

## BIOLOGÍA PLAN GENERAL CLASE 2 4° MEDIO

Querida/o estudiante: Esta guía es solo lectura y por lo tanto no necesitas imprimir. Cualquier consulta y/o comentario puedes enviarlo a mi correo [rriveros@secst.cl](mailto:rriveros@secst.cl)

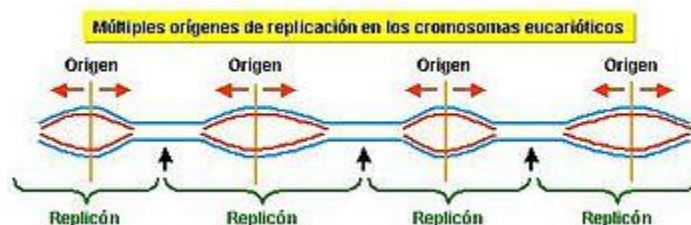
**Tema:** “Replicación del ADN”

**Objetivo:** Explicar la replicación del ADN como un proceso semiconservativo

### REPLICACIÓN DEL ADN

Los orígenes de replicación son los puntos fijos a partir de los cuales se lleva cabo la replicación, que avanza de forma secuencial formando estructuras con forma de horquilla. Por otro lado, la replicación se lleva a cabo bidireccionalmente, es decir, a partir de cada origen se sintetizan las dos cadenas en ambos sentidos.

La cantidad de ADN que se puede sintetizar a partir de un único origen de replicación se denomina **replicón** o unidad funcional de replicación. El genoma bacteriano es un replicón único circular. En organismos eucariontes, la replicación del ADN se inicia en múltiples orígenes a la vez (hay uno cada 20 kb aproximadamente), es decir, hay varios replicones.<sup>2</sup>



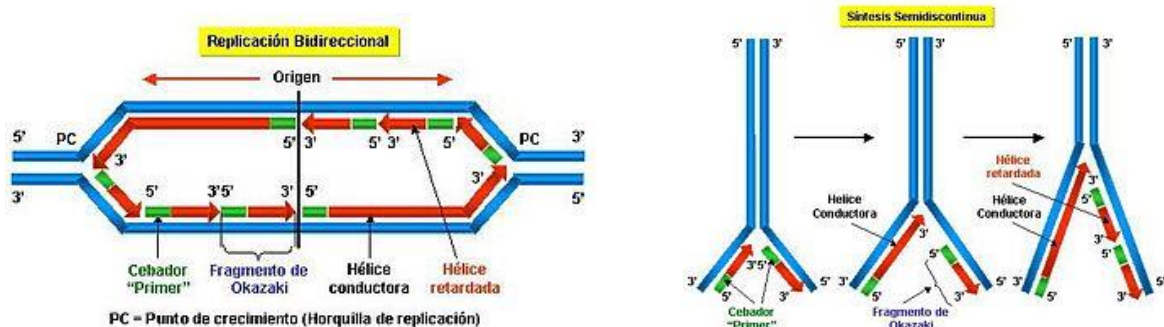
Debido a que en la célula ambas cadenas de la doble hélice de ADN se duplican al mismo tiempo, éstas deben separarse para que cada una de ellas sirva de molde para la síntesis de una nueva cadena. Por eso, la replicación avanza con una estructura en forma de horquilla formándose una burbuja u ojo de replicación que avanza en dirección a la región de ADN no duplicado.

El movimiento de la horquilla es bidireccional en la mayoría de los casos, es decir, a partir de un punto se sintetizan las dos cadenas en ambos sentidos. Esto ocurre en la mayoría de los organismos, pero se dan excepciones en algunos procariontes debido a que los mecanismos de replicación que tienen lugar dependen de la propia estructura de su material hereditario. Así, en casos particulares como el ADN mitocondrial, algunos plásmidos y algunos genomas monocatenarios (de una sola hebra como en algunos virus), la replicación se da unidireccionalmente pudiendo haber uno o dos orígenes de replicación. No obstante, la replicación se puede considerar, de forma general, **bidireccional**.

La replicación siempre se produce en sentido  $5' \rightarrow 3'$ , siendo el extremo  $3'$ -OH libre el punto a partir del cual se produce la elongación del ADN. Esto plantea un problema, y es que las cadenas tienen que crecer simultáneamente a pesar de que son antiparalelas, es decir, que cada cadena tiene el extremo  $5'$  enfrente con el extremo  $3'$  de la otra cadena. Por ello, una de las cadenas debería ser sintetizada en dirección  $3' \rightarrow 5'$ .

Este problema lo resolvieron los científicos japoneses Reiji Okazaki y Tsuneko Okazaki en la década de 1960, al descubrir que una de las nuevas cadenas de ADN se sintetiza en forma de trozos cortos que, en su honor, se denominan fragmentos de Okazaki.

La cadena que se sintetiza en el mismo sentido que avanza la horquilla de replicación se denomina **hebra adelantada, líder o conductora** y se sintetiza de forma continua por la ADN polimerasa, mientras que la que se sintetiza en sentido contrario al avance se denomina **hebra rezagada o retrasada** cuya síntesis se realiza de forma discontinua teniendo que esperar a que la horquilla de replicación avance para disponer de una cierta longitud de ADN molde.



Son varias las moléculas que hacen posible la replicación en el organismo eucarionte y entre ellas se pueden mencionar:

**La helicasa**, enzima rompe los puentes de hidrógeno de la doble hélice, abriendo las dos hebras, permitiendo el avance de la horquilla de replicación.

**Las proteínas SSB** que estabilizan las cadenas abiertas y las mantienen separadas una de otra.

**El cebador, iniciador o primer**, fragmentos de ARN que se unen a la cadena molde por puentes de hidrógeno para que el ADN polimerasa I reconozca donde debe unirse para empezar a añadir nucleótidos.

**Las ADN polimerasas**, enzimas que permiten unir los nucleótidos para la producción de la hebra de ADN e incluso puede corregir errores

**La ARN primasa**, enzima que sintetiza el cebador de ARN necesario para la síntesis de la cadena complementaria a la cadena rezagada.

**El ADN ligasa** une los fragmentos de Okazaki.

El proceso se puede dividir en 3 fases: **iniciación, elongación y terminación**.

### Iniciación

Desde el "punto de origen" ambas hebras se separan rompiendo los enlaces por puente de hidrógeno. En este momento enzimas especiales y proteínas estabilizadoras impiden que se vuelvan a enrollar. Así se forma un "burbuja de replicación"

### Elongación

En este paso, la ADN Polimerasa cataliza la síntesis de las nuevas cadenas añadiendo nucleótidos según sea la base nitrogenada de la cadena molde. Esta síntesis se da bidireccionalmente desde cada origen, con dos horquillas de replicación que avanzan en sentido opuesto. Cuando el avance de dos horquillas adyacentes las lleva a encontrarse, es decir, cuando dos burbujas se tocan, se fusionan, y cuando todas se han fusionado todo el cromosoma ha quedado replicado.

Puesto que el ADN Pol III necesita de un extremo 3'-OH libre, es necesario que la enzima ARN primasa catalice la formación de un fragmento corto específico de ARN llamado **cebador**, que determinará el punto por donde la ADN polimerasa comienza a añadir nucleótidos. Así, durante la síntesis, en cada horquilla de replicación se van formando dos copias nuevas a partir del cebador sintetizado en cada una de las dos hebras de ADN que se separaron en la fase de iniciación, pero debido a la unidireccionalidad de la actividad polimerasa de la ADN Pol III, que sólo es capaz de sintetizar en sentido 5' → 3', la replicación sólo puede ser continua en la hebra adelantada; en la hebra rezagada es discontinua, dando lugar a los fragmentos de Okazaki.

En la hebra rezagada, cuando el ADN Pol III hace contacto con el extremo de otro fragmento de Okazaki contiguo, el cebador de ARN de éste es eliminado y los dos fragmentos de Okazaki de ADN recién sintetizado son unidos. Una vez se han juntado todos se completa la doble hélice de ADN. La eliminación de cebadores también se da en la hebra conductora, de síntesis continua, pero debido a que en ésta hay un solo cebador es un proceso que sólo tiene lugar una vez, mientras que en la hebra rezagada se dará tantas veces como fragmentos de Okazaki haya.

### **Terminación**

El final de la replicación se produce cuando al ADN polimerasa III se encuentra con una secuencia de terminación. Se produce entonces el desacople de todo y la finaliza la replicación.

✓ **Video explicativo:**

<https://www.loom.com/share/8b2daedfb8c8476c84b385420b251d7c>

✓ **Lectura complementaria del texto de Biología:**

Páginas 216 a la 221

✓ **Videos para complementar**

<https://www.youtube.com/watch?v=WtRA-NsERKY>

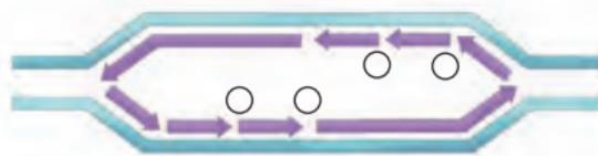
<https://www.youtube.com/watch?v=uEwyWgSvLc0>

✓ **Para desarrollar en tu cuaderno:**

1. Contesta las siguientes preguntas que también las puedes encontrar en la página 219 del texto

#### **Replicación del ADN**

1. ¿Qué sucedería con las células hijas, si la célula madre no duplicara su ADN antes de dividirse?
2. ¿Por qué la replicación es semidiscontinua, bidireccional y semiconservativa?
3. De acuerdo con la figura responde:
  - a. ¿En qué momento del ciclo celular ocurre el proceso representado?
  - b. ¿Cuántas burbujas y horquillas de replicación identificas?
  - c. ¿Se trata de una replicación de célula eucarionte o procarionte? Explica.
  - d. Escribe en los círculos el sentido (5' o 3') de las cadenas indicadas.



2. Desarrolla siguientes actividades que están en la página 221 del texto

1. A partir de la figura, responde las siguientes preguntas:

- Señala la importancia del proceso representado.
- ¿Por qué la cadena B crece de forma continua y la cadena A de modo discontinuo?
- Escribe la secuencia de nucleótidos que le falta agregar a la ADN polimerasa en la cadena continua o conductora.



▲ Replicación del ADN.

2. Ordena las siguientes enzimas considerando el orden de acción durante el proceso de replicación para la hebra discontinua: helicasa - ADN polimerasa - girasa - ADN primasa - proteína SSB - ADN ligasa.

**Nota:** Los colores en el esquema anterior representan las bases nitrogenadas:

Morado...Guanina (G)    Rojo...Citosina (C)    Verde...Adenina (A)    Amarillo...Timina (T)