

- Al vaso anterior se le añaden tres cucharadas de la preparación de plátano molido y se revuelve por 10 minutos suavemente.
- Se filtra la solución colocando el embudo con el papel filtro dentro de otro vaso de precipitados, sin que toque el fondo del vaso.
- Dejar pasar la solución hasta tener aproximadamente 5 ml de filtrado.
- Poner 25 ml de etanol muy frío en el tubo de ensayo y colocarlo en la gradilla.
- Finalmente la solución de plátano filtrada se vierte al etanol y se la deja quieta durante dos a tres minutos.

Se precipitará una hebra blanca (con apariencia de algodón mojado) que es ni más ni menos que ADN; aunque no es puro como el que se obtiene en una extracción profesional, para los alumnos resulta emocionante tenerlo en la palma de la mano.

#### Crucigrama

Otra actividad que sugerimos es que los alumnos diseñen un crucigrama de conceptos relacionados con el tema (genoma, gen, ADN, nucleótidos, intrones, exones, síntesis de proteínas, biotecnología, terapia génica, mutación, clonación, células madre, etc.). Si se dispone de computadora, el crucigrama puede hacerse mediante el uso de un software gratuito, por ejemplo *TooHot Crossword Puzzles Compiler 0.5.0* (ver la liga en la mesografía). Una vez diseñado el crucigrama, se intercambiará con otros compañeros para que lo resuelvan y se evalúen entre ellos.

#### Debate

Después de leer el artículo de referencia, organizar un debate sobre genoma humano y ética donde se planteen los numerosos cuestiona-

mientos éticos, legales y sociales que el tema suscita: ¿Se exigirá en el futuro presentar un análisis genómico al solicitar un empleo? ¿Podremos negarnos a saber qué enfermedades vamos a padecer? ¿Se podrán seleccionar los embriones con base en sus características genéticas? ¿Habrán hijos “a la carta”?

Esta actividad puede resultar muy interesante pues nos sirve para profundizar en el tema y conocer los puntos de vista de cada uno de los alumnos y maestros.

#### VI. Bibliografía y mesografía

Audesirk & Audesirk. *Biología: La vida en la Tierra*, 4ª ed., Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1997. pp. 209-210.

Guerrero Verónica, “La medicina genómica: cómo interpretar el libro de la vida”, en *¿Cómo ves?* No. 92, pp. 10-14.

Jiménez Sánchez, G. “El genoma y la ética”, *Revista de la Universidad de México*, 2005, pp. 21-26, en [www.revistadelauniversidad.unam.mx/1705/pdfs/21-26.pdf](http://www.revistadelauniversidad.unam.mx/1705/pdfs/21-26.pdf)

Pines, M. 2008, *¿Por qué tantos errores en nuestro ADN?*, en [www.hhmi.org/genetictrail-esp/d100.html](http://www.hhmi.org/genetictrail-esp/d100.html)

Para elaborar crucigramas:

[http://download.chip.eu/en/TooHot-Kreuzwortraetsel-Generator-0.5.0\\_94814.html](http://download.chip.eu/en/TooHot-Kreuzwortraetsel-Generator-0.5.0_94814.html)

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.

# DIEZ AÑOS DEL *genoma humano*

Araxi Urrutia Odabachian



Enero 2011 · No. 146, p. 10

Por: Clara Puchet Anyul y Sirio Bolaños

#### 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 se relaciona principalmente con el temario de biología, ya que está dedicado al décimo aniversario de la secuenciación del genoma humano, proeza anunciada en febrero de 2001, que prometía “encontrar la cura para todas las enfermedades que aquejan a

los seres humanos” por medio de la medicina genómica personalizada. Sin embargo, a pesar de contar con las instrucciones para construir todas las proteínas, no ha sido fácil entender cómo se modifican para dar lugar a procesos patológicos. Por otra parte, más allá de los beneficios potenciales, se ha desatado una polémica ética en relación a que las características genómicas del individuo pudieran generar estigmatización o discriminación dentro de la sociedad.

#### II. Exones e intrones

En 1970 se descubrió que los genes estructurales de los organismos eucariontes poseen mucho más ADN del necesario para codificar los aminoácidos de las proteínas. A diferencia de los genomas de organismos unicelulares e invertebrados, los genes eucarióticos presentan secuencias “sin sentido”, no codificantes, llamadas intrones, intercaladas entre las secuencias codificantes, llamadas exones. Así, encontrar los genes a lo largo de la



secuencia de ADN se vuelve una tarea complicada, ya que suelen estar partidos en varios segmentos separados. Parece haber dos funciones principales derivadas de la fragmentación génica: producir proteínas múltiples a partir de un solo gen y que los genes fragmentados puedan proporcionar una vía rápida para desarrollar nuevas proteínas con nuevas funciones.

También ha surgido la pregunta: ¿para qué tantas secuencias “sin sentido”? Cabe señalar que el 95% del genoma humano, y de otros mamíferos, está conformado por este tipo de secuencias. Una de las respuestas es que sirven para proteger de las mutaciones a las secuencias codificantes, de esta manera la mayoría de las mutaciones afectan las partes del ADN que no contienen genes. Cada uno de nosotros heredamos cientos de mutaciones de nuestros padres y además experimentamos unas 30 mutaciones nuevas durante el curso de nuestra vida debido a la división celular, a errores durante el copiado del ADN o a daños que son producto del medio ambiente.

Por otra parte, en palabras de la autora del artículo de referencia, “los genes por sí solos nos dicen poco acerca de la función y la manera en la que las proteínas que producen interactúan con otras proteínas y demás moléculas en el organismo”. No basta con conocer la secuencia de aminoácidos que da por resultado cada proteína, ya que esa cadena unidimensional se pliega para producir complicadas estructuras tridimensionales, que son las que finalmente determinan la manera en que interactúa la proteína. Determinar la estructura de cada proteína implica una fuerte inversión de tiempo y recursos, por lo cual hasta el momento conocemos solo una pequeña parte de las proteínas producidas por nuestro genoma.

### III. Genómica personalizada

El Proyecto del Genoma Humano nos ha permitido conocer el orden exacto de las 3 200 millones de “letras” que conforman nuestro código genético, así como el mapa donde se localizan los 26 000 genes que en forma segmentada se alojan en el genoma humano para producir 40 000 proteínas diferentes.

Este conocimiento es apenas la base que permite predecir el riesgo de padecer ciertas enfermedades, ya que no podemos olvidar la interacción del genoma de un individuo con el medio ambiente. Por ejemplo, como nos dice Gerardo Jiménez Sánchez (pediatra, biólogo molecular y genetista): “aquellas personas con ciertas características en su genoma, y bajo cierto patrón alimenticio, tendrán un riesgo más elevado para el desarrollo de cáncer de colon”, por lo tanto “esto permitirá hacer recomendaciones oportunas sobre los hábitos alimenticios y exámenes médicos específicos, para ese individuo en particular, a fin de evitar en lo posible la aparición de la enfermedad”.

El poder leer el genoma humano y desarrollar estudios

de asociación, como en el caso de la dieta, permitirá sin duda realizar una práctica médica más individualizada, encaminada a la predicción y a la prevención.

### IV. Genoma humano y ética

La Dra. Juliana González, quien ha tenido un destacado papel en el análisis de los aspectos éticos de la medicina genómica en

México, nos hace reflexionar sobre “la importancia de no rechazar *a priori* el surgimiento de nuevos conocimientos científicos o desarrollos tecnológicos,

sino de hacer un análisis con alto grado de responsabilidad social sobre las implicaciones que el conocimiento tendrá sobre la dignidad y los derechos del hombre”. Lo deseable es

que la medicina genómica se convierta en una práctica médica más equitativa y no discriminatoria. Sin embargo, según

Jiménez Sánchez, existe “el grave riesgo de generar estigmatización o discriminación dentro de la sociedad con base en las características genómicas del individuo”.

De acuerdo con González se vislumbran dos posturas: una en la que “este conocimiento intente traducirse en instrumentos de visión reduccionista, que visualicen a la enfermedad humana como defectos genómicos susceptibles de ‘reparación’”, y otra en la que “este nuevo conocimiento se incorpore a un mejor entendimiento de los mecanismos causales de la enfermedad humana, y con ello prevalezca la visión del paciente como ser humano único, con su propia dignidad en el contexto de su entorno”.

Por lo tanto resulta de vital importancia señalar que es necesario hacer un buen uso de la información, tomando en cuenta el consentimiento informado del individuo

así como la confidencialidad de los datos genómicos personales, a fin de evitar que la información genética se manipule para discriminarlo.

Al respecto, en 1997 la UNESCO estableció que “ninguna investigación relativa al genoma humano y sus aplicaciones podrá prevalecer por encima del respeto a los derechos humanos, las libertades fundamentales y la dignidad de los individuos o, si procede, de los grupos humanos”.

### V. Actividades

#### Extracción de ADN

Como actividad para hacer en el laboratorio propondremos a nuestros alumnos extraer el ADN de un plátano; puedo asegurarles que resulta una experiencia muy emocionante.

#### Materiales

- 1 plátano chico
- 2 cucharaditas de detergente (lavatrastes)
- 2 pizcas de sal
- 8 cucharadas soperas de agua destilada
- 25 ml de etanol muy frío
- 1 mortero o un tenedor para moler el plátano
- 2 vasos de precipitados
- 1 embudo de vidrio
- 1 agitador
- 1 filtro de papel para café
- 1 tubo de ensayo
- 1 gradilla

#### Procedimiento

1. Poner el etanol a enfriar en el congelador (de preferencia desde el día anterior).
2. Moler el plátano con cuatro cucharadas de agua destilada, hasta que quede totalmente hecho papilla (lo más homogéneamente posible).
3. En un vaso de precipitados, poner dos cucharaditas de detergente, dos pizcas de sal y cuatro cucharadas de agua destilada, remover suavemente con el agitador.

