evolución, son: la mutación, la deriva genética, la migración y la selección natural. La evolución se basa en los cambios y la variación, cuyo origen a su vez, es la mutación. Una mutación sucede cuando la secuencia del ADN cambia, algo ya no es igual a como era, pero resulta que la célula puede seguir funcionando y además el cambio puede ser heredado a la célula hija.

Al alterarse la secuencia de la información genética puede que se genere nueva información útil ó simplemente que sea desechada como un error en la lectura del *software*. Por ende, las mutaciones aumentan la posibilidad de la variación genética. La tasa de mutación o "qué tan seguido se producen nuevas secuencias", se relaciona directamente con la capacidad de adaptación y supervivencia de la especie, pero también con las mutaciones perjudiciales. Estas últimas, como su nombre lo dice, no son de provecho y son borradas de la secuencia del gene o son heredadas, aumentando el riesgo de extinción de la especie. Como no tienen preferencia, son cambios al azar; a veces se pierde el significado de la información, pero en otras ocasiones el significado cambia generando nuevas características.

Existen muchas teorías modernas sobre la evolución. Por ejemplo, muchos de los datos encontrados concuerdan con la "teoría neutralista", que dice que la evolución a nivel molecular está determinada por la mutación y que la evolución morfológica esta determinada por la selección natural. Esta teoría en particular propone la existencia de un reloj biológico, ya que el ritmo de las variaciones genéticas en las especies depende de su tasa de mutación: una vez que dos especies se separan evolutivamente seguirán su cambio por separado y el número de diferencias genéticas entre ellas será proporcional al tiempo que ha transcurrido desde que ocurrió la divergencia.

Así, las diferencias entre fragmentos de ADN de especies distintas pueden ser utilizadas para encontrar los tiempos en que evolucionaron diferentes especies o géneros. ¿Cambiará la genética la visión y la forma de trabajo de los arqueólogos y antropólogos? Es altamente probable, y de acuerdo con el ritmo de avance de este tipo de estudios, lo sabremos muy pronto.

IV. Actividades

- Elaborar un glosario y pedir a los alumnos que investiguen los términos técnicos o conceptos que no queden claros y que se manejan en el artículo.
- Pedir a los alumnos que elaboren una línea del tiempo evolutiva del ser humano.
- Pedir a los alumnos que investiguen sobre las teorías evolutivas actuales y que las discutan y comparen en clase.
- Fomentar una investigación conjunta con la materia de química respecto a qué tipos de métodos de "marcaje" se utilizan para hacer seguimientos de genes en cromosomas de diferentes especies.

V. Bibliografía

Martín, D.W., Solomon, E.P., Berg, L.R., Villee, C., *Biología de Villee*. McGraw- Hill Interamericana, 4ª Edición, 1998..

Curtis, H. y Barnes, N.S., *Biología*. Editorial Panamericana, 5ª edición, 1994.

Incredible Voyage, Exploring the Human body. National Geographic Society, Washington, 1998.

Esperamos sus comentarios y sugerencias, que pueden hacer con atención a: Rosa María Catalá, al teléfono 56 22 72 97, fax 54 24 01 38, correo electrónico comoves@universum.unam.mx

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.

¿cómoves? guíadelmaestro

Por Rosa María Catalá

Junio 2004

Una historia de varones:

los oscuros presagios del cromosoma

De: Miguel Ángel Cevallos

(No. 67, 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, de modo que se adapte 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

Esta guía puede utilizarse por maestros de biología, ciencias de la salud, historia y ética, de manera simultánea o por separado, ya que se discute el origen humano a nivel genético, su naturaleza bioquímica y su futuro como especie, misma que quizá podría modificarse de manera artificial a partir de los conocimientos que se tienen hoy en día sobre el genoma humano.

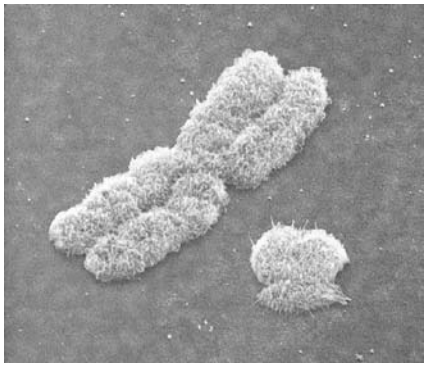
II. Los genes: controladores maestros

Los genes han sido el centro de uno de los más importantes, caros y sofisticados proyectos científicos de los últimos años (el proyecto Genoma Humano, véase número especial de *¿Cómo ves?*, diciembre 2001) y prometen ser, bajo la supervisión científica y ética adecuadas, el futuro del bienestar humano en cuanto al diagnóstico y el tratamiento oportunos de numerosas enfermedades hereditarias. Pero para apreciar en pleno el potencial de la investigación genética actual y entender mejor el artículo de referencia, necesitamos saber o recordar de manera más precisa qué es un gene.

Un gene es un ente biológico que va mucho más allá de ser el que determina el color de pelo o la forma de la nariz de una persona. Los genes efectivamente se encargan de esas cosas, pero su papel a nivel celular es mucho más vasto e importante. Los genes dictan que las personas tengan dos brazos y una nariz. Se aseguran que tengamos esqueletos, que el páncreas genere insulina, y que el corazón bombee sangre a todos los rincones de nuestro cuerpo. Contienen las instrucciones para construir un gran cerebro y una mano con dedo pulgar oponible. También se encargan de que ocurran fenómenos químicos como la digestión de los alimentos o la habilidad del riñón para limpiar la sangre de impurezas.

Organizan el sistema inmunológico, ayudando al cuerpo a combatir por sí mismo la mayoría de las amenazas externas. En suma: los genes gobiernan todo, desde la forma en que trabaja una sola célula, hasta el diseño de un cuerpo humano completo.

Pero no obstante esta aparente omnipotencia, los genes son esencialmente pasivos. Solamente existen dentro del núcleo de la célula, de manera equivalente a los programas de cómputo, ubicados dentro de un disco duro. De hecho, podríamos ver a los genes como el *software* de la vida, y en forma semejante a los programas de cómputo, su función es permitir que sus códigos puedan ser leídos e interpretados. Un código genético le dice a una célula cómo acomodar los diferentes tipos de aminoácidos para construir los diferentes tipos de proteínas que necesita. Como sabemos, existen 20 tipos de aminoácidos, que pueden unirse de muchas maneras, secuencias innumerables, que nos dan posibilidades infinitas de arreglos bioquímicos. Esas proteínas sirven tanto a nivel estructural (son los "ladrillos" de la vida), como químico, ya que también funcionan como enzimas que permiten que se lleven a cabo las millones de reacciones o cambios que suceden simultáneamente en un cuerpo humano vivo.



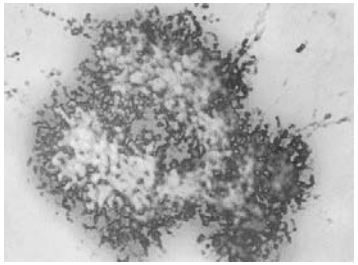
Las células del cuerpo presentan un paquete o juego completo de genes, pero sólo un pequeño porcentaje de ellos (entre el 8 y el 12% del total), son operacionales. La mayoría se conocen como genes "ama de casa", ya que contienen las instrucciones que les dicen a las células cómo construir enzimas y moléculas estructurales que son comunes en la operación cotidiana de todos los tejidos.

En una sola célula tal vez apenas unos cuantos cientos de genes (además de los ya descritos), también son activos, completando las responsabilidades especializadas de determinada célula en el cuerpo. En otras palabras, en todas las células de un organismo se encuentra el gene para la producción de hemoglobina, pero ese gene permanece "dormido" o inactivo en la mayoría de las células, excepto en aquellas que fabrican glóbulos rojos.

Por último, recordemos que prácticamente todos los genes de una célula existen como segmentos de estructuras más grandes llamadas cromosomas. Las únicas excepciones son unos pocos genes que residen en las mitocondrias.

La mayoría del tiempo, los cromosomas existen como largos filamentos que se acomodan en todas direcciones dentro del núcleo de la célula. Si un núcleo fuera del tamaño de un Volkswagen sedán (en vías de extinción, al igual que el cromosoma Y por cierto), los cromosomas alineados tendrían una longitud de 500 kilómetros aproximadamente, pero con el grueso aproximado de un hilo de coser.

De este modo, totalmente desordenados dentro del núcleo, es como los cromosomas realizan la mayoría de sus funciones, que consisten en la elaboración de proteínas. Pero justo antes de la división celular, los largos filamentos se reacomodan de manera impresionante. Se doblan sobre sí mismos numerosas veces hasta formar unos paquetes abultados en forma de X, que es la manera en la que normalmente pueden verse al microscopio. Cada una de las hebras está formada por una de las moléculas más largas conocidas por la ciencia: el ADN, cuyas siglas provienen nombre Ácido Desoxirribonucleico. El ADN es un polímero, una biomolécula que consiste de la unión repetida de segmentos pequeños llamados nucleótidos. Existen cuatro tipos de estos nucleótidos (en términos químicos son los monómeros del ADN), que pueden unirse en cualquier secuencia.



Un gene es un segmento de la hebra de ADN, que típicamente contiene entre varios cientos y varios miles de nucleótidos. En una metáfora que los científicos utilizan normalmente, cada nucleótido es como una letra del alfabeto, y un gene es como una frase larga.

II. Evolución

¿De dónde venimos? y ¿hacia dónde vamos? son preguntas fundamentales para los humanos desde hace miles de años.

La especie humana no ha sido siempre como la conocemos ahora. Es bien conocido que nuestros ancestros más cercanos son los primates; y algo así como 200 millones de años atrás vivían los ancestros de estos primates; los mamíferos primitivos.

Los seres humanos somos mamíferos y miembros del orden de los primates; evidentemente tenemos grandes diferencias con los otros primates, pero compartimos una historia evolutiva que incluye características fenotípicas o morfológicas tales como: pulgar oponible, visión estereoscópica y cerebros más grandes. La base de estas diferencias y similitudes se encuentra codificada en la estructura molecular del ADN.

Cuando la evidencia fósil empezó a fallar para explicar el camino que han recorrido los seres vivos desde su aparición en el planeta, los científicos recurrieron entonces a pruebas más intrínsecas en la estructura de cada especie. Es en este punto, relativamente reciente, que surge la aplicación de la bioquímica y en especial del estudio del ADN para hacer nuevos hallazgos sobre la evolución.

En los últimos años, antropólogos moleculares han comparado el ADN de personas vivas de diferentes orígenes para construir los árboles genéticos de cada una. De estos estudios se ha visto que las mutaciones ocurren en nuestro ADN a una velocidad constante y son heredadas a nuestros hijos; son estas diferencias, conocidas como polimorfismos, las que nos hacen únicos y a la vez nos relacionan.

Por ejemplo, hace cuatro años investigadores del Instituto Curie en París implementaron el uso de nuevos métodos de comparación de especies para rastrear el paso de los cromosomas humanos durante el periodo de evolución de los mamíferos, desde hace 130 millones de años. Los descubrimientos muestran que un cromosoma humano, el cromosoma 7, lo compartimos, en su forma más actualizada, solamente con los chimpancés, mientras que otros cromosomas como el 16 y 17 tienen orígenes más antiguos. Este tipo de descubrimientos ayudan en el avance para reconstruir las relaciones evolutivas entre primates y otras especies de mamíferos.

Para reconocer los cromosomas o los fragmentos de cromosomas que se estudian en otras especies, los científicos los "marcan" con diferentes técnicas. Mediante el examen de las regiones marcadas de los cromosomas han encontrado similitudes, entre ellas la presencia del cromosoma 7 humano en mamíferos no primates como dos fragmentos separados, en lugar de completo. También han podido determinar cómo estas piezas migran y se unen para dar el cromosoma actual.

III. Mutaciones

No es sólo nuestro pasado lo que intentamos descifrar, también lo que el futuro le depara a nuestra especie. ¿Qué pasaría si la ingeniería genética se aplicara al ser humano, cuál sería el futuro de la especie?

La evolución es un cambio continuo y dentro de poco tiempo los factores que perturben a nuestros descendientes no serán iguales a los que nos afectan hoy.

Los factores que determinan la secuencia genética o, dicho de otro modo, los factores de

cómoves?