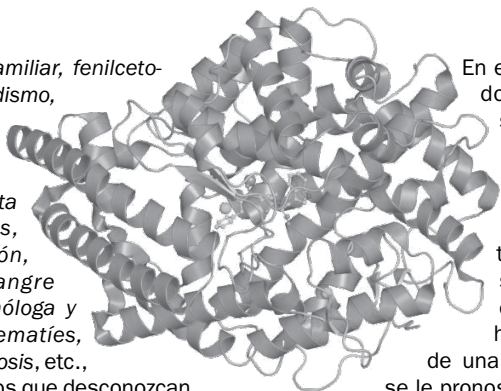


lesterolemia familiar, fenilcetonuria, hipotiroidismo, distrofia muscular, vector, insulina, diabetes, respuesta inmune, virus, electroporación, liposomas, sangre autóloga, homóloga y heteróloga, hematíes, coágulo, trombosis, etc., o todos aquellos que desconozcan y que aparezcan en la lectura o en sus investigaciones respecto al tema.

**A fondo:** además del uso de drogas y sustancias artificiales para mejorar el desempeño deportivo, la Agencia Mundial Anti-Dopaje prohíbe los métodos llamados “dopaje genético” y “dopaje sanguíneo”. Sugeriremos a nuestros alumnos investigar más a fondo en qué consisten, qué papel desempeñan los genes IGF-1, ACE, ACTN3, el de eritropoyetina (EPO), el de miostatina y el PPAR $\alpha$ , cómo actúan y cuáles son los beneficios para los deportistas y qué perjuicios ocasionan a la salud.

**A debate:** sin lugar a dudas uno de los puntos que más discusión generará son los aspectos éticos y sus implicaciones, para lo cual organizaremos (si se quiere conjuntamente con los colegas de ética) un debate en torno a los cuestionamientos que los propios estudiantes planteen y algunos que podemos introducir nosotros: ¿preferirías saber o no qué enfermedades genéticas podrías padecer?, ¿consideras que la información genética de una persona corresponde a la esfera privada?, ¿cómo podemos estar seguros de que la introducción de un gen extraño no daña alguna otra función celular?, ¿qué consecuencias ecológicas podrían ocasionar los OGM? y ¿podríamos llegar a modificar el curso de la evolución biológica?

**Película:** les recomendamos la película de ciencia ficción *Gattaca* (EU,1997) dirigida por Andrew Niccol, que fue merecedora de una nominación al Oscar, otra al Globo de Oro y otra al Festival de Sitges y se considera una película de culto.



En ella se narra la vida de dos hermanos en una sociedad del futuro en la que la mayoría de los niños son concebidos in vitro y con las “mejores características” mediante selección genética. No obstante, uno de los hermanos es producto

de una concepción natural y se le pronostican 30 años de vida porque tiene una deficiencia cardíaca, por lo cual se le considera inválido. Está condenado a no poder cumplir su sueño de viajar al espacio, hasta que consigue suplantar a un atleta de la élite que ha sufrido un accidente. Por medio de una ingeniosa trama de engaños logra ingresar a la Corporación Gattaca, pero numerosos incidentes ponen en riesgo su misión espacial. Además de ser una buena película lo interesante es la posibilidad de discutir con los alumnos y plantear una serie de cuestionamientos éticos (¿es ético pretender “mejorar” la naturaleza humana?, ¿quién decide qué es “lo mejor”?, ¿de qué manera afectaría a la sociedad y a los individuos?).

## V. Bibliografía y mesografía

- Audersirk, T. y G. Audersirk, *Biología “La vida en la tierra”*, Prentice Hall, 8ª edición, México, 2008.
- Campbell, N. et al., *Biología: conceptos y relaciones*, Pearson Educación de México, 2001, Cap. 12.
- láñez Pareja, Enrique, en Universidad de Granada, España: <www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/genoma-7.html> y <www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/bioetica.htm>
- Mae-Wan Ho, *Ingeniería genética: ¿sueño o pesadilla?*, Colección Límites de la Ciencia, Ed. Gedisa, Barcelona, 2001, 380 pp.
- Urrutia, Araxi, “Diez años del genoma humano”, *¿Cómo ves?* No. 146, enero 2011. [www.bioeticas.org/bio.php?articulo52](http://www.bioeticas.org/bio.php?articulo52)

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



# ¿cómo ves?

Guía didáctica para abordar en el salón de clases el tema de este artículo



Por: Clara Puchet Anyul y Sirio Bolaños



De: Benjamín Ruiz Loyola y Jorge Benjamín Ruiz Gutiérrez Agosto 2012, No. 165. p. 22

## Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, como un complemento a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso “broche de oro” para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

## I. Relación con los temarios del Bachillerato UNAM

El artículo que abordamos este mes trata de uno de los temas que más entusiasmo a los alumnos de biología en el Bachillerato: la genética y sus aplicaciones, muchas de las cuales han dado lugar a no pocas novelas de ciencia ficción, al desarrollo de numerosas biotecnologías y también a una nueva

disciplina, la bioética, palabra acuñada en 1970 por el bioquímico estadounidense Van Rensselaer Potter, quien la define como “la disciplina que combina el conocimiento biológico con el de los valores humanos”. De manera que también se podrá realizar un trabajo conjunto con los profesores de ética.

## II. El Proyecto del Genoma Humano

En el año 1990 un grupo internacional de científicos puso en marcha el Proyecto del Genoma Humano (PGH) para determinar la secuencia completa de pares de bases nitrogenadas que conforman nuestro ADN con la intención de identificar y cartografiar los casi 30 000 genes que lo componen, así como conocer las proteínas que éstos codifican. El proyecto consideraba además obtener la secuenciación del genoma de otros organismos, entre ellos la *Escherichia coli* y otros procariontes, la levadura, la mosca de la fruta (*Drosophila*), un nemátodo (*Caenorhabditis elegans*), el ratón y una planta. A comienzos

de 1999 ya se tenía la secuencia completa del genoma de dos docenas de organismos; en el caso del genoma humano se presentó el borrador inicial en el año 2000 y el reporte final en el 2003. El ADN humano es 1000 veces más grande que el de una bacteria *E. coli*, pero ello no significa que tengamos 1000 veces más genes, pues al igual que otros organismos eucariontes complejos tenemos una gran cantidad (alrededor del 97%) de ADN no codificador (intrones) que se ubica entre el ADN codificador (exones) de los genes. El ADN entre los genes es repetitivo o redundante, es decir que hay varias copias de las mismas secuencias de nucleótidos, de manera prominente en los centrómeros (el lugar en que ambas cromátidas se tocan) y en los telómeros, o extremos de los cromosomas. En este último caso el ADN no codificador parece tener una función protectora, pues una pérdida significativa del material genético telomérico conduce a una rápida muerte celular.

En la ciencia básica contar con un mapa completo del genoma humano ha permitido comprender el desarrollo embrionario y realizar muchos avances en el campo de la salud, pues identificar los genes puede ayudar al diagnóstico, tratamiento y prevención de numerosos padecimientos comunes, como alergias, alcoholismo, diabetes, enfermedad de Alzheimer, enfermedades del corazón, esquizofrenia y cáncer.

No obstante, ello no implica que sepamos cómo funciona cada gen, porque los genes no funcionan de manera independiente, sino que interactúan entre sí y con el medio ambiente. Como bien señala el Dr. Enrique láñez Pareja, de la Universidad de Granada, España, todavía falta “dar sentido biológico, tanto funcional como evolutivo a tal cúmulo de información, es decir, extraer auténtico conocimiento”.

Lo que hoy conocemos como ingeniería genética consiste en “un conjunto de técnicas para aislar, modificar, multiplicar y recombinar los genes de diferentes organismos, [lo que] permite a los genetistas transferir genes entre especies que pertenecen a reinos diferentes y que nunca se cruzarían en la naturaleza” (Mae-Wan Ho, 2001).

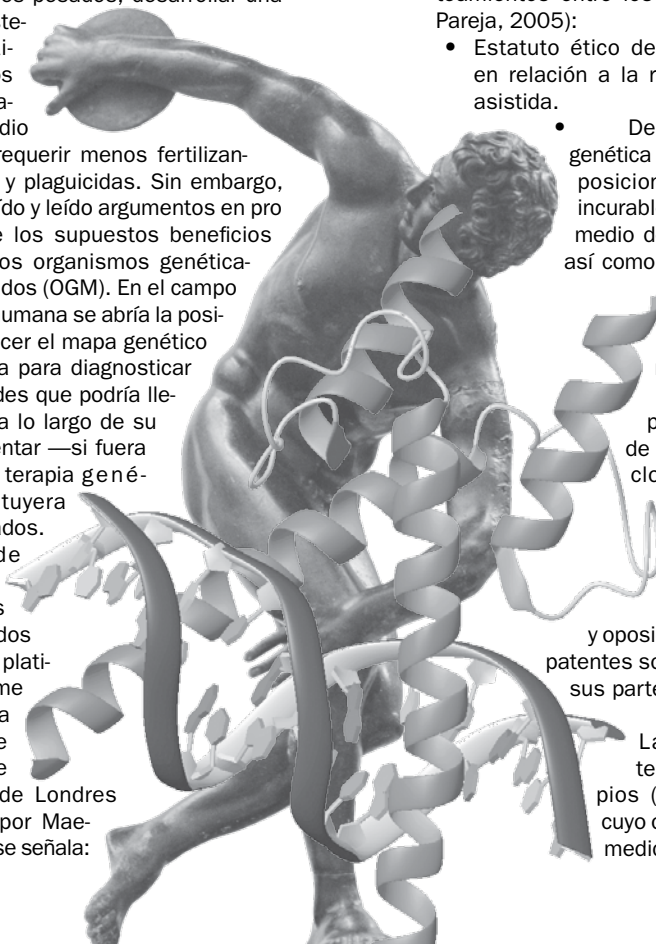
La preocupación por los riesgos potenciales de las biotecnologías proviene de este

planteamiento (que algunos llaman “jugar a ser dios”), de otros relacionados con la salud humana y animal, así como con las consecuencias ambientales de la manipulación genética de los seres vivos. ¿Cómo afecta a la biodiversidad, a las redes tróficas, al nicho ecológico de cada especie? Muchas preguntas aún no tienen respuestas y éstas pueden llegar demasiado tarde, cuando el daño sea irreparable.

### III. Implicaciones éticas de la ingeniería genética

Al comienzo, la ingeniería genética prometía ser una panacea que traería incontables beneficios para la humanidad: acabar con el hambre en el mundo aumentando el rendimiento de los cultivos; frenar el deterioro ambiental utilizando cepas modificadas de bacterias y plantas para degradar desechos tóxicos y metales pesados; desarrollar una agricultura sostenible con cultivos transgénicos que son amigables con el medio ambiente por requerir menos fertilizantes, herbicidas y plaguicidas. Sin embargo, todos hemos oído y leído argumentos en pro y en contra de los supuestos beneficios ilimitados de los organismos genéticamente modificados (OGM). En el campo de la genética humana se abre la posibilidad de conocer el mapa genético de una persona para diagnosticar las enfermedades que podría llegar a padecer a lo largo de su vida e implementar —si fuera el caso— una terapia genética que sustituyera los genes dañados.

A pesar de que los posibles beneficios fueron anunciados con bombos y platillos, en el informe sobre genética humana de la Cámara de los Comunes de Londres (1995, citado por Mae-Wan Ho, 2001) se señala:



Los efectos de los genes son complejos (y) sutiles y dependen de interacciones con el medio ambiente. En muchos casos, poseer variantes de los genes asociados con una enfermedad sólo incrementará el riesgo y no necesariamente indicará que su poseedor padecerá la dolencia. Aun en la minoría de casos en los que la posesión de un gen defectuoso lleva inevitablemente al desarrollo de una condición, no se puede predecir su gravedad o, en las enfermedades de comienzo tardío, mostrar en qué momento podrían aparecer.

Los cuestionamientos éticos acerca de esta clase de predicciones no se hicieron esperar y en años recientes hemos visto surgir y ampliarse el campo de la bioética, en búsqueda de respuestas a nuevos planteamientos entre los cuales están (láñez Pareja, 2005):

- Estatuto ético del embrión y del feto en relación a la reproducción humana asistida.
- Derecho a la intimidad genética y a no conocer predisposiciones a enfermedades incurables determinadas por medio de sondeos genéticos, así como el derecho a que no se use la información genética del individuo para discriminarlo.
- Derecho a no ser producto del diseño de otros por medio de la clonación y respeto al concepto de singularidad individual.
- Derecho a que la vida no sea tratada como una mercancía y oposición a la existencia de patentes sobre los organismos o sus partes.

La bioética se sustenta en cuatro principios (láñez Pareja, 2005) cuyo origen se remonta a la medicina hipocrática:

- Principio de no maleficencia: respeto a la integridad física y psicológica de la vida humana.
- Principio de beneficencia: obligación de hacer el bien.
- Principio de autonomía o libertad de decisión: obligación de respetar los valores y las decisiones de cada individuo (consentimiento libre e informado).
- Principio de justicia: obligación de que los beneficios estén al alcance de cualquier persona (incluyendo a los más desprotegidos) para evitar la discriminación en el acceso a los recursos sanitarios.

En conclusión, los beneficios de las nuevas tecnologías deben llegar a todas las personas que lo requieran, respetando asimismo la integridad física y psicológica y los valores de cada individuo, el cual deberá contar con la información necesaria para tomar una decisión libre e informada acerca de su salud presente y futura.

### IV. Actividades para el aula

Difícilmente contaremos en la escuela con el equipo necesario para realizar en el laboratorio experimentos sobre este tema, por eso es útil disponer de artículos de divulgación que nos permitan trabajar desde el campo de las aplicaciones del conocimiento científico.

Como sabemos, no todas las aplicaciones son benéficas, pues el conocimiento puede usarse para bien o para mal. En el artículo de referencia se analizan los malos usos en el deporte, lo que ha conducido a reglas cada vez más estrictas para evitar el dopaje y a trampas cada vez más sofisticadas para ocultarlo.

**Lectura:** lo primero que les pediremos a nuestros alumnos es realizar una lectura atenta y minuciosa del artículo, a la vez que irán haciendo una lista de los términos que no entiendan o que se explican en la lectura, pero que es necesario tener muy claros para poder recurrir a ellos después.

**Glosario:** a continuación tendrán que redactar un glosario en el que se definan términos como: *ADN, cromosomas, ácidos nucleicos, gen, genoma, terapia genética, fibrosis quística, síndrome de Down, albinismo, hemofilia, retinitis pigmentosa, hiperco-*