevier, Ámsterdam, vol. 3, núm, 7, pp. 276-281.
12. Kuhn, T. (1992) La estructura de las revoluciones científicas. México : Fondo de Cultura Económica,. p. 269.
13. Levene, P. (1919), “The Structure of Yeast Nucleic Acid”, Journal of Biology Chemistry, Sociedad Americana de Bioquímica y Biología Molecular, vol. 40, núm. 2, pp. 415-424.

14. Lezaun y Porter, (2015) "Containment and Competition: Transgenic Animals in the One Health Agenda", *Social Science and Medicine*, Elsevier, Ámsterdam, vol. 129, pp. 96-105.
15. Louise A., (2017) "Genetic Modification of Food Animals", *Current Opinion in Biotechnology*, Elsevier, Londres, vol. 44, pp. 27-34.
16. Miller, D. (1994) *Critical Rationalism: a Restatement and Defence*. US: Open Court.
17. Proyecto Genoma Humano: Disonible en [http://web.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/project/index.shtml](http://web.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/index.shtml).
18. Smith C., Strauss S., y De Francesco L. (2012). "DNA goes to court", *Nature Biotechnology*, 30:1047-53.
19. Solari, A. (2001) *Genética humana, fundamentos y aplicaciones en medicina*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, pág. 74.
20. Suppe, F., (1977) (ed.). *The Structure of Scientific Theories*. US: University of Illinois Press,
21. Vischert E., y Chargaff, E.,( 1948) "The Separation and Quantitative Estimation of Purines and Pyrimidines in Minute Amounts", *Journal of Biological Chemistry*, Sociedad Americana de Bioquímica y Biología Molecular, , vol. 176, núm. 2, pp. 703-714.

## References

1. Blázquez, E. (2003) "Concept of genetic information, nucleic acids, DNA structure", in Tresguerras J. A. and others. *Biotechnology applied to medicine*. Díaz de Santos, Madrid, p. one.
2. Braun, B., Tierney D., and Schmitzer, H., (2011) "How Rosalind Franklin Discovered the Helical Structure of DNA: Experiments in Diffraction", *The Physics Teacher*, AIP Publishing, Melville, New York, vol. 49, no. 3, pp. 140-143.
3. Crick, F. (1989) *Life itself, its origin and nature*, Fondo de Cultura Económica, México,, p. 60
4. Donohue J and Kenneth N, (1960) "Base Pairing in DNA", *Journal of Molecular Biology*, Elsevier, vol. 2, no. 6, pp. 363-371.
5. García M., (2013) "Obtaining biological samples for DNA analysis. Jurisprudential pronouncements in this regard ", *Catalan Journal of Public Security* pages. 153-176.

6. Gillies, D. (1993) *Philosophy of Science in the Twentieth Century: Four Central Themes*. Oxford: Blackwell.
7. Griffith, F., (1928) "The Significance of Pneumococcal Types", *Journal of Hygiene*, London, vol. 27, no. 2, pp. 113-159.
8. Griffith, F., (1928) "The Significance of Pneumococcal Types", *Journal of Hygiene*, London, vol. 27, no. 2, pp. 113-159.
9. Grisolí, S., (2000) "Sequence of the human genome", *ABC*, July 3, 2000.
10. James E. Galen and Curtiss, R., (2014) "The Delicate Balance in Genetically Engineering Live Vaccines", *Vaccine*, Elsevier, Amsterdam, vol. 32, no. 35, pp. 4376-4385.
11. Käppeli, O., and Auberson, L. (1998) "How Safe is Safe Enough in Plant Genetic Engineering?", *Trends in Plant Science*, Elsevier, Amsterdam, vol. 3, no. 7, pp. 276-281.
12. Kuhn, T. (1992) *The structure of scientific revolutions*. Mexico: Economic Culture Fund ,. p. 269
13. Levene, P. (1919), "The Structure of Yeast Nucleic Acid," *Journal of Biology Chemistry*, American Society of Biochemistry and Molecular Biology, vol. 40, no. 2, pp. 415-424.
14. Lezaun and Porter, (2015) "Containment and Competition: Transgenic Animals in the One Health Agenda," *Social Science and Medicine*, Elsevier, Amsterdam, vol. 129, pp. 96-105.
15. Louise A., (2017) "Genetic Modification of Food Animals", *Current Opinion in Biotechnology*, Elsevier, London, vol. 44, pp. 27-34.
16. Miller, D. (1994) *Critical Rationalism: a Restatement and Defense*. US: Open Court.
17. Human Genome Project: Available at [http://web.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/project/index.shtml](http://web.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/index.shtml).
18. Smith C., Strauss S., and De Francesco L. (2012). "DNA goes to court," *Nature Biotechnology*, 30: 1047-53.
19. Solari, A. (2001) *Human genetics, fundamentals and applications in medicine*. Panamerican Medical Publishing, Buenos Aires, p. 74.
20. Suppe, F., (1977) (ed.). *The Structure of Scientific Theories*. US: University of Illinois Press,

21. Vischert E., and Chargaff, E., (1948) "The Separation and Quantitative Estimation of Purines and Pyrimidines in Minute Amounts", *Journal of Biological Chemistry, American Society of Biochemistry and Molecular Biology*, vol. 176, no. 2, pp. 703-714.

## Referências

1. Blázquez, E. (2003) "Conceito de informação genética, ácidos nucleicos, estrutura do DNA", em Tresguerras J. A. e outros. *Biotecnologia aplicada à medicina*. Díaz de Santos, Madri, p. 1
2. Braun, B., Tierney D. e Schmitzer, H., (2011) "Como Rosalind Franklin descobriu a estrutura helicoidal do DNA: experimentos em difração", *The Physics Teacher*, AIP Publishing, Melville, Nova York, vol. 49, n. 3, pp. 140-143.
3. Crick, F. (1989) *A própria vida, sua origem e natureza*, Fondo de Cultura Económica, México, p. 60
4. Donohue J e Kenneth N, (1960) "Base Emparelhamento no DNA", *Journal of Molecular Biology*, Elsevier, vol. 2, n. 6, pp. 363-371.
5. García M., (2013) "Obtenção de amostras biológicas para análise de DNA. Pronunciamentos Jurisprudenciais a esse respeito ", páginas da *Catalan Public Security Magazine*. 153-176.
6. Gillies, D. (1993) *Filosofia da ciência no século XX: quatro temas centrais*. Oxford: Blackwell.
7. Griffith, F., (1928) "The Significance of Pneumococcal Types", *Journal of Hygiene*, London, vol. 27, n. 2, pp. 113-159.
8. Griffith, F., (1928) "The Significance of Pneumococcal Types", *Journal of Hygiene*, London, vol. 27, n. 2, pp. 113-159.
9. Grisolia, S., (2000) "Sequência do genoma humano", *ABC*, 3 de julho de 2000.
10. James E. Galen e Curtiss, R., (2014) "O delicado equilíbrio na engenharia genética de vacinas vivas", *Vaccine*, Elsevier, Amsterdam, vol. 32, n. 35, pp. 4376-4385.
11. Käppeli, O. e Auberson, L. (1998) "Quão seguro é o suficiente na engenharia genética de plantas?", *Trends in Plant Science*, Elsevier, Amsterdam, vol. 3, não, 7, pp. 276-281.
12. Kuhn, T. (1992) *A estrutura das revoluções científicas*. México: Fundo de Cultura Económica, p. 269

13. Levene, P. (1919), "The Structure of Yeast Nucleic Acid", *Journal of Biology Chemistry*, Sociedade Americana de Bioquímica e Biologia Molecular, vol. 40, n. 2, pp. 415-424.
14. Lezaun e Porter, (2015) "Contenção e Competição: Animais Transgênicos na Agenda de Uma Saúde", *Ciências Sociais e Medicina*, Elsevier, Amsterdã, vol. 129, pp. 96-105.
15. Louise A., (2017) "Genetic Modification of Food Animals", *Current Opinion in Biotechnology*, Elsevier, London, vol. 44, pp. 27-34.
16. Miller, D. (1994) *Racionalismo crítico: uma reafirmação e defesa*. EUA: Tribunal aberto.
17. Projeto Genoma Humano: Disponível em [http://web.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/project/index.shtml](http://web.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/index.shtml).
18. Smith C., Strauss S. e De Francesco L. (2012). "O DNA vai a tribunal", *Nature Biotechnology*, 30: 1047-53.
19. Solari, A. (2001) *Genética humana, fundamentos e aplicações na medicina* Panamerican Medical Publishing, Buenos Aires, p. 74
20. Suppe, F., (1977) (ed.). *A estrutura das teorias científicas*. EUA: University of Illinois Press,
21. Vischert E., e Chargaff, E., (1948) "A separação e estimativa quantitativa de purinas e pirimidinas em quantidades mínimas", *Journal of Biological Chemistry*, Sociedade Americana de Bioquímica e Biologia Molecular, vol. 176, n. 2, pp. 703-714.

©2019 por el autor. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).