

PALINDROMOS: SECUENCIAS ESPECIALES DEL ADN

En el genoma existen secuencias denominadas palindrómicas o simplemente palíndromos.

Podrían considerarse como un tipo especial de secuencias “capicúas”.

Lo propio y característico de un palindromo es que la secuencia es idéntica en una y otra cadena; ambas, al ser leídas en la misma dirección (de 5’ a 3’ o de 3’ a 5’).

Los palíndromos son lugares especiales del genoma ya que constituyen secuencias “diana” de determinados enzimas de restricción (endonucleasas) y señalan puntos de referencia en el genoma para otras funciones.

Ejemplo:

3’ ATGCGCAT 5’

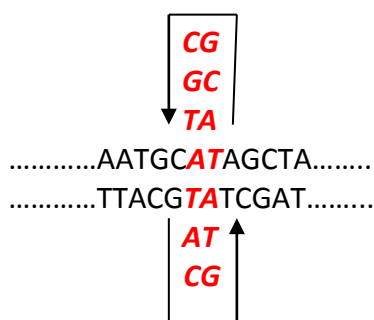
5’ TACGCGTA 3’

La propiedad peculiar que tienen estas secuencias (quizás por ello hayan sido seleccionadas como dianas de los enzimas de restricción y de otras funciones en el ADN):

Ej:AATGC**ATGCGCAT**AGCTA....

El palíndromo en **color rojo**

....TTACG**TACGCGTA**TCGAT...

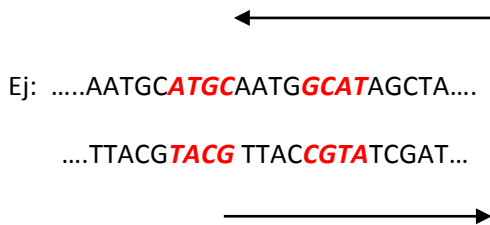


El palíndromo puede, por hibridación entre sí mismo, formar un **doble bucle de apareamiento**.

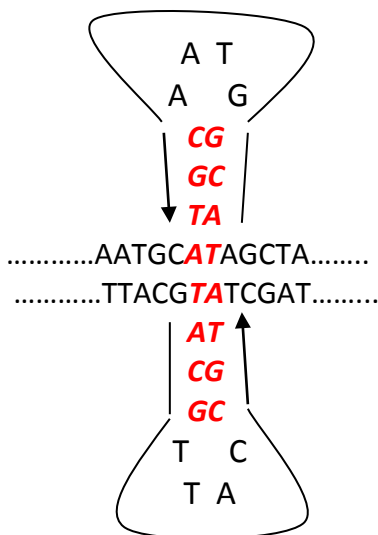
GC

La secuencia palíndroma expresada es continua, por ello se habla de dos clases de palíndromos: los continuos, como la secuencia anterior y los palíndromos discontinuos, porque el palíndromo queda interrumpido por una secuencia no palindrómica, quedando la secuencia que sí lo es dividida en dos y, en medio, la secuencia que no lo es.

Por ejemplo:



La secuencia palíndromo en color **rojo**



Puede también formar, por auto-hibridación, un doble bucle de apareamiento; pero, a diferencia de los palíndromos continuos, queda en cada extremo de ambos bucles, una burbuja de nucleótidos sin aparear.

Los palíndromos también se dan en polinucleótidos de una sola cadena como en el ARN y, en estos casos, son de gran trascendencia para la estructura global de la molécula. Por ejemplo en los ARNt.

Asimismo, los ARNm transcritos del ADN que contenga alguna de esas secuencias, podrán, asimismo autohibridarse formando bucles de apareamiento. Ese es el caso del ARNm_{mic} (micro

ARN) transcrito que, una vez procesado en el citoplasma formará los ARNi. (Ver artículo: ADN basura (II)).

Cuestiones:

1.- ¿Es posible la existencia de una secuencia palindrómica con un número impar de pares de nucleótidos?

2.- Busca en internet o en cualquier libro de texto de biología un dibujo que represente la estructura de los ARN de transferencia. Observa la cantidad de regiones palindrómicas interrumpidas que caracterizan su estructura.

3.- Los ARNi (ARN de interferencia). Elementos reguladores de la expresión de los genes también tienen que ver con ese tipo de secuencias. Infórmate y resume su origen y mecanismo de acción.

LOS PALINDROMOS Y LOS ENZIMAS DE RESTRICCIÓN

Las bacterias poseen un arma defensiva frente al ataque de los virus bacteriófagos que frecuentemente las invaden. Elaboran unos enzimas capaces de reconocer secuencias cortas y concretas, generalmente palindrómicas, del genoma del organismo invasor y cortárselo. De este modo inactivan su ataque. Previamente protegen sus propias secuencias palindrómicas que también podrían ser diana de sus propios enzimas. Lo hacen normalmente por metilación de bases en sus propias secuencias.

Organismo del que se obtiene (Bacterias)	Ejemplos de Enzimas de restricción (Tijeras) (= Endonucleasas)	Secuencia en que corta y punto de corte
Escherichia coli	Eco R1	G /AATTC
Escherichia coli	Eco R2	/ CCTGG
Haemophilus aegyptius	Hae III	GG/CC
Haemophilus influenzae	Hind II	A/AGCTT
Haemophilus parainfluenzae	Hpa I	GTT/AAC
Haemophilus parainfluenzae	Hpa II	C/CGG

La mayoría de esas secuencias que reconocen y cortan son palíndromos. Cada bacteria posee un arsenal de ellas. Poco a poco se van descubriendo cada vez más en cada especie de bacteria.

Se denominan Eco R1, Eco R2, Eco R3 (procede de *Escherichia coli*; 1ª, 2ª, 3ª descubierta)

Hind I (*Haemophilus influenzae*..), etc.

Cada enzima de restricción reconoce una secuencia concreta y corta esa secuencia también de una forma específica. De tal modo que es posible que 2 enzimas de restricción distintos reconozcan la misma secuencia pero que la corten de modos diferentes.

-En algunos casos la cortan exactamente por la mitad de tal modo que dejan “romos” los extremos por donde se cortó.

Por ejemplo:

3'... **CGTACG**... 5'

5'... **GCATGC**... 3'

Resultando:

3'... **CGT** 5' 3'**ACG**... 5'

5'... **GCA** 3' 5'**TGC**... 3'

-En otros casos (en una de las posibilidades)

3'... **CGTACG**... 5'

5'... **GCATGC**... 3'

Resultando:

3'... **CG** 5' 3' **TAGC**... 5'

5'... **GCAT** 3' 5' **CG**... 3'

Esta segunda forma de cortar deja salientes simétricos en cada trozo y, además, complementarios por lo que podrían acoplarse de nuevo los tramos separados, por lo que se denominan extremos cohesivos o “pegajosos” a las puntas resultantes del corte.

Este tipo de “tijeras”, permite corte y empalme: 2 fragmentos de ADN distintos cortados con la misma tijera luego podrían acoplarse intercambiados. Este es el mecanismo básico de la tecnología del ADN recombinante que permite la transgénesis y la obtención de un tipo de organismos modificados genéticamente (OMGs), los organismos transgénicos.

En los genomas de todos los seres vivos están presentes estas secuencias palindrómicas en mayor o menor número a lo largo de su genoma.

Los enzima de restricción se han extraído inicialmente de las bacterias (cada vez son más numerosos) y, en la actualidad constituyen un instrumento básico en biotecnología genómica.

Cuestiones:

1.- Si una secuencia palindrómica continua tuviera 10 pb. ¿Cuántas secuencias diferentes podrían ser objeto de corte por parte de esas “tijeras”? ¿Cuántos enzimas de restricción posibles y diferentes en teoría podrían existir para cortar esa secuencia?

Yo he calculado, a bote pronto, 1024 secuencias diferentes y 6.144 enzimas de restricción distintos. ¿Estás de acuerdo?

2.- La facilidad de los genomas víricos para insertarse en los genomas de sus específicas células huésped, ¿podría tener algo que ver con esas secuencias y enzimas?. Describe cómo utilizarían ese mecanismo.