

**E.E.S.O. 259 “JUAN V. GIMENEZ”**



**Espacio curricular: Biología III**

**Curso: 5°"B"**

**Profesora: Analía Zalazar**

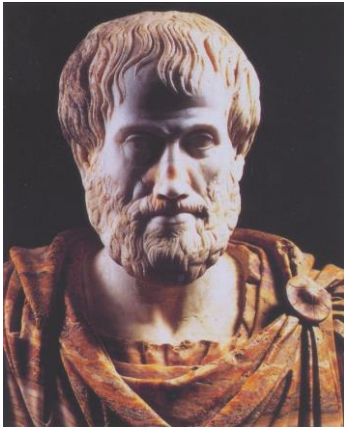
**Año: 2025**

## **LA CIENCIA Y EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO**

### **LECTURA INICIAL**

#### **LOS INICIOS DEL MÉTODO CIENTÍFICO**

Las primeras ideas sobre la metodología a seguir en el estudio de las ciencias surgieron de Aristóteles, en el siglo IV a.C. Sin embargo, muchos científicos y filósofos han contribuido a mejorar el proceso de investigación y conocimiento. Entre ellos destacan científicos como Alhacén, Avicena o Roger Bacon. A partir del siglo XVI, Galileo Galilei, Francis Bacon y René Descartes dieron el impulso definitivo que asentó las bases del método científico.



**Aristóteles**

#### **¿QUÉ ES LA CIENCIA?**

La ciencia es un método de conocimiento, un conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento y de los que se deducen principios y leyes generales.

Los científicos establecen Teorías y Leyes científicas que son enunciados acerca de cómo se comporta la naturaleza. Estas teorías y leyes permiten hacer predicciones que han sido aplicadas para mejorar diversas facetas del desarrollo humano y por lo que ha adquirido el prestigio y la importancia actual.

Seguro que muchas veces has visto anuncios de personas que prometen adivinar tu futuro a través de las cartas o de los astros. ¿Crees que esto es posible? Haz una prueba: busca tres revistas distintas y consulta tu horóscopo. ¿Dicen las tres lo mismo? Lo más probable es que no y, además, seguramente encontrarás afirmaciones muy generales, que se podrán referir a cualquiera.

Sin embargo, si buscas en tres libros diferentes qué es una neurona, dirán básicamente lo mismo.

Lo que sabemos sobre las neuronas lo hemos adquirido a través de un conocimiento científico.

#### **Ciencia y pseudociencia**

La ciencia es un conjunto de conocimientos objetivos que ayuda, mediante la observación, la experimentación y la lógica, a dar respuesta a preguntas sobre la naturaleza y los fenómenos que ocurren en nuestro entorno.

Una afirmación científica se caracteriza porque puede ser demostrada y se ha llegado a ella a través de un proceso preciso denominado método científico.

Sin embargo, hay muchas personas que creen en afirmaciones de videntes o supuestos expertos en ciertas áreas de conocimiento que, en realidad, no son científicos. Algunas de estas “no- ciencias” o pseudociencias son:

- **La astrología** o estudio del efecto de la posición de los astros sobre nuestra vida.
- **La quiromancia** o adivinación mediante las líneas de las manos.
- **La ufología** o estudio de los ovnis y los extraterrestres.
- **La lectura de auras**, unos supuestos campos de energía que rodea a las personas.

- **La cartomancia** o adivinación del futuro a través de las cartas.

Muchas de estas disciplinas se presentan como basadas en la ciencia, pero sus afirmaciones no pueden ser comprobadas de manera cierta y experimental, y por tanto se denominan pseudociencias.

### **Actividades**

1. Define ciencia
2. Explica por qué la quiromancia no es una ciencia
3. ¿Cuál es la principal diferencia entre ciencia y pseudociencia?

### **PARA SABER MÁS**

#### **ASTRONOMÍA Y ASTROLOGÍA**



Aunque sus nombres son muy parecidos, la astronomía y la astrología tienen realmente poco en común.

La astronomía es una ciencia que estudia los astros y sus movimientos y se ocupa, por tanto, de conocer y profundizar la naturaleza de las estrellas, planetas, satélites, etc., y sus posiciones y movimientos.

La astrología, sin embargo, es una pseudociencia que pretende establecer la relación entre la posición de los astros en el universo y el efecto que pueda tener sobre la vida de los seres humanos.

### **Clasificación de las ciencias**

A lo largo de la historia ha habido diversas clasificaciones de la ciencia, según los conocimientos predominantes o que despertaban más interés en cada época. Por ejemplo, hubo un tiempo en el que se consideró que la aritmética, la geometría, la música y la astronomía formaban parte de las matemáticas.

Hoy en día la clasificación más extendida, basada en el objeto de estudio, es la siguiente:

- **Ciencias formales.** Son aquellas que se ocupan del estudio de ideas no materiales a través de la deducción y la demostración. Se consideran dentro de este grupo la lógica y las matemáticas.

- **Ciencias factuales.** Son las que tienen como objeto de estudio hechos concretos relacionados con la materia y los fenómenos naturales y humanos. Su estudio se lleva a cabo sobre todo a través de la observación, la deducción y, fundamentalmente, la experimentación.

Las ciencias factuales se pueden dividir a su vez en dos grandes subgrupos:

- **Ciencias sociales.** Son las que se ocupan del estudio de los fenómenos humanos y sociales. Algunos ejemplos de ciencias sociales son la sociología, la historia, la antropología o la economía.
- **Ciencias naturales.** Son las que estudian el mundo natural y explican los fenómenos que le afectan.

| FORMALES   | EXPERIMENTALES | SOCIALES   |
|------------|----------------|------------|
| Lógica     | Física         | Psicología |
| Matemática | Química        | Sociología |
|            | Biología       | Historia   |
|            | Geología       | Economía   |
|            | Astrología     |            |
|            | Meteorología   |            |

### **Actividades**

Investiga qué es la taxonomía y qué metodología utiliza. Explica si esta ciencia se basa en la experimentación.

### **EL MÉTODO CIENTÍFICO**

El método científico es el proceso que siguen los científicos para estudiar nuestro entorno y sus fenómenos de una manera ordenada, lógica y basada en la observación, en la experimentación o en ambas.

#### **Etapas del método científico**

Existen diversos tipos de métodos científicos según la rama de la ciencia que los utilice. No es posible seguir los mismos pasos en una investigación de geología, de genética, de astronomía o de química. Por ejemplo, hay ramas de la ciencia, como ciertas áreas de la astronomía o la paleontología, en las que no es posible la experimentación. Se basan, por tanto, en la observación. Sin embargo, de manera general, el método científico que se aplica en las ciencias experimentales se basa en los siguientes pasos:

1. Identificación de una incógnita
2. Observación
3. Formulación de una hipótesis
4. Experimentación y toma de datos
5. Análisis de los resultados
6. Definición de leyes
7. Establecimiento de teorías
8. Comunicación de los resultados

#### **Identificación de una incógnita**

El investigador se cuestiona el porqué, el cómo, el cuándo, el dónde, etc., de un fenómeno en concreto. También puede surgir la incógnita cuando, tras consultar lo que se sabe de un objeto o fenómeno, se aprecia que existen lagunas de conocimiento.

Los científicos disponen de libros de consultas y de revistas científicas, en las que se publican las últimas investigaciones. Además, Internet permite el acceso inmediato a estas fuentes y a otras, como vídeos, imágenes y bases de datos con abundante información sobre el conocimiento actual de cualquier fenómeno.

#### **Observación**

A continuación, se debe estudiar y analizar el objeto o fenómeno utilizando nuestros

sentidos. Para ello, se reúnen todos los datos posibles y se desechan los que no aportan nada a nuestra cuestión.

### **Formulación de una hipótesis**

Reunida la información inicial y junto con la recabada de otras fuentes (libros, bases de datos, revistas científicas...) se propone una respuesta general a la incógnita. Esta respuesta, denominada hipótesis, debe ser lo más sencilla posible, con un enunciado claro y con posibilidad de ser comprobada posteriormente.

### **Experimentación y toma de datos**

A partir de la hipótesis planteada, se diseñan los experimentos que permitan comprobar o rechazar la hipótesis. Para diseñar un experimento, hay que pensar qué tipo de ensayos o pruebas se deben realizar y controlar las variables que influyen en el mismo.

Se denomina variable a cada una de las características o cualidades que pueden variar en un experimento. Se pueden distinguir tres tipos:

- **Variables independientes.** Son aquellas cuyos valores pueden ser seleccionados en el experimento.
- **Variables dependientes.** Son las que dependen del valor de las variables independientes.
- **Variables controladas.** Son aquellas que deben tener valores fijos durante la experimentación para que no influyan en los resultados.

### **Análisis de resultados.**

Una vez finalizado el experimento, se deben analizar los resultados obtenidos. Analizar los resultados significa correlacionar los resultados del experimento con las variaciones de nuestro ensayo. Es decir, se trata de averiguar de qué manera dependen las variables dependientes de las variables independientes y relacionarlo, a su vez, con el conocimiento previo sobre el ensayo.

Una de las mejores maneras de analizar nuestros datos es representarlos mediante gráficos y realizar análisis estadísticos.

### **Definición de leyes**

Una vez analizados los datos obtenidos, podremos confirmar o rechazar la hipótesis de partida de nuestra experimentación mediante la definición de una ley.

En general, una ley es una afirmación relativa a la relación entre dos o más variables y se puede expresar tanto de forma matemática como mediante una frase.

### **Establecimiento de teorías**

Las leyes nos permiten dar respuesta a problemas o aspectos concretos de un problema. Cuando se han estudiado todos los aspectos de dicho problema y se han establecido las leyes correspondientes, estas se pueden reunir en una teoría que dé explicación al conjunto.

### **Comunicación de los resultados**

Como último paso de la metodología científica se deben dar a conocer los resultados al resto de la comunidad científica, con el objetivo de que el conocimiento científico avances y esté cada vez al alcance de un mayor número de personas.

En general, esto se logra mediante la publicación de un artículo científico. Estos artículos se publican en revistas científicas.

Existen cientos de revistas diferentes, dedicadas a los distintos campos de investigación y la mayoría de ellas se publican en inglés.

### **Actividades**

- 1- Busca en el diccionario el significado de objetivo y subjetivo. Explica con tus palabras por qué el método científico es objetivo.

- 2- De las siguientes cuestiones, ¿cuáles crees que se pueden estudiar científicamente?
- ¿Todos los cuerpos caen a la misma velocidad?
  - ¿Existen los fantasmas?
  - ¿Qué hay después de la muerte?
  - ¿Por qué el cielo es azul?
  - ¿Por qué se extinguieron los dinosaurios?
  - ¿Qué factores influyen en el crecimiento de una planta?
3. Escoge una cuestión del ejercicio anterior y explica cómo harías una investigación (siguiendo los pasos del método científico) para averiguarlo. Explica qué experimento o experimentos realizarías.

### **Características del método científico**

“Si he visto más lejos es porque estoy sentado sobre los hombros de gigantes”  
Newton a Hooke en 1676

### **EL MÉTODO CIENTÍFICO ES RACIONAL Y FÁCTICO**

Es racional porque se funda en la razón, es decir, en la lógica, lo cual significa que parte de conceptos, juicios y razonamientos; por lo tanto, el método científico no puede tener su origen en las apariencias producidas por las sensaciones, por las creencias o preferencias personales. Es decir, se basa en hechos y no en creencias.

### **EL MÉTODO CIENTÍFICO ES OBJETIVO**

Se basa en la objetividad de los hechos o fenómenos y no en la subjetividad del científico.

### **EL MÉTODO CIENTÍFICO ES ANALÍTICO Y ESTRUCTURADO**

El método científico descompone todo lo que trata en sus distintos elementos. Por eso, los problemas de la ciencia son parciales y también sus soluciones. Se basa en seguir unos pasos preestablecidos de manera lógica y ordenada.

### **EL MÉTODO CIENTÍFICO ES CLARO Y PRECISO**

La claridad y la precisión del método científico se consiguen de las siguientes formas:

-Los problemas se formulan de manera clara, para lo cual, hemos de distinguir cuáles son los problemas e, incluiremos en ellos los conceptos o categorías fundamentales.

-El método científico inventa lenguajes artificiales utilizando símbolos y signos, es el lenguaje matemático.

### **EL MÉTODO CIENTÍFICO ES VERIFICABLE Y REPRODUCIBLE**

Todo conocimiento debe basarse en la experiencia, esto es, en la observación y la experimentación. La comprobación de sus hipótesis se hace siempre en base a experiencias. Un experimento debe poder repetirse por cualquier científico del mundo y debe dar los mismos resultados que el experimento original.

### **EL MÉTODO CIENTÍFICO ES FALSABLE**

Significa que cualquier conclusión, teoría o conocimiento científico susceptible de ser demostrado como erróneo por futuras investigaciones.

Por tanto, la ciencia es auto correctiva y avanza con cada nueva experimentación.

### **PERMITE LA ELABORACIÓN DE LEYES**

A partir de los resultados, las conclusiones obtenidas se pueden generalizar en forma de leyes universales.

Dependiendo del objetivo, la investigación científica puede ser:

### **INVESTIGACIÓN BÁSICA**

Se caracteriza porque busca el conocimiento en sí, en la determinación de generalizaciones universales, realizando teorías científicas, sistemáticas, y coherentes que se refieren a un área del saber humano.

### **INVESTIGACIÓN APLICADA**

Es el trabajo científico que busca obtener conocimientos e informar sobre hechos o fenómenos para aplicarlos a la solución de los problemas humanos.

#### **Actividades**

1- Comenta las siguientes citas, indicando a qué característica del método científico hacen referencia:

La Ciencia siempre se equivoca. Nunca resuelve un problema sin crear otros diez. George Bernard Shaw (1856-1950), dramaturgo irlandés.

“La ignorancia afirma o niega rotundamente; la Ciencia duda.” François Marie Arouet Voltaire

“Si mi teoría de la relatividad es exacta, los alemanes dirán que soy alemán y los franceses que soy ciudadano del mundo. Pero si no, los franceses dirán que soy alemán, y los alemanes que soy judío.” Albert Einstein

“La duda es la madre del descubrimiento.” Ambrose Bierce

“La ciencia se compone de errores que, a su vez, son los pasos hacia la verdad.” Julio Verne.

#### **Problemas del método científico**

El aplicar sistemáticamente los pasos del método científico no asegura de por si los resultados deseados por el investigador, en muchos casos se debe comenzar de nuevo desde el principio un proceso investigativo. No es un método infalible.

La aplicación de un método científico en el proceso de investigación conlleva inversión de recursos tales como, dinero, tiempo y trabajo, esto quizás represente inconvenientes al momento de comenzar un proceso de investigación, pero se reconoce que no solo es necesario, vale la pena.

#### **Problemas del método científico**

El aplicar sistemáticamente los pasos del método científico no asegura de por si los resultados deseados por el investigador, en muchos casos se debe comenzar de nuevo desde el principio un proceso investigativo. No es un método infalible.

La aplicación de un método científico en el proceso de investigación conlleva inversión de recursos tales como, dinero, tiempo y trabajo, esto quizás represente inconvenientes al momento de comenzar un proceso de investigación, pero se reconoce que no solo es necesario, vale la pena.

### **LA HISTORIA DE LA CIENCIA**

Aunque la ciencia es un concepto moderno, su origen es antiguo y se ha ido construyendo a lo largo de toda la historia.

- **Prehistoria.** Sin duda, los primeros seres humanos eran conscientes de los fenómenos de la naturaleza, como los cambios de las estaciones, el crecimiento de las plantas, las enfermedades, las tormentas, las erupciones volcánicas... Las primeras explicaciones que se daban a estos fenómenos eran mitológicas o religiosas. Sin embargo, esto no quiere decir que nuestros antepasados no tuvieran un profundo conocimiento de la naturaleza y sus ciclos, los seres vivos, etc.

- **Historia antigua.** En las civilizaciones babilónica y egipcia se conservaba la concepción mítica de la naturaleza, pero comenzaron a desarrollarse la

astronomía y las matemáticas, con un propósito utilitario: elaborar calendarios, medir los campos de cultivo...En Grecia aprovecharon esos saberes y dieron un gran paso: abandonaron la mitología y trataron de explicar el universo y sus fenómenos mediante causas naturales a través de la observación y la razón.

**Edad Media.** En esta era la ciencia cayó en un período de declive en Europa. Pero otras civilizaciones, como las de china, la India o los países árabes, seguían haciendo progresos en ciencia y tecnología. La ciencia árabe fue importante en este período. A través suyo llegaron a la Europa cristiana las obras de los grandes filósofos griegos, junto con sus propias aportaciones, como el sistema de numeración arábigo.

- A partir de los siglos XV y XVI. Con el Renacimiento comienza el verdadero despegue de la ciencia tal como la conocemos hoy. En esta época empezó a cuestionarse la autoridad de los antiguos filósofos griegos, hasta entonces indiscutible. Se comenzó a usar una poderosa herramienta, la experimentación, y se desarrolló el método científico. Entre los precursores estarían Copérnico, Kepler, Galileo y Newton, entre otros. Se estrecha cada vez más la relación existente entre ciencia y tecnología, sobre todo gracias a los avances en electricidad.

- A lo largo de los siglos XX y XXI. No cambia la concepción de la ciencia, era sí la forma de trabajar. Por una parte, se entiende que la ciencia es fundamental como motor del progreso tecnológico. Por otra, cada vez es una actividad más colaborativa, entre otras razones por los equipos que se deben usar, con un costo inasumible para un solo equipo de investigación o, incluso, un país. Pero también es cierto que en algunos ámbitos surge cierta desconfianza hacia la ciencia, por el mal uso que se puede hacer de sus resultados, como es la producción de bombas nucleares, por ejemplo.

- Edad Media. En esta era la ciencia cayó en un período de declive en Europa. Pero otras civilizaciones, como las de china, la India o los países árabes, seguían haciendo progresos en ciencia y tecnología. La ciencia árabe fue importante en este período. A través suyo

llegaron a la Europa cristiana las obras de los grandes filósofos griegos, junto con sus propias aportaciones, como el sistema de numeración arábigo.

- A partir de los siglos XV y XVI. Con el Renacimiento comienza el verdadero despegue de la ciencia tal como la conocemos hoy. En esta época empezó a cuestionarse la autoridad de los antiguos filósofos griegos, hasta entonces indiscutible. Se comenzó a usar una poderosa herramienta, la experimentación, y se desarrolló el método científico. Entre los precursores estarían Copérnico, Kepler, Galileo y Newton, entre otros. Se estrecha cada vez más la relación existente entre ciencia y tecnología, sobre todo gracias a los avances en electricidad.

- A lo largo de los siglos XX y XXI. No cambia la concepción de la ciencia, pero sí la forma de trabajar. Por una parte, se entiende que la ciencia es fundamental como motor del progreso tecnológico. Por otra, cada vez es una actividad más colaborativa, entre otras razones los equipos que se deben usar, con un coste inasumible para un solo equipo de investigación o, incluso, un país. Pero también es cierto que en algunos ámbitos surge cierta desconfianza hacia la ciencia, por el mal uso que se puede hacer de sus resultados, como es la producción de bombas nucleares, por ejemplo.

### **LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS**

El progreso científico no parece que suceda por acumulación de pequeños avances en largos períodos de tiempo. Más bien parece que las ideas

científicas permanecen estables durante largos períodos de tiempo y después sufren rápidos cambios en momentos críticos.

“Las nuevas teorías científicas no nacen por verificación ni por falsación, sino por sustitución” Thomas S. Kuhn

Pero... ¿sustitución de qué? Kuhn resume el cambio científico con el siguiente esquema:

Un paradigma está constituido por los supuestos teóricos generales, las leyes y las técnicas para su aplicación que adoptan los miembros de una comunidad científica. Trabajar dentro de un paradigma implica poner en práctica lo que se llama “ciencia normal”, que es la que desarrolla el paradigma.

En este desarrollo, surgirán problemas, fenómenos que no quedan explicados por el paradigma.

Si estas dificultades se consolidan, puede llegarse a la crisis que se puede resolver sólo desde un nuevo paradigma. Cuando este nuevo paradigma rompe radicalmente con el anterior, se produce una revolución científica.

Veamos con más detalle cada uno de los conceptos implicados en esta descripción:

El paradigma coordina y dirige la resolución de problemas y su planteamiento. Es el modelo de hacer ciencia que orienta la investigación científica y bloquea cualquier presupuesto, método o hipótesis alternativa. El paradigma es el soporte para la ciencia normal. Consta de leyes y supuestos teóricos, así como de aplicaciones de esas leyes y el instrumental necesario para las mismas. De fondo, aparece también una concepción de la realidad y de las cosas.

La ciencia normal es la actividad para resolver problemas (teóricos o experimentales) gobernada por las reglas de un paradigma. Sólo desde el paradigma se logran los medios adecuados para resolver problemas. Los fenómenos inexplicados son anomalías. Cuando las anomalías afectan al fundamento del paradigma es cuando el fenómeno constituiría una crisis. Hablamos entonces de revolución; la crisis puede dar lugar a un cambio, a un “nuevo mundo”.

Hay factores sociales, históricos, económicos, culturales y religiosos que pueden propiciar que un individuo escoja uno u otro paradigma. El cambio científico es fundamentalmente revolucionario.

Las revoluciones científicas son aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en los que un viejo paradigma es sustituido total o parcialmente por otro distinto incompatible con él.

Ejemplos de revoluciones científicas y de cambios de paradigmas han sido la sustitución del geocentrismo por el heliocentrismo, la sustitución de la “generación espontánea” por la microbiología, el fijismo por el darwinismo, o la sustitución de la mecánica newtoniana por la física relativista.

### **ACTIVIDADES FINALES**

1. Busca en un diccionario el significado de las palabras tecnología y ciencia, y explica las diferencias entre ellas.

2. Completa las siguientes frases:

• La ciencia es un conjunto de conocimientos..... que ayuda, mediante la observación, la..... Y la lógica, a dar respuesta a preguntas sobre la.....

- Las ciencias se dividen en ciencias..... y ciencias fácticas.  
A su vez, estas se dividen en ciencias..... y sociales.

- El proceso que siguen los científicos para conocer su entorno es el  
....., que se  
basa en la observación y en la.....

- El método científico trata de resolver..... Para  
ello, plantean..... que se verifican mediante la  
..... y la observación.

- Los resultados de los experimentos se pueden expresar en  
....., que pueden ser de sectores, de barras, etc.

- Los resultados de los experimentos se publican en.....  
.....

3. Explica qué son las ciencias formales y cuáles son estas ciencias.

4. Los meteorólogos a veces se equivocan en sus predicciones. ¿Quiere esto decir que la meteorología es una pseudociencia? Explica tu respuesta

5. Explica la diferencia entre ley y teoría.

6. En una encuesta realizada a una población de 10.000 habitantes se planteó la siguiente pregunta: ¿A qué dedica sus horas de ocio?

Las repuestas fueron:

- Hacer deporte: 4.000 personas
- Salir con los amigos: 2.200 personas
- Dar un paseo: 1.500 personas
- Ver la televisión: 1.200 personas
- Hacer cursos de idiomas, cocina, manualidades, etc.: 300 personas

Representa estos datos en un diagrama de barras.

# Información génica y proteínas



Hace 3.600 millones de años apareció la primera forma de vida en el planeta, célula originaria a partir de la cual descenderían todos los seres vivos. ¿Cómo se puede explicar la presencia actual de tantas formas diferentes de vida? Entre otros factores, por la variación de la información genética. ¿Dónde se encuentra esta información?, en el ácido desoxirribonucleico o ADN, el que a su vez se encuentra en los cromosomas. En esta unidad, te invitamos a un viaje hacia lo infinitamente pequeño que son las moléculas de la herencia, el ADN, y a desentrañar su importancia para todos los seres vivos.

**Al finalizar la unidad:**

- Entenderás y explicarás las relaciones existentes entre genes, proteínas y fenotipo.
- Explicarás experimentos clásicos que revelaron al ADN como la molécula de la herencia.
- Explicarás la composición química del ADN y de los ácidos nucleicos en general.
- Comprenderás las implicancias científicas y sociales del desarrollo de la biotecnología.

## Exploración inicial

### ¿Cómo se expresa la información genética?

#### Antes de empezar

Formen un grupo de trabajo y discutan en torno a las siguientes preguntas:

- ¿Qué es el ADN?
- ¿Qué determina que una especie sea distinta de otra?
- ¿Cuáles son las causas de la variación dentro de una misma especie?

#### Antecedentes

Las características propias de cada organismo son la manifestación de la información contenida en los genes que se encuentran en los cromosomas ubicados en el núcleo de las células del cuerpo. Esta información se transmite a través de los gametos en la reproducción sexual. Los genes se expresan dando forma y función a las proteínas que conforman las estructuras orgánicas y las que regulan las reacciones químicas que ocurren en las células, determinando sus características. El **fenotipo** de un organismo, es decir, sus propiedades observables, tanto estructurales como funcionales, dependen tanto del **genotipo**, o los genes que tiene una célula, como de los efectos del ambiente.



#### Entendiendo el fenómeno

Para responder la pregunta inicial deben realizar una investigación en diferentes fuentes (libros de biología, diccionarios, internet, etc.) sobre qué es la información genética, qué determina y dónde se encuentra.

#### Resultados

Sinteticen la información recopilada copiando y completando en sus cuadernos una tabla como la siguiente:

|                  | Información genética |
|------------------|----------------------|
| Lo que es        |                      |
| Lo que determina |                      |
| Se ubica en      |                      |

#### Análisis

Discutan y respondan grupalmente las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo se expresa la información genética?
2. ¿Se puede detener la expresión de los genes?
3. ¿Qué importancia tiene el núcleo en la división celular?
4. ¿Por qué el fenotipo no está determinado solo por los genes?

## 1 Proteínas como expresión de la información genética

Cada célula de un organismo contiene en su núcleo información genética que gobierna, junto al ambiente, toda su actividad y se transmite fielmente a las otras células durante la mitosis. El ADN humano se encuentra empaquetado en 46 cromosomas, en el núcleo celular, que mide 0,006 mm de diámetro. Los genes se expresan originando las **proteínas**, las que contribuyen a la determinación de fenotipos (como el color del pelo o la forma de la nariz, por ejemplo). Sin embargo, el fenotipo no está solo determinado genéticamente:

**FENOTIPO = GENOTIPO + AMBIENTE**

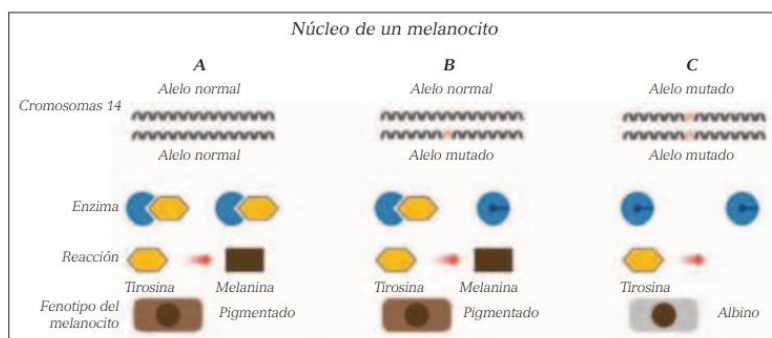
La información contenida en los genes, la regulación de su expresión y los estímulos provenientes desde el ambiente determinan el momento y la cantidad en que se producen las proteínas, que pueden ser estructurales o funcionales, es decir, originar estructuras o cumplir funciones enzimáticas que regulan el metabolismo. En las células, cada gen se puede encontrar en varias formas. A estas formas se les conoce como **alelos**.

En algunos casos, una mutación en un gen conduce a la síntesis de una proteína alterada. Esta, a su vez, puede traducirse en la presencia de una enfermedad, como el albinismo. Esta enfermedad consiste en una alteración de la enzima que cataliza la formación del pigmento melanina, encargado de dar color a la piel.

### Actividad 1

### INTERPRETAR

Observa la imagen y responde las preguntas en tu cuaderno.



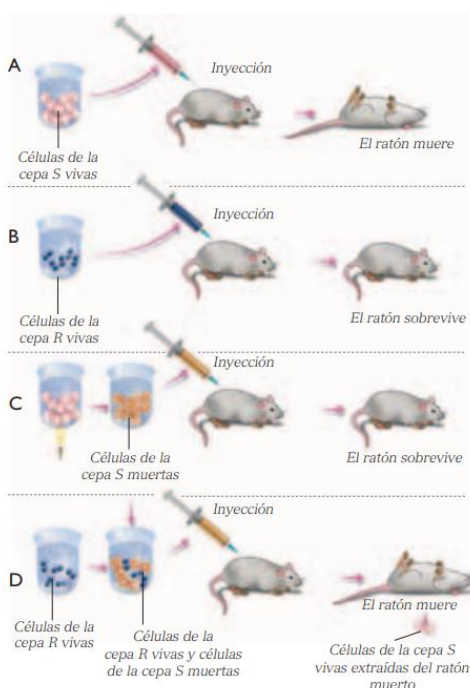
Fuente: MINEDUC. Programa de estudio Biología. Cuarto Año Medio. Segunda edición, 2004. Página 27.

- ¿Qué diferencias existen entre los cromosomas 14 de la columna A, B y C? Explica.
- ¿Qué alteración se produce en la enzima en el caso C?
- Investiga las formas que tienen las proteínas llamadas clatrina y actina e indica las propiedades de su forma, para explicar su función.

## 2 El material genético

¿Cuál es la composición química del material genético?, ¿de qué manera se llegó a conocer? En 1865, de los trabajos del monje agustino **Gregorio Mendel**, se

logró conocer los mecanismos básicos que explican la herencia de los rasgos o caracteres de padres a hijos. Así se inició la **Genética**, ciencia que estudia los problemas relacionados con la herencia y la variabilidad que existe entre los organismos vivos.



Representación del experimento de Griffith.

En 1928, **Friedrich Griffith** realizó un importante experimento, llamado **transformación bacteriana**, en el que demostró que las "moléculas de la herencia" podían pasar de una bacteria a otra modificando el fenotipo. En este experimento se utilizan las cepas de la bacteria *Streptococcus pneumoniae*: una cepa llamada "S", cuyas colonias poseen una superficie lisa y que produce la muerte de ratones, y otra cepa llamada "R", cuyas colonias tienen superficie rugosa y que no producen letalidad en los ratones de laboratorio.

En 1944, **Oswald Avery** y su equipo de investigadores se propusieron identificar la molécula responsable de la transformación bacteriana, descubierta por Griffith. Para esto, aislaron las diferentes clases de moléculas de la cepa S y analizaron el efecto de cada una sobre el fenotipo de las células de la cepa R, al añadirles al medio de cultivo. El resultado de su investigación fue que solo una clase de moléculas, el **ácido desoxirribonucleico (ADN)**, produjo la transformación bacteriana observada por Griffith. Este experimento permitió identificar al ADN como la molécula responsable de la herencia.

### Actividad 2

### INVESTIGAR

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno.

- Describe los experimentos de Griffith y justifica las pruebas hechas por él.
- En el caso de las bacterias de la cepa rugosa que se transformaron, ¿continuarán con esa característica?, ¿la heredarán a sus células hijas?
- ¿Qué harías para reconocer la molécula responsable de la transformación bacteriana?
- Investiga sobre el experimento de Hershey y Chase, de 1952, y explica su importancia en la determinación de la composición del material genético.

## 2.1 Composición química del material genético

¿Cuál es la composición química del ADN? El ADN es un ácido nucleico que corresponde a un **polímero** formado por la combinación de cuatro monómeros: los **nucleótidos**. Cada nucleótido está formado por moléculas más pequeñas: una **base nitrogenada**, un **azúcar** (desoxirribosa) y un **grupo fosfato**. Los cuatro tipos de nucleótidos difieren solo en el tipo de **base nitrogenada que contienen**. Esta base puede ser: **adenina**, **timina**, **guanina** y **citosa**, abreviadas como **A**, **T**, **G** y **C**, respectivamente.

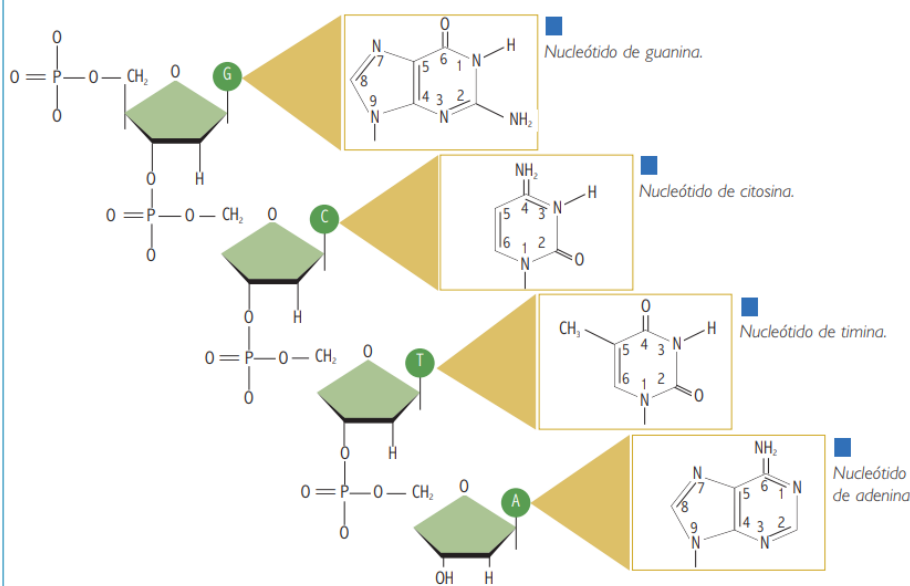
Las bases nitrogenadas se dividen en dos grupos: las que tienen dos anillos fusionados en su estructura (un hexágono y un pentágono), que se denominan **purinas**, y las que tienen solo un anillo (un hexágono), llamadas **pirimidinas**.

El descubrimiento y caracterización del ADN como molécula responsable de la herencia fue un hallazgo sorprendente debido a la notable simpleza de esta molécula, ya que la combinación de solo cuatro tipos de nucleótidos es la responsable de todas las características hereditarias de los seres vivos.

### Actividad 3

### OBSERVAR

- Observa los esquemas que representan a los cuatro nucleótidos que forman el ADN y escribe en tu cuaderno qué bases nitrogenadas corresponden a purinas y cuáles son pirimidinas.



### Biodatos

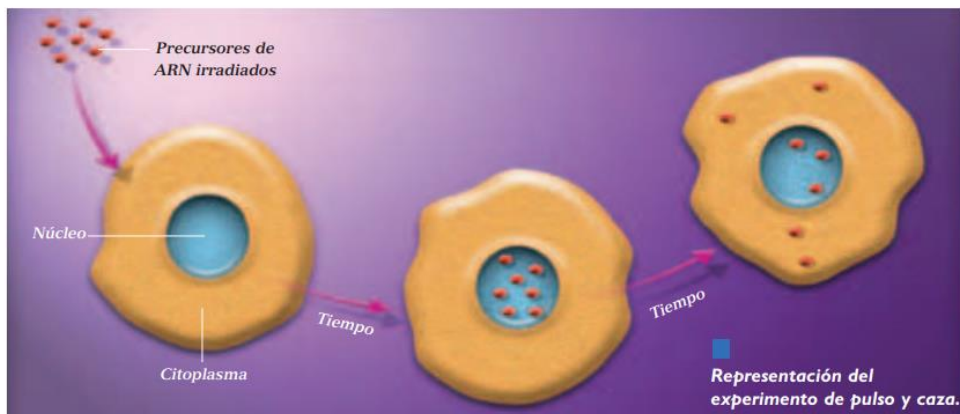
La presencia de 4 bases nitrogenadas origina un inmenso número de combinaciones posibles. Esta cantidad de combinaciones se calcula mediante la fórmula  $4^n$ , donde 4 es el número de bases nitrogenadas posible y n es igual al número de nucleótidos. Por ejemplo, para un fragmento de ADN con 10 nucleótidos, podríamos formar 1.048.576 combinaciones diferentes.

## 2.2 Flujo de información génica desde el ADN a las proteínas

Como ya hemos visto, la información para la síntesis de las proteínas se encuentra contenida en los genes que se encuentran en el **núcleo**, en el caso de las células eucariotas. Sin embargo, la síntesis de proteínas se realiza en el **citoplasma**. ¿De qué manera la información codificada en los genes se "traslada" desde el núcleo hasta el citoplasma? En un principio, los investigadores sospechaban la existencia de una **molécula intermediaria** que transmitía la información desde los genes hasta las proteínas.

Alrededor de 1920 se descubrió una molécula de ácido nucleico formada por unidades nucleotídicas similares al ADN, y que se denominó **ácido ribonucleico** o **ARN**. La similitud de la composición entre ambas moléculas y el hecho de que el ARN se encontraba en gran cantidad en células con

mayor actividad de síntesis proteica, convertían al ARN en el candidato de intermediario entre el gen y la proteína, lo que se pudo establecer a través del **experimento de "pulso y caza"**. Este experimento consiste en hacer crecer células, en medios de cultivo adecuados, y agregar moléculas precursoras de ARN previamente "marcadas" con **pulsos de uracilo radiactivo**. El uracilo es una base nitrogenada presente en el ARN. La célula incorpora estos precursores marcados y los utiliza para producir moléculas de ARN. De esta manera, es posible seguir la pista del movimiento de las moléculas de ARN en las células, puesto que la radiación de los precursores puede ser detectada con películas fotográficas sobre las que las partículas irradiadas dejan huellas. Así, se pudo establecer que el ARN era producido en el núcleo celular y luego de un tiempo se trasladaba hacia el citoplasma, siendo la responsable del traspaso de la información desde los genes a las proteínas.



### Actividad 4

### ANALIZAR

Analiza el esquema del experimento de pulso y caza, y luego responde las preguntas que se plantean a continuación.

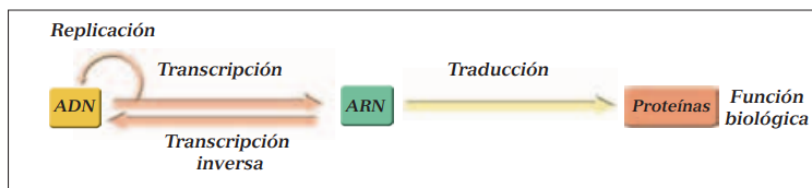
- ¿Por qué es necesario detectar la posición del ARN a diferentes tiempos?
- ¿Cuál es la hipótesis que este experimento intenta poner a prueba?
- ¿Qué resultados habrían permitido rechazar la hipótesis? Dibújalos en tu cuaderno.

### 2.3 El flujo de información génica

¿Qué diferencias químicas se observan entre el ADN y el ARN? Ambas son moléculas de ácido nucleico pero existen algunas diferencias entre ellas. En primer lugar, la molécula de ARN es usualmente una **hebra simple**, a diferencia del ADN que cuenta con una doble hebra. Además, mientras la molécula de ADN tiene un azúcar del tipo desoxirribosa, el ARN posee el azúcar **ribosa**. Finalmente, el ARN posee tres de las cuatro bases nucleotídicas en su estructura: adenina (A), guanina (G) y citosina (C) y, en lugar de timina, posee uracilo (U).

¿Cuáles son las etapas en el flujo de información desde el gen a la proteína?

Los descubrimientos relacionados con el flujo de la información contenida en los genes llevaron a enunciar el llamado **dogma central de la biología molecular**, que plantea que la información genética contenida en el ADN es transcrita en forma de ARN y traducida en proteínas. La única excepción a esta regla son los virus ARN, que tienen ARN como molde para ADN, y así forman ARN y proteínas. Son los llamados retrovirus que, en el proceso de **transcripción inversa**, sintetizan ADN de doble hélice tomando como molde su ARN.



Representación del dogma central de la biología molecular. El material genético (ADN) se transcribe en ARN, que sirve de molde para las proteínas.

#### Actividad 5 ANALIZAR

Observa el esquema de esta página y responde las preguntas en tu cuaderno.

- ¿Qué entiendes por replicación?
- ¿En qué consisten la transcripción y la traducción?

#### Biodatos

Una célula eucariote de un mamífero produce aproximadamente 10.000 proteínas diferentes, de las cuales la mayor parte son enzimas.



### 3 Estructura del ADN

Para entender mejor cómo se realiza la transmisión de la información desde el gen a la proteína se requería conocer en detalle la estructura del ADN. En 1953, los científicos **James Watson** y **Francis Crick** analizaron los resultados obtenidos del estudio con difracción de rayos X de la molécula de ADN, que habían realizado otros investigadores. Esta metodología consiste en dirigir rayos X sobre fibras de ADN cristalizado, de manera que estos rayos, al chocar con los átomos de la molécula, desvían su trayectoria y son captados a través de una película fotográfica. Este tipo de análisis, sumado a otros antecedentes, permitió proponer un modelo tridimensional de la molécula de ADN.

Una de las propiedades del modelo de Watson y Crick es que una hebra del ADN se une a la otra hebra a través de sus bases nitrogenadas, de acuerdo a la siguiente regla: **una base púrica se une con una base pirimídica**. Más aún, **la adenina se une con la timina y la guanina lo hace con la citosina**. Por lo tanto, cada secuencia de nucleótidos tiene una secuencia complementaria. Por ejemplo, la secuencia complementaria de AATCGTTA es: TTAGCAAT.

#### Biologi@net

Conéctate a la página

[www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B4016. Allí encontrarás más información sobre la estructura del ADN.

Recuerda que las direcciones y sus contenidos pueden cambiar.

En la molécula de ADN, las bases nitrogenadas de ambas hebras se unen mediante enlaces químicos, llamados **puentes de hidrógeno**. La adenina se encuentra apareada con la timina a través de **dos** puentes de hidrógeno, mientras que la guanina se aparea con la citosina mediante **tres** puentes de hidrógeno. Aunque los puentes de hidrógeno son enlaces fáciles de romper, la acción conjunta de cientos de miles de ellos otorga estabilidad al ADN.



Watson y Crick propusieron la estructura del ADN como una doble hélice.

#### Actividad 6

#### INTERPRETAR Y PREDECIR

De acuerdo a la imagen, responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

- ¿Qué puedes establecer con respecto a la orientación de las hebras de ADN?
- ¿Qué quiere decir que las hebras son antiparalelas?
- ¿Cuál es la secuencia complementaria de una hebra cuya secuencia es: TTAGCTTACCCGGA?
- ¿Qué sucederá con la estructura de la molécula de ADN si se cambia una purina por una pirimidina en una de las hebras, sin cambiar su base complementaria?

### 3.1 Empaquetamiento del ADN

En eucariontes, el ADN se encuentra asociado con diferentes tipos de proteínas que posibilitan su enrollamiento. Según su grado de compactación, el ADN puede encontrarse en dos formas: **eu cromatina** y **heterocromatina**. La eu cromatina es ADN laxo, que se expresa frecuentemente, es decir, participa activamente en la síntesis de proteínas y la heterocromatina es ADN altamente compactado, y no se expresa.

¿Cuántas moléculas de ADN existen en nuestras células? En cada cromosoma hay una molécula de ADN altamente empaquetado. Por lo tanto, los 46 cromosomas presentes en nuestras células somáticas corresponden a 46 moléculas de ADN asociadas con proteínas.

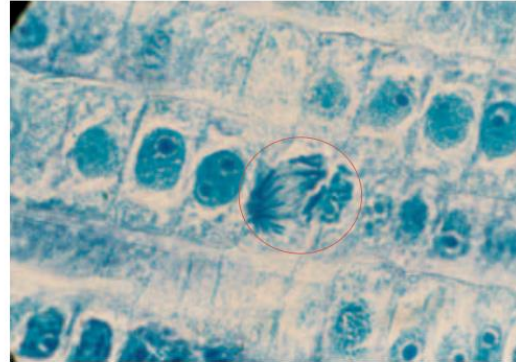
Antes de la división celular ocurre la duplicación del material genético, el que luego es repartido entre las células hijas. Luego de la duplicación, cada cromosoma contiene dos moléculas de ADN de doble hebra cada uno. Es decir, cada célula puede llegar a contener 92 moléculas de ADN. Además, en cada mitocondria existe una pequeña molécula de ADN circular.

#### Actividad 7 INVESTIGAR

Averigua, en enciclopedias o en Internet, y responde las preguntas que se plantean a continuación.

- ¿Qué diferencias estructurales presenta el ADN de las células procariontes en comparación al ADN de las células eucariontes?
- ¿Cómo se denominan las proteínas que están asociadas al ADN y que posibilitan su enrollamiento?
- Busca dos ejemplos de enfermedades causadas por una anomalía en el número de cromosomas de las células de un individuo.

¿Todos los seres vivos poseen la misma cantidad de ADN? La cantidad de ADN de las células presenta grandes variaciones entre los diferentes tipos de organismos. Por ejemplo, una bacteria contiene alrededor de mil veces menos ADN que una célula humana; y las células de maíz tienen casi el doble de ADN que nuestras células.



En la fotografía, se observan células vegetales en división, con el ADN altamente empaquetado en los cromosomas.

#### Biodatos

Actualmente se sabe que más del 90% del material genético de las células humanas no participa en la síntesis de proteínas. En las bacterias, casi todo el genoma tiene una función en la síntesis proteica.

### 3.2 Relación entre genes y proteínas

Los genes corresponden a segmentos de ADN ubicados en lugares específicos de los cromosomas, llamados **locus**. A un conjunto de locus se le denomina **loci**, que corresponde al plural.

En la teoría cromosómica de la herencia se establece que los cromosomas son los portadores de los genes. Cada gen puede estar representado por más de un alelo, es decir, pueden existir variantes de un mismo gen. ¿Cuál es la diferencia molecular que existe entre los diferentes alelos?, ¿qué relación existe entre esta diferencia y la estructura y función de las proteínas?

Como ya sabemos, los genes se encuentran formados por una serie de nucleótidos ordenados en la hebra de ADN en forma de "palabras" construidas a partir de secuencias de cuatro "letras" (nucleótidos): A (adenina), G (guanina), C (citosa) y T (timina). Así, dos alelos difieren entre sí en la secuencia nucleotídica que contienen. Por ejemplo, si un gen está constituido por 2.000 nucleótidos y la secuencia de los últimos 10 nucleótidos de uno de sus alelos es AATCGCCTAT, otro alelo de este mismo gen podría contener la siguiente secuencia nucleotídica: AAACGCCTAT. En resumen, un gen contiene información para la síntesis de una proteína específica.

La diferencia en uno o más nucleótidos puede dar origen a la síntesis de proteínas similares, pero que difieren en la composición de unos cuantos aminoácidos que las constituyen. En este sentido, la variación en la composición nucleotídica, entre diferentes alelos, da origen a diferencias en la estructura y, por lo tanto, en la función de una proteína.

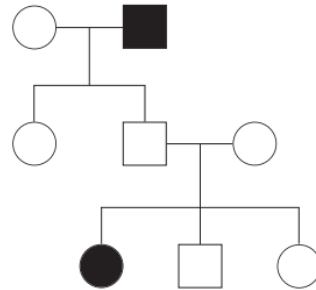
#### Biodatos

Entre las enfermedades de base hereditaria encontramos la fenilcetonuria. Esta enfermedad se caracteriza por la ausencia de la enzima fenilalanina hidroxilasa que convierte al aminoácido fenilalanina en tirosina. Como resultado no se puede metabolizar la fenilalanina. Los altos niveles de este aminoácido son tóxicos para el sistema nervioso central durante los primeros años de vida, período durante el cual el cerebro se encuentra en desarrollo. Por lo que, si no se trata a tiempo, puede ocasionar un retardo mental severo. Averigua la frecuencia de esta enfermedad y cómo puede detectarse en recién nacidos.

#### Actividad 8

#### ANALIZAR

Reunidos en parejas, analicen la genealogía de la enfermedad fenilcetonuria y respondan las preguntas que se plantean a continuación.



Genealogía de la fenilcetonuria. Recuerda que los círculos representan mujeres y los cuadrados hombres. Ambos de color negro representan la manifestación del rasgo.

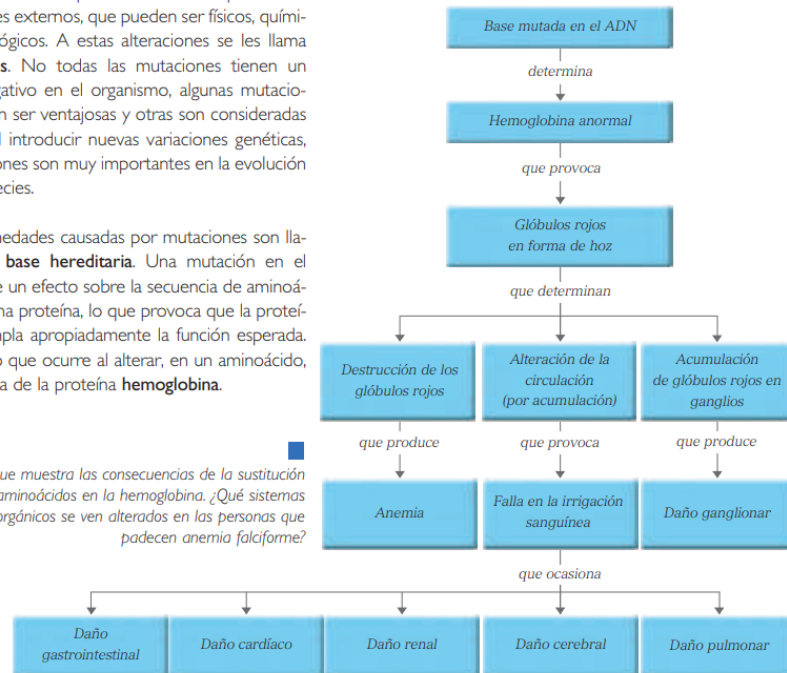
- ¿Qué tipo de herencia presenta esta enfermedad: dominante o recesiva?
- ¿Por qué los heterocigotos son sanos y los homocigotos recesivos son enfermos?
- Si esta enfermedad se debe a una alteración de la enzima que convierte la fenilalanina en tirosina, ¿cuántos genes están involucrados en esta enfermedad?

### 3.3 Alteraciones del ADN

¿Qué ocurre si se altera el material genético? El material genético se puede ver alterado por azar o por factores externos, que pueden ser físicos, químicos o biológicos. A estas alteraciones se les llama **mutaciones**. No todas las mutaciones tienen un efecto negativo en el organismo, algunas mutaciones pueden ser ventajosas y otras son consideradas neutras. Al introducir nuevas variaciones genéticas, las mutaciones son muy importantes en la evolución de las especies.

Las enfermedades causadas por mutaciones son llamadas **de base hereditaria**. Una mutación en el ADN tiene un efecto sobre la secuencia de aminoácidos de una proteína, lo que provoca que la proteína no cumpla apropiadamente la función esperada. Observa lo que ocurre al alterar, en un aminoácido, la secuencia de la proteína **hemoglobina**.

Esquema que muestra las consecuencias de la sustitución de aminoácidos en la hemoglobina. ¿Qué sistemas orgánicos se ven alterados en las personas que padecen anemia falciforme?



#### ANTES DE SEGUIR...

- 1) Una hebra de ADN sufre una separación de sus puentes de hidrógeno entre las bases nitrogenadas de adenina y timina. A partir de esta situación, responde las siguientes preguntas en tu cuaderno.
- a) Esquematiza la secuencia, con su hebra complementaria.
- b) Si la separación se debiera a que en los sitios donde se ubica la timina, esta fuera reemplazada por citosina, entonces, ¿se puede volver a formar el puente de hidrógeno?

- c) ¿Qué consecuencias puede tener dicha alteración en el material genético?

#### Otra forma de aprender

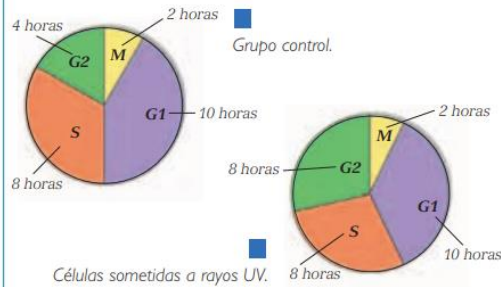
- Imagina que tu profesor te pide ayuda para evaluar el trabajo de unos estudiantes de otro curso, de la construcción de una maqueta de ADN. ¿Qué elementos considerarías para evaluar? Escribe en tu cuaderno.

#### 4 Continuidad del material genético. Replicación del ADN

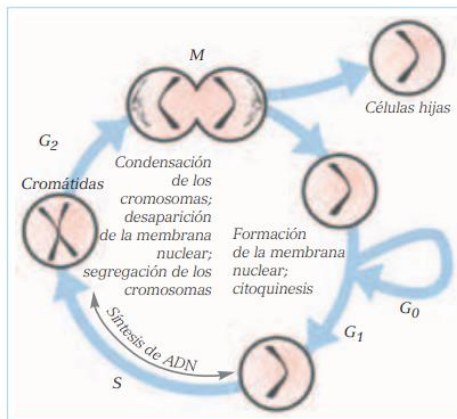
##### Actividad 9

##### INTERPRETAR

Reúnanse en parejas para analizar los gráficos que representan la duración de las etapas del ciclo celular en células que han sido sometidas a rayos ultravioleta y en un grupo control. Luego, respondan las preguntas que se plantean a continuación.



- ¿Qué etapas han experimentado un cambio en el tiempo de duración?
- Recuerden los eventos que ocurren durante las etapas del ciclo celular y den una posible explicación del efecto de los rayos ultravioleta.

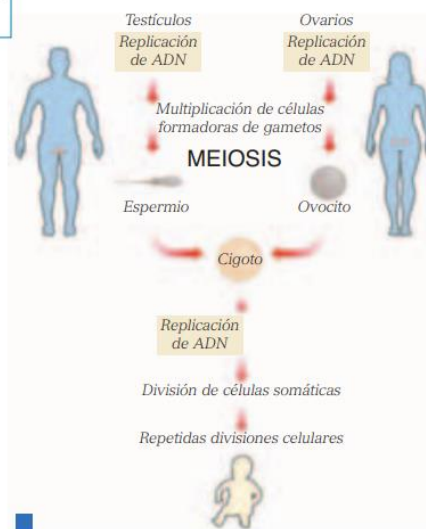


Ciclo celular.

¿Cómo se transmite el material genético de generación en generación? ¿Qué importancia tiene este hecho?

En las gónadas de los seres vivos (ovarios y testículos) se multiplican las células germinales las cuales, posteriormente, producirán gametos a través de la meiosis. Una vez ocurrida la fecundación, se forma un cigoto que se dividirá miles de veces para formar un nuevo individuo.

La importancia de la replicación del ADN radica en que asegura la continuidad de la información genética durante el crecimiento y la reparación de los tejidos. Además, este proceso asegura la continuidad de la información genética de padres a hijos, a través de las generaciones. Por otro lado, gracias a la replicación ha sido posible la continuidad de la vida desde nuestros ancestros hasta los organismos actuales, entre ellos, los seres humanos.



La perpetuación de la vida también depende de la replicación.

#### 4.1 Hipótesis sobre los mecanismos de la replicación

El mecanismo de la replicación ha tenido al menos tres explicaciones o hipótesis: la replicación conservativa, la semiconservativa y la dispersiva.

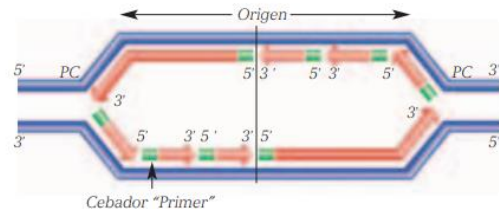
**Conservativa:** este modelo presenta una doble hélice original que permanece intacta, formándose una doble hélice completamente nueva.

**Semiconservativa:** cada molécula nueva de ADN está formada por una cadena nueva o recién sintetizada y una cadena antigua u originaria.

**Dispersiva:** en este modelo la vieja molécula se rompe y las nuevas moléculas se construyen con precursores viejos y nuevos.

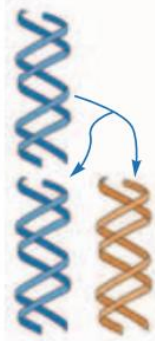
A partir de las investigaciones científicas, se logró determinar que la **replicación del ADN es semiconservativa**, ya que cada molécula de ADN está formada por su hebra original y otra hebra nueva o recién sintetizada.

Además, la **replicación es bidireccional**, esto quiere decir que, a partir de un punto de origen, se replican ambas hebras de ADN. Los extremos de cada una de las hebras son denominados 5'-P (fosfato) y 3'-OH (hidroxilo) y las dos hebras se alinean en direcciones inversas (una en sentido 5'→3' y la complementaria en el sentido inverso). En los organismos eucariontes existen varios puntos de origen de replicación y este proceso ocurre siempre en el sentido 5'→3'.

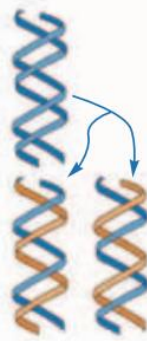


Replicación bidireccional.  
PC = Punto de crecimiento. (horquilla de replicación).

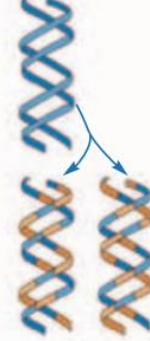
Replicación conservativa



Replicación semiconservativa



Replicación dispersiva



Las tres hipótesis de la replicación.

#### Biología@net

Conéctate a la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B4021. Luego, explica a tus compañeros los experimentos de Messelson y Stahl que determinaron el mecanismo real por el que el ADN se replica.

Recuerda que las direcciones y sus contenidos pueden cambiar.

## 4.2 Proceso de replicación

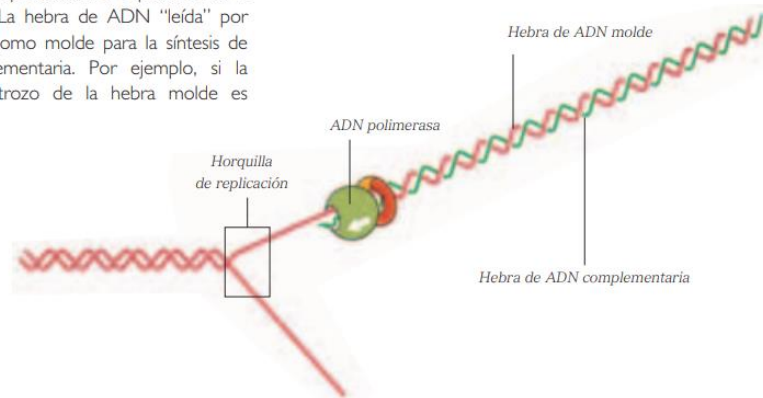
¿Cómo ocurre la replicación? En este proceso intervienen varias enzimas que lo facilitan. El proceso se inicia con la **descondensación de la cromatina**: a medida que el ADN se separa de sus histonas (proteínas sobre las cuales se enrolla el ADN), comienzan a unirse al material genético las enzimas que iniciarán la replicación propiamente tal.

La separación de las hebras de ADN se produce gracias a unas enzimas llamadas **girasa** y **helicasa**. Al separarse, las hebras forman estructuras en forma de Y, llamadas **horquillas de replicación**, a través de las cuales se desplazan las enzimas que catalizan la replicación del ADN.

La principal enzima que cataliza la replicación es la **ADN polimerasa**. La hebra de ADN "leída" por esta enzima sirve como molde para la síntesis de una hebra complementaria. Por ejemplo, si la secuencia de un trozo de la hebra molde es

AATCTCGAG, la enzima "leerá" esta secuencia y sintetizará la secuencia complementaria: TTAGAGCTC. La ADN polimerasa actúa gracias a una serie de pequeños segmentos de **ARN "cebadores"**, complementarios al ADN correspondiente y que se unen a sus nucleótidos. Al finalizar la replicación, estos fragmentos son retirados por la ADN polimerasa.

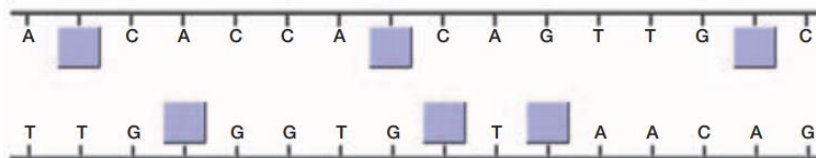
¿En todos los seres vivos la replicación es igual? Se ha observado que las bacterias y virus tienen un solo origen de replicación; en cambio, en cada uno de los cromosomas de un mamífero, existen numerosos orígenes de replicación, por lo que el proceso ocurre simultáneamente en varios puntos, lo que permite que la replicación de un cromosoma completo ocurra en pocos minutos.



### Actividad 10

### COMPRENDER

- a. A partir del siguiente esquema de ADN, coloca las bases nucleotídicas que faltan en los recuadros.



- b. Luego, escribe el producto de la replicación, señalando cuáles son las nuevas hebras de ADN sintetizadas a partir de cada hebra molde.

### 4.3 Fidelidad de la replicación

¿Se equivoca el mecanismo de replicación? A pesar de la alta velocidad de este proceso, este es altamente eficiente, pues muchos **errores de la replicación** son corregidos.

Como sabes, el ciclo celular se divide, generalmente, en cuatro etapas: M (mitosis), G1, S (síntesis de ADN) y G2. Durante la etapa G1, la célula "chequea" sus condiciones para dividirse, tales como el tamaño y el estado del ADN. Durante la etapa S, tiene lugar la replicación del ADN. Luego, durante etapa G2 la "maquinaria de reparación" del ADN repara los errores que podrían haber ocurrido durante la replicación. De esta manera, si durante la replicación se han acumulado suficientes errores, la etapa G2 se alarga, hasta que el ADN esté en condiciones de continuar el ciclo celular.

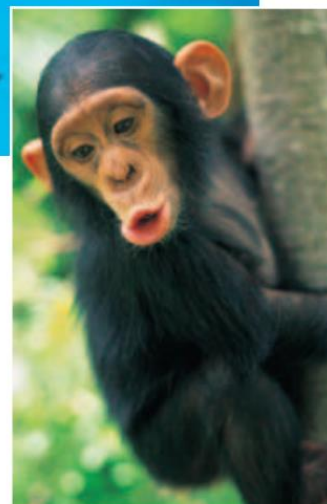
Los mecanismos que aseguran una correcta replicación dependen de la acción de la ADN polimerasa, que va corrigiendo errores a medida que sintetiza la nueva hebra, y de otras enzimas de reparación que corrigen los errores. Si una base nucleotídica ha quedado mal apareada en la doble hebra, enzimas especiales de reparación reconocen la deformación que se produce en el ADN y corrigen este error. Por ejemplo, si una secuencia de la hebra molde es AATTGTAA y en la hebra nueva se ha sintetizado TTAAGATT, entonces ha ocurrido un error de replicación, pues se ha incorporado G en la quinta posición, en vez de C. Este error es corregido por las enzimas de reparación, considerando la información de la hebra molde.

Los errores de replicación que no son detectados constituyen una fuente importante de variación genética: las mutaciones, necesarias para que tenga

lugar la evolución. Los efectos de las mutaciones tienen relación con el tipo de organismo y las condiciones que los rodean: algunas mutaciones pueden ser favorables, otras desfavorables y muchísimas neutras.



■ A lo largo del tiempo, las mutaciones, entre otros factores, han favorecido la evolución de las especies.



### Biologí@net

Conéctate a la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B4023. Encontrarás de la replicación, en inglés. Obsérvalas e intenta, con lo que ya conoces, traducir las explicaciones.

Puedes presentar este trabajo como un proyecto entre los subsectores de inglés y biología.

Recuerda que las direcciones y sus contenidos pueden cambiar.

## 5 Lectura y traducción del mensaje de los genes

¿Cómo se interpreta la información contenida en los genes? De acuerdo a lo estudiado hasta ahora, queda claro que el intermediario entre el ADN y las proteínas es el ARN, que “transporta” la información genética hasta los sitios de síntesis de proteínas. El “mensaje” de los genes es “leído” en el núcleo y transformado en un mensaje de ARN. El ARN se traslada desde el núcleo al citoplasma celular y su mensaje es leído, pero esta vez para sintetizar una cadena de aminoácidos, es decir, una proteína. De esta manera, **el ADN contiene información que determina primero el tipo de ARN y luego el tipo de proteínas sintetizadas.**

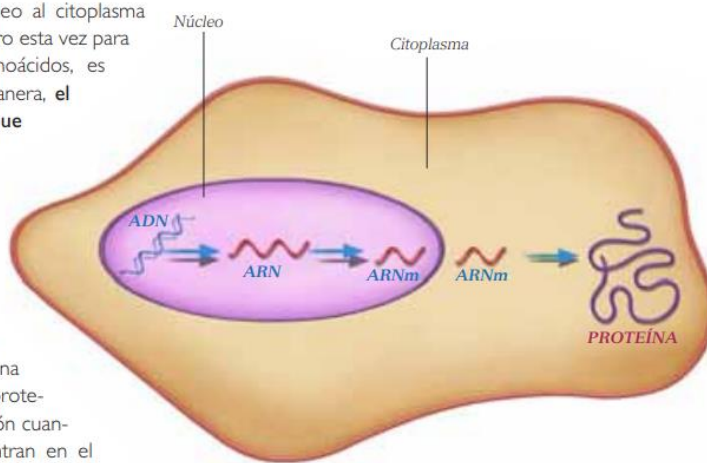
### 5.1 Transcripción

Se conoce como **expresión génica** al proceso por el cual se lee un gen para producir una molécula de ARN y luego una proteína. Los genes inician su expresión cuando las enzimas que se encuentran en el núcleo forman una molécula de ARN, con el mensaje genético del ADN, proceso conocido como **transcripción**.

¿Qué determina el inicio de la transcripción? Para que esto ocurra, deben existir señales al interior de la célula que indiquen qué genes deben expresarse. Por ejemplo, la hormona del crecimiento estimula la expresión de genes que codifican proteínas y enzimas involucradas en la proliferación de algunos tipos celulares en nuestro cuerpo.

La transcripción es un proceso complejo que ocurre en varias etapas, y en el que participan muchas enzimas. Esta maquinaria de enzimas lee la secuencia de ADN contenida en un gen y, a la vez, sintetiza una molécula de ARN complementaria. Esto quiere decir que cuando en la secuencia de ADN

existe una C (citósina), la maquinaria enzimática agrega una G (guanina) a la molécula de ARN en formación, y viceversa. Si existe una T (timina) en la molécula de ADN, agrega una A (adenina) en la de ARN. Sin embargo, como en el ARN no existe timina (T) sino que uracilo (U), la secuencia TAAGCCG será transcrita como AUUCGGC en el ARN respectivo.



La información genética está almacenada en el núcleo, donde es leída, llegando luego al citoplasma para ser interpretada.

### Actividad 11

### APLICAR

A partir de la siguiente secuencia de ADN:

**ACTCGCGTAAATCAGCCGCGGTA**

- Escribe la secuencia de la hebra de ADN complementaria.
- Escribe la secuencia del ARNm que se formaría a partir de la hebra de ADN original.

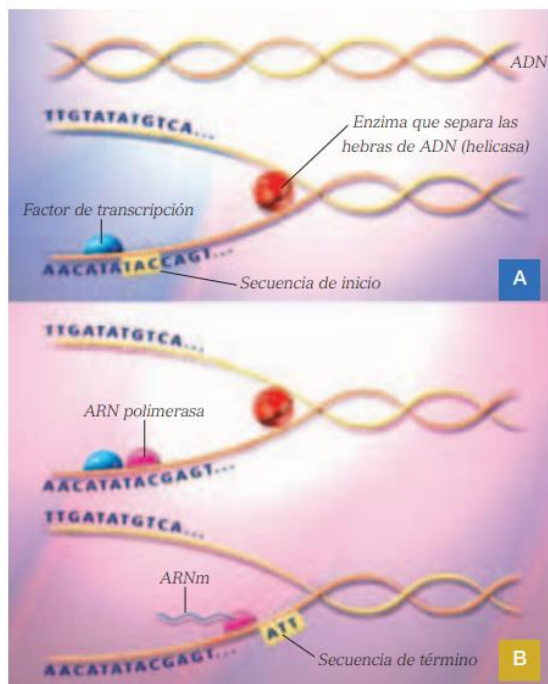
La molécula de ARN experimentará algunas transformaciones antes de salir del núcleo de la célula, proceso denominado **maduración**. Como la molécula de ARN resultante de la transcripción lleva un "mensaje" genético desde el núcleo al citoplasma, a este tipo de ARN se le ha denominado **ARN mensajero** o simplemente **ARNm**.

El ADN que va a transcribirse debe ser "leído" pero, como en el núcleo este se encuentra enrollado y asociado a proteínas (las histonas), la primera etapa de la transcripción consiste en la **descondensación de la cromatina**.

Una vez que el ADN se encuentra en estado "laxo", comienzan a actuar las mismas enzimas que participaron en la replicación, girasa y helicasa, que producen la **separación de las hebras de ADN**. Al mismo tiempo, proteínas especiales "detectan" la

localización de un gen, uniéndose a una región cercana al **sitio de inicio**. Este sitio está constituido por la secuencia de tres nucleótidos: **TAC**, y a esta región cercana se le denomina región TATA o caja TATA. Estas proteínas se denominan **factores de transcripción**, y facilitan la actividad de las enzimas de transcripción.

Una vez que el factor de transcripción se ha unido a una región cercana al gen, la enzima **ARN polimerasa** inicia la lectura del ADN y la síntesis del ARNm complementario. El nombre de esta enzima refleja su función: sintetizar polímeros de ARN. La ARN polimerasa comienza la síntesis de ARN a partir de la lectura de la secuencia TAC y finaliza al llegar a una secuencia de término, conformada por alguno de los siguientes trinucleótidos: **ATT**, **ACT** o **ATC**.



**A.** En la transcripción, la enzima **girasa** desenrolla y la **helicasa** separa las hebras de ADN; y un factor de transcripción se une a una de las hebras de ADN, cerca de la secuencia de inicio.

**B.** Luego, la **ARN polimerasa** comienza la síntesis del ARNm, hasta llegar a una secuencia de término.

## 5.2 Código genético

¿Cómo se encuentra "escrita" la información en los genes? La información genética está definida por las diferentes bases nucleotídicas del ADN. Así, en una secuencia de ADN existen "palabras" formadas por la combinación de los cuatro nucleótidos (A, T, C y G).

En los seres vivos existen **20 aminoácidos** diferentes, a partir de los cuales se forman las diferentes proteínas. Cada **aminoácido** está especificado o "**codificado**" por secuencias de tres nucleótidos en el ARNm, llamadas **codones**.

Como sabes, existen 4 tipos de nucleótidos y son 20 los aminoácidos necesarios para sintetizar las proteínas. Por lo tanto, las secuencias de ADN formadas por tres nucleótidos, deben ser suficientes como para codificar los veinte aminoácidos. Si los codones estuvieran formados por 2 nucleótidos, existiría un total de tan solo 16 codones diferentes ( $4^2$ ), por lo que no sería posible codificar cada uno de los aminoácidos. Sin embargo, al estar formados

por tres nucleótidos, el número de codones que se pueden formar son 64 ( $4^3$ ).

Cada codón contiene el código para un solo aminoácido y, como son solo 20 los aminoácidos, **cada aminoácido puede estar codificado por más de un codón**. Por este motivo, se dice que **el código genético es degenerado o redundante**.

El código genético nuclear es universal, ya que es el mismo en todos los seres vivos. Hace algunos años hubo una polémica sobre este tema, ya que algunas mitocondrias vegetales codifican para el aminoácido triptófano con el codón CGG, mientras que el código universal lo hace para arginina. El problema lo resolvió el "editing", proceso descubierto en 1985 en un protozoo, que conduce una modificación en la secuencia de nucleótidos del ARNm después de ser copiado, y se añaden, sustituyen o suprimen nucleótidos errados.

|                   |   | Segundo nucleótido                     |                                  |                                          |                                                |                  |  |
|-------------------|---|----------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|--|
|                   |   | U                                      | C                                | A                                        | G                                              |                  |  |
| Primer nucleótido | U | UUU } Phe<br>UUC<br>UUA } Leu<br>UUG   | UCU }<br>UCC } Ser<br>UCA<br>UCG | UAU } Tyr<br>UAC<br>UAA } Término<br>UAG | UGU } Cys<br>UGC<br>UGA } Término<br>UGG } Trp | U<br>C<br>A<br>G |  |
|                   | C | CUU }<br>CUC } Leu<br>CUA<br>CUG       | CCU }<br>CCC } Pro<br>CCA<br>CCG | CAU } His<br>CAC<br>CAA } Gln<br>CAG     | CGU }<br>CGC } Arg<br>CGA<br>CGG               | U<br>C<br>A<br>G |  |
|                   | A | AUU }<br>AUC } Ile<br>AUA<br>AUG } Met | ACU }<br>ACC } Thr<br>ACA<br>ACG | AAU } Asn<br>AAC<br>AAA } Lys<br>AAG     | AGU } Ser<br>AGC<br>AGA } Arg<br>AGG           | U<br>C<br>A<br>G |  |
|                   | G | GUU }<br>GUC } Val<br>GUA<br>GUG       | GCU }<br>GCC } Ala<br>GCA<br>GCG | GAU } Asp<br>GAC<br>GAA } Glu<br>GAG     | GGU }<br>GGC } Gly<br>GGA<br>GGG               | U<br>C<br>A<br>G |  |

### Actividad 12 INTERPRETAR

- Reúnete con un compañero o compañera y desarrollen las actividades enunciadas en la **página 50** del texto, en relación con la secuencia del gen de la hormona del crecimiento (página 51).

El código genético corresponde a cada codón de ARNm y constituye el "diccionario" que indica qué aminoácido corresponde a cada codón de ARNm.

### 5.3 Maduración del ARNm

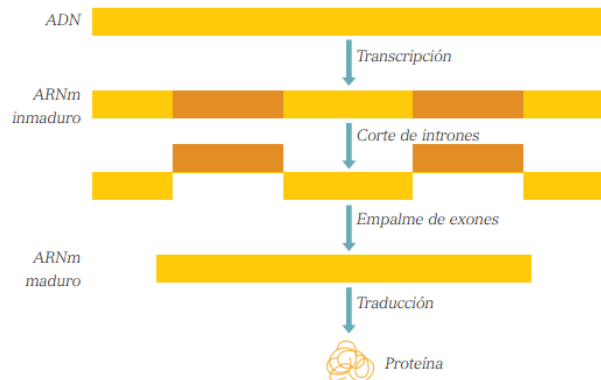
El proceso de maduración del ARNm solo ha sido observado en eucariontes, en donde los ARNm recién sintetizados o transcritos forman complejos con proteínas nucleares, ribonucleoproteínas, que pueden desempeñar una función básica en el mecanismo de cortar y empalmar el ARN y, por lo tanto, regular la expresión génica.

De acuerdo a esto se puede establecer que el ARNm recién transcrito no es igual al ARNm que se usa finalmente para formar las proteínas. El ARNm original posee dos zonas claramente definidas: una zona donde existen segmentos que no participan en la síntesis de proteínas, llamados **intrones**, que son eliminados por las enzimas de restricción que se encuentran en el núcleo, que funcionan como verdaderas tijeras y cortan el ARNm exactamente en el lugar correcto.

Las otras zonas de la cadena contiene los segmentos que participan en la síntesis de proteínas, que se llaman **exones**, y que son unidos entre sí por enzimas presentes al interior del núcleo. Por lo tanto, existe un sofisticado siste-

ma de **corte de intrones y empalme de exones**, que finalmente determina una molécula de ARNm madura, más corta que la original, pero con capacidad de traducción.

¿Existen otras modificaciones? Una de las más importantes es la **poliadenilación**. Esta consiste en agregar una larga secuencia de nucleótidos adenina, que se denomina **cola poliA**. Esta cola es una señal para permitir la exportación del ARNm al citoplasma.



Representación del proceso de corte de intrones y empalme de exones. En el esquema, los intrones aparecen representados de color naranja y los exones, de color amarillo.

#### ANTES DE SEGUIR...

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno.

- 1) ¿Por qué es importante la replicación del ADN? Indica dos aspectos.
- 2) Después de la replicación, sigue la etapa G2 del ciclo celular. ¿Cuáles son los riesgos de una etapa G2 corta, en oposición a una etapa G2 larga?
- 3) Explica cómo ocurre el proceso de replicación del ADN, indicando las enzimas que participan.

- 4) ¿De qué manera ocurre el proceso que permite interpretar la información que contienen los genes?, ¿cómo se denomina este proceso?
- 5) Explica por qué se dice que el código genético es degenerado o redundante.

#### Otra forma de aprender

- Inventa una historieta sobre la replicación del material genético y su relación con la transcripción. Antes de realizarla, escribe todos los componentes de la historia y luego... ¡manos a la obra! Puedes hacerla con un compañero o compañera.

## 6 Síntesis de proteínas

¿Cómo se traduce la información para formar una nueva proteína?, ¿qué importancia tiene este hecho para la vida de la célula?, ¿qué estructuras u organelos participan en la traducción? Después que el ARNm ha madurado y ha salido del núcleo, tiene lugar la síntesis de proteínas a partir de la lectura del ARNm. A este proceso se le denomina **traducción**, la última etapa de la expresión génica.

¿En qué lugar del citoplasma ocurre la traducción? En los organelos llamados **ribosomas**, los que se encuentran formados por ARN ribosomal (ARNr) asociado a proteínas y que tienen la función de leer el ARNm e interpretarlo, para la formación de nuevas proteínas.

Estos organelos, debido a su reducido tamaño (29 nm en células procariontes y 32 nm en eucariontes), solo son visibles al microscopio electrónico y se observan como estructuras densas y redondeadas. Están en prácticamente todas

las células vivas, y estructuralmente tienen dos subunidades: una grande y una pequeña. En las células, pueden estar aislados o formando grupos y también asociados al retículo endoplasmático rugoso o a la membrana nuclear.

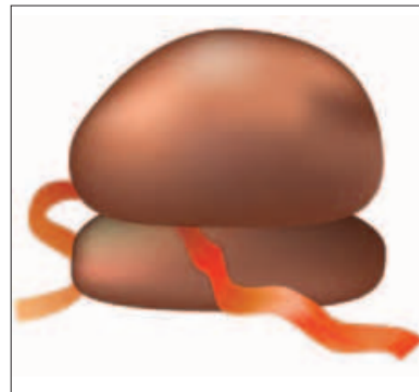
¿De qué manera ocurre la traducción? A través del ribosoma se desplaza la molécula de ARNm que contiene la información para la síntesis de proteínas. A su vez, en el ribosoma ocurre la lectura de cada uno de los codones del ARNm.

Es frecuente observar **polirribosomas** en el citoplasma. Estos no son otra cosa que una sola hebra de ARNm con varios ribosomas leyéndola, con lo que se producen varias proteínas del mismo tipo en corto tiempo.

El primer codón leído es el AUG. Este codón codifica para el aminoácido metionina, aminoácido que se encuentra en el inicio de todas las proteínas y, además, en la estructura interna de algunas, en diferentes posiciones. La traducción del ARNm termina al ser leído uno de los codones de término: UAA, UGA o UAG.

### Biología@net

Conéctate a la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B4028. Encontrarás una actividad de traducción del material genético y unas preguntas que debes contestar en tu cuaderno.



Ribosoma con hebra de ARNm, que es interpretado en este sitio.

## 6.1 Mecanismo de la traducción

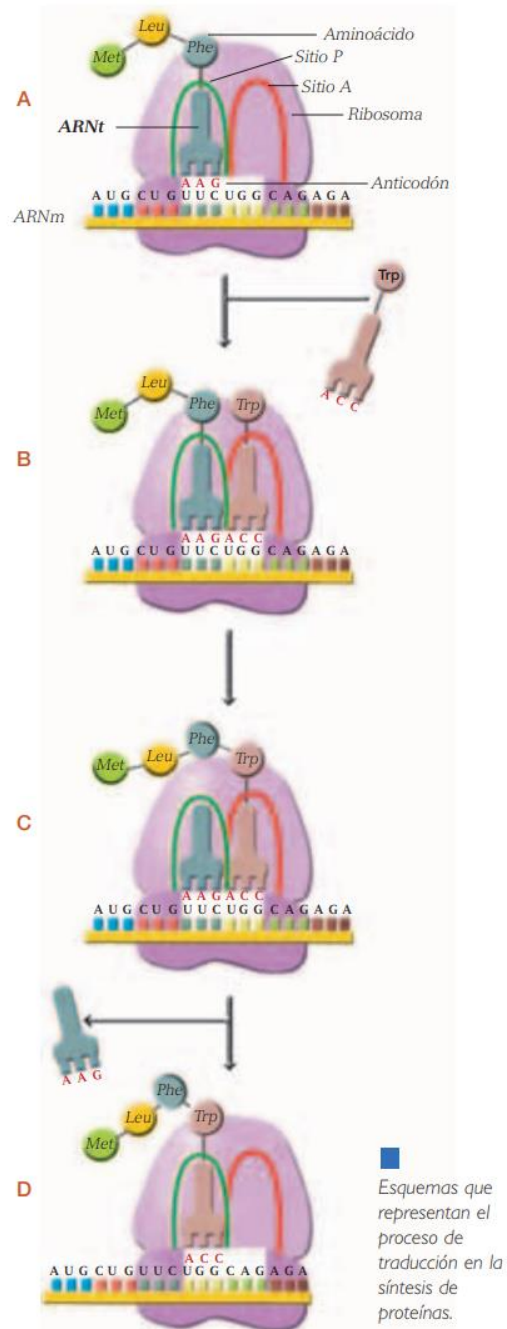
¿Cuáles son las etapas de la traducción? Antes de que ocurra la polimerización o unión de los aminoácidos que forman la proteína, estos se activan uniéndose por su extremo carboxilo a una molécula de ARN capaz de “traducir” el mensaje de los codones para formar una proteína. Este ARN recibe el nombre de **ARN de transferencia** o **ARNt**. La subunidad mayor del ribosoma tiene dos sitios: el peptidil (P) y el aminoacil (A). El sitio P es ocupado por el ARNt iniciador unido a la metionina y de esta manera se forma el **complejo de iniciación**.

Los ARNt se unen a un codón específico a través de una de sus regiones, llamada **anticodón**. Esta unión se realiza por complementariedad de bases, es decir, un ARNt que se une al codón AUG lo hace a través de una región que contiene la secuencia UAC (anticodón). Cada molécula de ARNt contiene un solo anticodón

Además del anticodón, el ARNt presenta una región a través de la cual se une a un aminoácido específico, entre todos los que se encuentran dispersos en el citoplasma. Este aminoácido está especificado por el codón al que se unirá el anticodón. Por ejemplo, si una molécula de ARNt presenta un anticodón UAC, entonces se unirá al codón AUG y, además, se unirá al aminoácido metionina.

Al llegar dos ARNt a la subunidad mayor del ribosoma, se genera una región donde se produce la formación del enlace peptídico, esta región recibe el nombre de **sitio catalítico**, con lo que se forman las cadenas de aminoácidos.

Pero ¿cuántas moléculas de ARNt existen? Como existen 64 codones diferentes, existen también 64 moléculas de ARNt, cada una con un anticodón diferente. La unión codón-anticodón no está catalizada por enzimas, sino que ocurre “espontáneamente”; en cambio, la unión del aminoácido al ARNt es catalizada por un grupo de enzimas denominadas aminoacil **ARNt sintetasa**.



¿Qué factores provocan mutaciones? ¿las mutaciones son heredables? Algunas mutaciones pueden alterar la estructura de grandes trozos de ADN, como cuando ocurre la **eliminación de un trozo completo de un cromosoma**, involucrando la pérdida de millones de nucleótidos a la vez. Otras alteraciones cromosómicas involucran un **cambio en la posición de un trozo de ADN**, lo cual puede cambiar el funcionamiento de los genes contenidos en este segmento. Se denomina **mutación cromosómica** al cambio en la estructura de los cromosomas. Por otro lado, las **mutaciones puntuales** corresponden, habitualmente, a un cambio **de un nucleótido** (o unos pocos). Existen mutaciones puntuales que alteran el tipo de nucleótido que se encuentra en un segmento de ADN. A estos tipos de mutaciones de **reemplazo de nucleótidos** se les denomina **sustituciones**.

Actualmente, se observa con frecuencia que existen agentes que provocan daños a la salud, como el tabaco, que puede producir cáncer. Este es un claro ejemplo de que algunos componentes ambientales pueden alterar los genes, en este caso, los que controlan la división celular; por lo que un grupo de células dejan su tasa normal de crecimiento y se dividen aceleradamente.

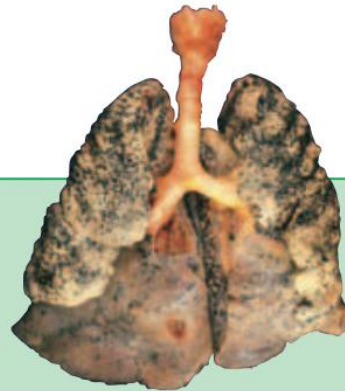
¿Todas las mutaciones se heredan? Numerosas mutaciones pueden originarse en las células somáticas, y **estas se transmiten a las células hijas, no a la descendencia**. En cambio, cuando las mutaciones afectan el genoma de los gametos de los progenitores, esta alteración puede ser transmitida a su descendencia.



### REFLEXIONA

En Chile, la muerte por cáncer pulmonar es de 17 por 100.000 personas, constituyéndose en la segunda causa de muerte por cáncer, después del cáncer de estómago. En Asia muere una persona por minuto de cáncer pulmonar. ¿Qué opinas de estos datos?, ¿cómo podrían revertirse?

*Pulmones de fumador, que padecía cáncer en estos órganos.*



## 7.1 Agentes mutágenos

¿Cómo se originan las mutaciones? Diversos agentes, llamados **agentes mutágenos**, pueden inducir una alteración en la información genética. La mayoría de estos agentes actúan produciendo un **daño directo sobre las secuencias nucleotídicas**, o bien, provocando el **quiebre o fractura de los cromosomas**. En otros casos, los agentes mutágenos actúan de manera indirecta, alterando la eficacia de la maquinaria de reparación de daño sobre el ADN que existe en cada célula.

¿Cómo se clasifican los agentes mutágenos? Se pueden clasificar en tres grandes categorías: los agentes químicos, las radiaciones ionizantes y los agentes biológicos.

Los **agentes químicos** se encuentran en diferentes alimentos y sustancias de uso cotidiano, como el tabaco, algunos colorantes, contaminantes ambientales, como las dioxinas liberadas al aire y los pesticidas, y el ácido acético presente en el vinagre. Estos agentes pueden modificar los nucleótidos del ADN. También existen sustancias químicas producidas por nuestro propio cuerpo que producen mutaciones, como el peróxido de hidrógeno o agua oxigenada, que es un desecho metabólico y que tiene la capacidad de oxidar el ADN.

La **radiación ionizante** la recibimos diariamente en bajos niveles desde el sol y la tierra, producto de la liberación de gas radón radiactivo que escapa de nuestro planeta. Los residuos radiactivos de pruebas nucleares, de ciertos productos de consumo y de materiales radiactivos liberados desde hospitales y desde plantas asociadas a la energía nuclear y a las de carbón pueden eventualmente provocar mutaciones, así como la exposición prolongada a los efectos solares.

Los **agentes biológicos** que pueden provocar mutaciones son los virus y las bacterias. Uno de los más frecuentes es el grupo de virus del papiloma humano (HPV), que se transmite por vía sexual y produce cáncer del cuello del útero en la mujer y cáncer del glande en el hombre.



Agentes químicos



La exposición sin protección a la radiación solar puede provocar enfermedades.



### Actividad 14

### INVESTIGAR

- Junto a tu compañero o compañera de banco, investiguen sobre distintos tipos de cáncer y confeccionen una cartilla de información para compartirla con el curso o ponerla en el diario mural de la sala. Recuerden considerar las medidas de prevención posibles de adoptar para evitar estas enfermedades.

## 8 Biotecnología: manipulación del material genético

¿Qué es la biotecnología?, ¿Cómo influye en nuestras vidas? A través de los medios de comunicación escuchamos continuamente este concepto y, en términos simples, podríamos decir que la **biotecnología** es la relación entre biología y tecnología. Hemos estado vinculados a ella desde hace mucho tiempo ya que, por ejemplo, un simple yogur es producido con técnicas biotecnológicas, ya que se manipulan bacterias para producir una sustancia comestible.

Hoy en día la biotecnología ha cambiado y usualmente tiene como objetivo el diseño de procedimientos para la **modificación genética** de los organismos. La biotecnología permite a los científicos aprender más acerca de los procesos celulares, entre ellos la herencia y la expresión de los genes. La biotecnología también ofrece una mejor comprensión y tratamiento de las enfermedades, en particular de los trastornos genéticos y, además, ofrece ventajas económicas y sociales, como la producción eficiente de alimentos, medicamentos, vestimenta, etcétera.

Entre los procedimientos utilizados por esta disciplina para manipular la información genética se encuentra la **tecnología del ADN recombinante**. Este procedimiento se basa en la incorporación de genes de una especie en parte del **genoma** (conjunto de genes) de otra especie. De esta manera, una característica presente en una especie puede ser “incorporada” en organismos de otra especie. A los organismos que han sido modificados a través de esta práctica, se les denomina “**organismos transgénicos**”.



Una de las técnicas biotecnológicas más antiguas: obtención de yogur.



La biotecnología ha permitido obtener alimentos con mejores características productivas.

### Biología@net

Conéctate a la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) e ingresa el código 10B4032. Luego, desarrolla la actividad de reproducción por biopropagación que se propone. Expón tus resultados al curso.

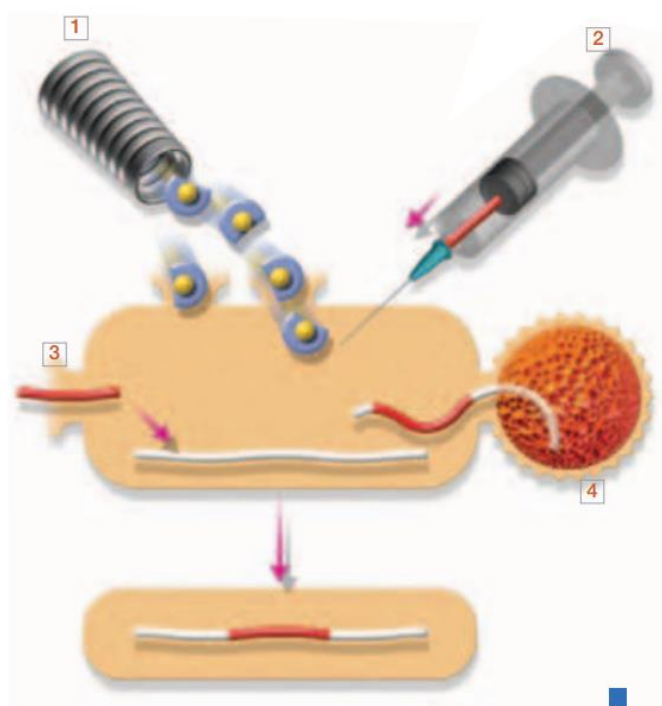
Recuerda que las direcciones y sus contenidos pueden cambiar.

## 8.1 Origen de los organismos transgénicos

¿Cómo se recombina el material genético desde diferentes organismos? Se sabe que esto ocurre naturalmente mediante la reproducción sexual, la infección viral y la transformación bacteriana y este es un principio que los científicos han considerado para desarrollar técnicas de modificación del ADN.

El proceso se realiza con el aislamiento del gen que se desea incorporar a un organismo. Para esto se usan **enzimas de restricción**, de origen bacteriano, capaces de reconocer secuencias cortas de ADN y cortarlo en lugares específicos.

Una vez que el gen ha sido aislado de las células, es necesario **multiplicar su número de copias**. Para esto, **el gen aislado es incorporado al citoplasma de bacterias**, lo que se logra adicionando el ADN a medios de cultivo bacteriano. Cada vez que una bacteria se divide, replica también el gen incorporado, de manera que a partir de unas pocas copias del gen, se obtienen cientos de miles de nuevas copias. Las copias obtenidas del gen son extraídas desde las bacterias, para ser introducidas en las células del organismo que se desea manipular genéticamente. Actualmente, y como se muestra en el esquema, existen diversas técnicas para introducir las copias del gen en las células receptoras.



Representación de cuatro maneras de incorporar un gen en una célula.

## 8.2 Aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante

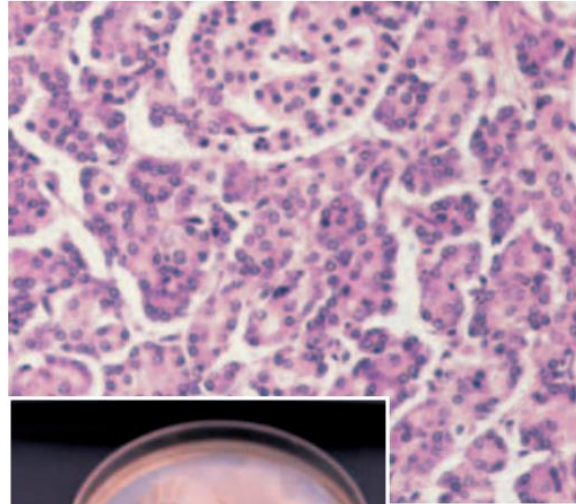
¿Qué ocurre con el ADN manipulado en la célula y el organismo? Esto depende del momento en que se produzca la intervención. Si la incorporación del gen se realiza en **unas pocas células de un organismo ya adulto**, entonces el gen foráneo se encontrará **en todas las células hijas de aquellas que llevan consigo dicho gen**. En cambio, si esta célula corresponde a **un huevo fecundado**, entonces el **gen incorporado se encontrará en todas las células del organismo adulto**. Pero ¿qué sucede con estos genes foráneos en las células receptoras y en sus células hijas?

La tecnología del ADN recombinante presenta una gran gama de posibilidades de **mejoramiento de plantas y animales para beneficio del ser humano**. Por ejemplo, pueden incorporarse genes que codifiquen una proteína, en bacterias o en animales, de manera que los organismos transgénicos pueden transformarse en verdaderas "fábricas" de proteínas de nuestro interés, como, por ejemplos en la producción de insulina para los diabéticos.

Por lo tanto, la biotecnología tiene **aplicaciones médicas**, ya que con la tecnología de ADN recombinante, se pueden tratar enfermedades. En estos casos, se introducen genes normales en células de tejido alterado, con el fin de atenuar el efecto de los genes anómalos. A este tipo de terapia, que se basa en la manipulación de la información genética, se le denomina **terapia génica**.

¿Cómo se introducen genes normales en tejidos alterados humanos? El paciente entrega células propias que son mantenidas en cultivos celulares. En estos cultivos se les incorporan los genes sanos y luego estas células modificadas se reincorporan al tejido original. Esta técnica parece bastante simple, pero en la práctica ha sido muy dificultosa, ya que uno de los principales problemas ha sido la contaminación de los cultivos celulares. En el caso de las

personas diabéticas, quizá no sea necesario producir insulina sino que se podría inyectar ADN sano a las células del páncreas para que estas produzcan la insulina faltante y así eliminar definitivamente el daño que produce su ausencia, mejorando la calidad de vida de los pacientes.



Las células pancreáticas se modifican con la técnica del ADN recombinante.

8.3 Beneficios de los productos transgénicos: controversia abierta

Los productos transgénicos ¿son tan beneficiosos como los productos naturales? Si bien la biotecnología permite el mejoramiento de ciertas características de plantas y animales, se debe tener en consideración que **los productos transgénicos son artificiales**, por lo tanto, aún queda por establecer si constituyen algún tipo de riesgo para nuestra salud.

Uno de los problemas que se ha detectado en los animales y plantas transgénicos es el efecto de los genes insertados sobre el metabolismo de las células. Una nueva proteína, por ejemplo, podría eventualmente producir una alteración en las vías metabólicas de la célula, generándose un conjunto de nuevos compuestos químicos que no se encuentran de manera natural en estos organismos.

En este sentido, los alimentos transgénicos seguirán abriendo discusiones pues, si bien presentan aspectos muy positivos, como la alta producción y la calidad a menor costo, hoy se sabe que entre sus efectos existen proteínas que pueden ser dañinas, como es el caso de los **priones**, proteínas capaces de desnaturalizar otras proteínas. Los priones son partículas patógenas y transmisibles que producen enfermedades que afectan el sistema nervioso central, denominadas encefalopatías espongiformes transmisibles.

Otro aspecto relacionado, es el impacto que se puede producir sobre el ecosistema, donde grandes extensiones de terreno han sido utilizadas para el cultivo de plantas transgénicas, por lo que algunos ecologistas han planteado la necesidad de estudiar el impacto que podrían tener sobre el ambiente los cultivos de estas plantas.

TABLA 1.1 GENES UTILIZADOS EN PLANTAS TRANSGÉNICAS Y LOS CARACTERES QUE LES CONFIEREN

| Tipo de gen utilizado en transgénesis                                                         | Carácter que confiere a la planta   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Toxina de <i>Bacillus thuringensis</i> .                                                      | Resistencia a insectos.             |
| Proteína de la cubierta viral.                                                                | Resistencia a virus.                |
| Quitinasas, glucanasas de plantas y otros organismos.                                         | Resistencia a hongos.               |
| Lisozima humana y de cerdo. Otros péptidos bactericidas.                                      | Resistencia a bacterias.            |
| Genes cuyos productos afectan la biosíntesis de aminoácidos, o la fotosíntesis.               | Resistencia a herbicidas.           |
| Genes cuyos productos afectan la biosíntesis del etileno, o la formación de la pared celular. | Retraso en la maduración de frutos. |

## 9 Proyecto Genoma Humano

¿En qué consiste este proyecto? El genoma humano corresponde a todos los nucleótidos que tiene un ser humano y este proyecto pretende determinar la secuencia completa de nucleótidos que componen los 23 pares de cromosomas.

El Proyecto Genoma Humano (PGH) comenzó en 1989, y ha involucrado a unos veinte centros de investigación en todo el mundo. El proyecto concluyó en más del 95% en febrero del año 2001, arrojando interesantes resultados, y también dejando abierto un gran número de interrogantes y potenciales aplicaciones médicas.

El éxito del proyecto se debe, en parte, al avance tecnológico desarrollado por científicos de diversas áreas. Uno de estos avances corresponde a la construcción de máquinas diseñadas para la **secuenciación automatizada del ADN**. A través de esta tecnología, un lector especial es capaz de registrar cientos de nucleótidos en pocos minutos.

¿Qué importancia tiene conocer la secuencia de ADN de todos los cromosomas humanos? Conociendo estas secuencias, los científicos podrían identificar muchas proteínas hasta ahora desconocidas y, por otra parte, este logro podría permitir en poco tiempo detectar genes vinculados a enfermedades, lo que permitiría su oportuno diagnóstico y tratamiento.

Después de obtenida la secuencia de nucleótidos del genoma humano se abrió otro capítulo en la investigación biológica: la **proteómica**, una nueva disciplina que busca describir las proteínas que actúan en nuestro cuerpo en base a los resultados del PGH. ¿Qué efectos tendrá, a tu juicio, la aplicación de este nuevo conocimiento en el mejoramiento de la calidad de vida de la población mundial? Dado el gran valor que tiene este conocimiento, ¿qué importancia tiene la regulación del uso de esta información?



Fotobanco

La determinación del lugar que ocupan los nucleótidos en los genes es fundamental para entender el comportamiento de ciertas proteínas.



### REFLEXIONA

El PGH tuvo como propósito determinar la secuencia completa del genotipo de nuestra especie. El descubrimiento de los genes responsables de enfermedades en el ser humano hará factible la creación de curas efectivas, que podrán ser aplicadas incluso antes que el individuo nazca, mediante diagnósticos más ciertos que los actuales. No obstante, es importante reconocer las desventajas que generaría el conocimiento acabado del código de la vida y su utilización como herramienta discriminatoria al conocerse de antemano las potencialidades de una persona o la susceptibilidad a ciertas patologías. Comenta con tus compañeros y compañeras.

## 10 Proteínas con función catalítica: las enzimas

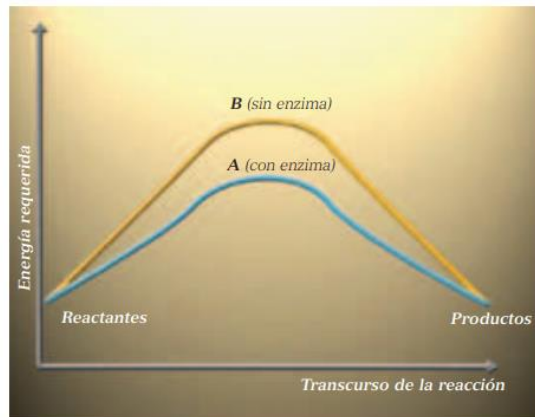
### Actividad 15

### ANALIZAR

Analiza el siguiente gráfico y luego responde las preguntas que se plantean a partir de él.

- ¿Qué sucede con la energía que se requiere para que ocurra la reacción en presencia de la enzima (A), en relación a la requerida en ausencia de esta (B)?
- ¿Qué puedes deducir de lo anterior?

GRÁFICO 1.1  
DIFERENCIAS EN LA ENERGÍA REQUERIDA EN REACCIONES CON Y SIN ACTIVIDAD ENZIMÁTICA



¿Todas las proteínas tienen una función catalítica?, ¿de qué depende la función de una proteína?, ¿qué importancia tiene el genoma en esta determinación? Como hemos visto, **las proteínas pueden tener funciones estructurales, funcionales y enzimáticas**. Estas funciones dependen fundamentalmente de la estructura tridimensional que adopten, es decir, de la forma que adopte la proteína en el espacio: puede ser globular, como una madeja desordenada, fibrilar o alargada, forma de barril, forma helicoidal, o una mezcla de estas formas. Como estudiaste al inicio de la unidad, la estructura de las proteínas se asocia con su función.

Existen muchas proteínas que participan en el metabolismo celular, permitiendo la obtención de energía por parte de la célula o la producción de otros compuestos químicos fundamentales para el funcionamiento celular en particular, y del organismo en general. Estas proteínas son las **enzimas**.

Las enzimas son las moléculas encargadas de acelerar las reacciones químicas que ocurren en las células. Sin la acción de las enzimas las reacciones químicas serían extremadamente lentas, y se alteraría todo el sistema. La actividad enzimática de acelerar las reacciones químicas se denomina **actividad catalítica**.

En los enlaces químicos existe gran cantidad de energía química, que une fuertemente a los átomos. Para que ocurran la mayoría de las reacciones químicas en las células se requiere cierta cantidad de energía, a la que se le denomina energía de activación. Entonces, el rol de las enzimas consiste en **disminuir la energía de activación** necesaria para que se lleven a cabo las reacciones químicas.



BIOLAB

Dirígete a la **página 52** y desarrolla la actividad que se propone.

## 10.1 Mecanismo de acción enzimática

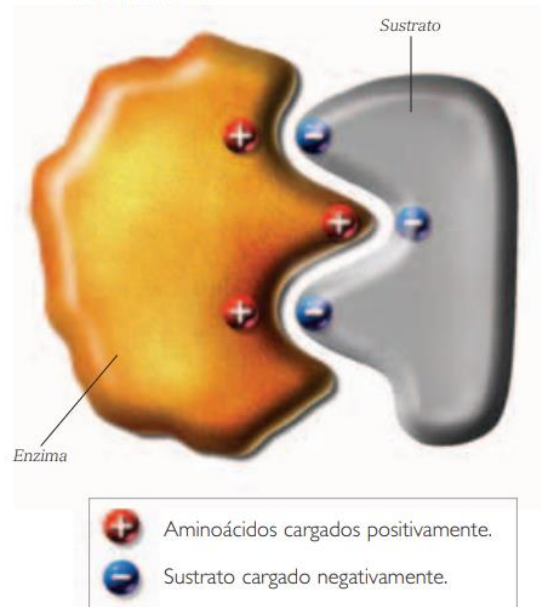
¿Cómo disminuyen las enzimas la energía de activación de las reacciones químicas? Para responder a esta pregunta es necesario conocer las características estructurales de las enzimas y analizar su forma de acción.

Como vimos anteriormente, las enzimas son un tipo especial de proteínas que se caracterizan por su actividad catalítica. Por lo tanto, las enzimas deben tener la capacidad de interactuar con las moléculas que van a ser transformadas en las reacciones químicas, es decir, con los **sustratos**. A las moléculas resultantes de la interacción enzima-sustrato, se les denomina **productos**.

En cada enzima es posible reconocer uno o más sitios estructuralmente aptos para el contacto con el sustrato. A estos sitios de la enzima se les denomina **sitios activos** y la unión con el sustrato está determinada por el tipo de **grupos radicales** que presentan en esta región de la enzima. Algunos radicales cargados positivamente, por ejemplo, se unen a los sitios eléctricamente negativos de la molécula del sustrato.

Por otro lado, el sitio activo presenta una estructura tridimensional particular, que favorece este tipo de interacción. Por lo tanto, cada enzima es capaz de reconocer un tipo de sustrato, con el que presenta afinidad a nivel del sitio activo, y cataliza, entonces, un tipo específico de reacción química. A esta propiedad de las enzimas se le denomina **especificidad enzimática**.

La unión de la enzima con el sustrato da como resultado una estructura llamada complejo **enzima-sustrato**. Esta unión dura un tiempo definido, unos pocos milisegundos, tiempo durante el cual ocurren importantes **cambios en la estructura tridimensional de la enzima, que facilitan la transformación del sustrato en producto**. Una vez que se origina el producto, la enzima puede seguir catalizando otras reacciones.



Esquema representativo de la unión de la enzima con el sustrato.

### Actividad 16

### INVESTIGAR Y COMUNICAR

1. Reunidos en grupos de 3 ó 4 integrantes, busquen información sobre el modelo de llave-cerradura que representa la interacción de una enzima con un sustrato. Pueden consultar su texto de Biología de Primer Año Medio, enciclopedias multimediales e Internet.
2. Reprodúzcan el modelo empleando diferentes materiales, como plastilina, papel lustre, etcétera.
3. Una vez que hayan confeccionado su modelo, adjúntenle una breve explicación y expónganlo al curso, junto con los de los otros grupos de trabajo.
4. Averigüen acerca de otros modelos de unión de las enzimas con los sustratos.

## 10.2 Actividad catalítica y cambio en la forma de la enzima

¿Cómo actúa la enzima en su actividad catalítica? El cambio de la estructura tridimensional de la enzima, durante el tiempo que dura la interacción enzima-sustrato, puede tener diversos efectos. Por ejemplo, la unión con el sustrato puede producir cambios en la carga eléctrica de alguna región de la enzima, cambiando su forma tridimensional de manera temporal. Este cambio de forma de la enzima **produce a su vez cambios en la estructura del sustrato**, alejando o acercando átomos dentro de la molécula, o bien cambiando la carga eléctrica en diferentes regiones del sustrato. Estos pequeños cambios en la estructura del sustrato, permiten disminuir la energía de activación de la reacción química.

En el caso de las **reacciones anabólicas**, la enzima puede facilitar el encuentro de dos monómeros y favorecer la formación de enlaces entre ellos (dímero).

En el caso de las **reacciones catabólicas**, los cambios en la forma de la enzima y del sustrato facilitarán el rompimiento de enlaces dentro de la molécula de sustrato.

¿Podría un cambio en los genes alterar la capacidad catalítica de una enzima?, ¿por qué? Puesto que todas las enzimas están codificadas por secuencias de ADN, el cambio en estas secuencias puede originar estructuras tridimensionales diferentes en las enzimas y, con ello, cambios en la función enzimática, que pueden ser perjudiciales para la supervivencia del organismo. A las enfermedades provocadas por defectos en las enzimas, debido a cambios en los respectivos genes, se les denomina **enfermedades metabólicas**.

### Biodatos

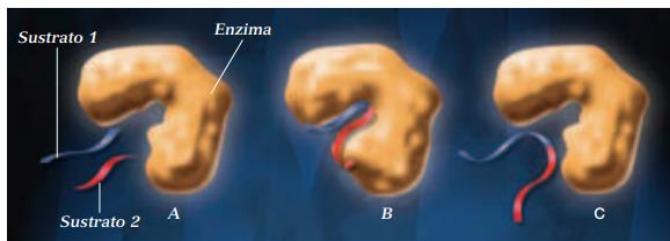
Las **reacciones anabólicas** son aquellas que utilizan energía "almacenada" en la célula para sintetizar moléculas complejas a partir de moléculas más simples. Las **reacciones catabólicas** tienen como resultado la formación de moléculas simples a partir de moléculas más complejas, liberándose energía en este proceso.

### Actividad 17

### ANALIZAR

Observa el esquema que representa la actividad catalítica de una enzima. Luego, responde las preguntas que se plantean a continuación.

- ¿Qué ocurre con la forma de la enzima en la situación B?
- ¿Qué efectos tiene el cambio de la forma de la enzima en la formación del producto?
- ¿Qué ocurre con la forma de la enzima una vez que ha ocurrido la reacción?



■ Representación de la actividad catalítica de una enzima.  
**A.** Enzima y sustratos 1 y 2.  
**B.** Enzima unida a los sustratos 1 y 2.  
**C.** Unión de los sustratos 1 y 2 por acción de la enzima.

# Aprueban la clonación de "híbridos"

En septiembre de 2007, la Autoridad de Fertilización Humana y Embriología (HFEA) del Reino Unido dio luz verde a experimentos de clonación de "híbridos" que, en principio, deberán autorizarse individualmente.

Los investigadores británicos intentan crear **embriones híbridos** fusionando células humanas con óvulos de otras especies. El objetivo es llegar a extraer células madre embrionarias de estos híbridos. Las células madre son los "cimientos" del organismo y tienen el potencial de convertirse en cualquier tejido, lo que las hace esenciales para la investigación médica.

La clonación terapéutica está siempre sujeta a la disponibilidad de óvulos humanos, que es bastante limitada, por lo que sería importante partir desde una fuente de células a la que se tenga fácil acceso, por ejemplo los de otras especies animales, como la vaca. La idea de combinar material genético humano con el de una vaca, para crear un embrión, parece en un inicio aborrecible, pero los investigadores explican que en el estudio se usará muy poca información genética del animal.

El experimento consistirá en transferir el núcleo de las células humanas, por ejemplo de la piel, a óvulos animales, a los cuales se les retirará casi toda su información genética. Entonces, los embriones resultantes serán 99,9% humanos y 0,1% animales. Luego, el embrión se desarrollará en el laboratorio durante algunos días y allí será cultivado para la

obtención de células madre. No se pretendería crear un organismo, mezcla de híbrido bovino y humano, sino usar esas células como una mejor forma de crear células madre humanas.

El objetivo final, afirman los investigadores, es el uso de células madre para estudiar los diferentes procesos de las enfermedades pero, antes de una eventual transferencia a la clínica, serán necesarios muchos estudios.

Habrà que ver si se consigue reprogramar las células, es decir, convertir ese óvulo clonado en una célula madre pluripotente, capaz de generar todos los tipos celulares y así, eventualmente, crear la tecnología para desarrollar terapias "a la carta", para personas que padecen determinadas enfermedades.

Los críticos afirman que este experimento está interfiriendo con la naturaleza y que no es ético, pero los científicos subrayan que los temores son infundados, pues únicamente se generarán células y no será creado ningún animal ni humano.

Fuente: Sociedad Genética de Chile.  
<http://www.sochigen.cl/noticias-18-01-2008.htm> (Adaptación).

### Analizar el problema

Considerando la información entregada en esta noticia y otra que puedas obtener por otros medios, responde las siguientes preguntas en tu cuaderno.

- a) ¿Qué significa clonación de híbridos?
- b) ¿Qué otras alternativas de clonación existen hoy en día?
- c) ¿Cuáles son las normativas vigentes en Chile para estos casos?
- d) ¿Cuáles son los principios que permiten aceptar o rechazar esta técnica?

### Evalúa tu actitud

- a) ¿De qué manera influyen los factores sociales y políticos a nivel mundial en el desarrollo y manejo de clones humanos?
- b) ¿De qué manera influyen estos mismos factores en la existencia en nuestro país de una opinión pública informada sobre el tema de los clones híbridos?

### Adopta un compromiso

- Organiza una mesa redonda donde se discuta sobre la viabilidad de la clonación híbrida en Chile y su impacto desde el punto de vista ético.



La clonación de "híbridos" humano-vacunos podría eventualmente aportar beneficios para la ciencia médica, sin embargo, plantea un serio problema ético.

# Bioética, disciplina en desarrollo

En 1970, el oncólogo Van Rensselaer Potter, en el artículo "The Science of Survival", acuñó el término bioética. Según Potter, se estaba produciendo una separación cada vez más peligrosa entre el avance científico, especialmente la biomédica y la tecnología, y la reflexión propiamente humana. Potter plantea que la cultura de la ciencia y la de las humanidades se encontraban tan separadas que se debía construir un puente entre ambas.

La intención original del científico era un proyecto global que combinara el conocimiento biológico con el conocimiento de los sistemas de valores humanos. Su proyecto era el encuentro, o reencuentro, entre los hechos y los valores, lo que originaría un paradigma disciplinario semejante al programa holístico de algunas versiones de la medicina psicosomática, otro movimiento integrador que se propuso un fin semejante.

Las causas que dieron origen a la bioética son variadas, entre otras:

a. El desarrollo de las nuevas tecnologías, que se han originado por el mayor conocimiento de las estructuras más elementales de la vida, como su inicio y su fin. Aquí nacen cuestionamientos éticos acerca de lo lícito o ilícito de la manipulación de la vida, tanto en su comienzo como en su término.

b. Los dilemas éticos que se presentan en el ámbito de la medicina y de la biotecnología. Por ejemplo, el conectar o no a un paciente a un respirador artificial y las posibilidades que se abren con el conocimiento del genoma humano y con la posibilidad de clonar seres humanos.

c. La posibilidad de trascender el ámbito científico, hacia el ámbito de las leyes, la política, la academia y los medios de comunicación social.

La bioética es un área que interesa y cuestiona. Es un aspecto tan relevante del pensamiento humano que todos los países desarrollados y en vías de desarrollo tienen comisiones y asociaciones de bioética.

Fuentes:  
<http://www.uchile.cl/bioetica/doc/biohis.htm>  
Pbo. Fernando Chomali. Dilemas éticos para el siglo XXI. (Adaptación).



La bioética es un área de pensamiento que nos puede ayudar a mantener nuestro lugar en el universo, formando parte de un mundo natural, sin pretender controlarlo.

A PARTIR DE LA LECTURA ANTERIOR Y DE LO QUE APRENDISTE EN ESTA UNIDAD, RESPONDE:

- a. ¿Qué dilemas bioéticos se presentan en la sociedad chilena?
- b. Si estuvieras enfrentado a un dilema bioético como decidir la prolongación, con tratamiento médico, de la vida de una persona con una enfermedad grave, que no tiene cura, ¿qué antecedentes debieras considerar? Fundamenta y comparte tus criterios con tus compañeros y compañeras.
- c. Con ayuda del profesor o profesora del subsector de Lenguaje y Comunicación, organicen en el curso un debate sobre un tema bioético, separándose en grupos que defiendan dos posturas opuestas. Fundamenten sus opiniones.