



## **“Organización y estructura del Núcleo”**

### **NÚCLEO CELULAR**

La presencia del núcleo es una de las características que distinguen a las células eucariontes. Ocupa alrededor del 10% del volumen total de la célula. Generalmente el núcleo se localiza en el centro de la célula, pero en algunos tipos celulares, como células musculares, puede ser periférico. Su forma depende del tipo celular. Normalmente es esférico, pero también ovoide o irregular (arriñonado, multilobulado, etc). El núcleo es el centro de control celular, ya que contiene toda la información genética almacenada en el ADN.

El núcleo está constituido por:

- La envoltura nuclear o carioteca.
- Cromatina: Constituida por ADN y proteínas básicas (histonas).
- Matriz nuclear: Constituida por proteínas “no histónicas” y ribonucleoproteínas.

#### **Envoltura Nuclear**

La envoltura nuclear está compuesta de dos membranas concéntricas, una interna y otra externa. Ambas membranas aparecen perforadas por poros, a través de los cuales el interior del núcleo se comunica con el citosol.

Estos poros se encuentran distribuidos regularmente por toda la superficie de la envoltura. Son estructuras complejas, en las que un conjunto de proteínas forman un armazón, denominado **complejo poro**.

La membrana externa de la envoltura se continúa con la membrana del retículo endoplasmático. Más aún, el espacio que separa la membrana externa de la interna (espacio perinuclear) se continúa con el retículo endoplasmático. Los poros de la envoltura nuclear son mucho más que simples perforaciones.

El diámetro total del complejo poro es de unos 100 nm y espesor de aprox. 30 nm. Sin embargo, sus componentes convierten al poro en un canal cilíndrico de 9nm de diámetro, ubicado en el centro del complejo.

La envoltura nuclear tiene la función de aislar o separar el material genético del contenido citoplasmático y. Además, de regular el paso de sustancias a través de ella.



## Cromatina

El ADN es el principal componente genético de la célula y el que lleva la información codificada de una célula a otra y de un organismo a otro. El ADN no se halla libre sino formado un complejo, la llamada cromatina. Al extenderse la cromatina aparece una estructura repetitiva en forma de cuentas de collar de 10nm de diámetro, los nucleosomas, conectados entre sí por un filamento de ADN. Al aislar la cromatina con soluciones hipotónicas, aparece una suspensión gelatinosa que contiene ADN, ARN, proteínas básicas (histonas) y proteínas más ácidas (no histonas). Las histonas están en una relación de **1 : 1** en peso con el ADN, mientras que el contenido de ARN y proteínas no histónicas es variable. Entre las proteínas no-histónicas encontramos ARN – polimerasa, ADN polimerasa y proteínas reguladoras.

Las histonas desempeñan un papel fundamental en el enrollamiento de la cromatina. Existen **5** clases, denominadas **H1**, **H2A**, **H2B**, **H3** y **H4**. Kornberg propuso un modelo de **nucleosoma** en el que las **4** histonas (**H2A**, **H2B**, **H3**, **H4**) forman un octámero al cual se enrolla la molécula de ADN. El octámero posee el aspecto de un cilindro de baja altura, con un diámetro de **10 nm**. Como ya se vio, se halla envuelto por un pequeño tramo de ADN, que lo recorre casi dos veces. Dado que cada vuelta presenta **83** pares de nucleótidos, el segmento de ADN asociado al nucleosoma contiene un total de **146** pares de nucleótidos. Los nucleosomas se hallan separados entre sí por tramos de ADN espaciadores que contienen entre **20** y **60** pares de nucleótidos. Esta alternancia de nucleosomas y segmentos de ADN espaciadores son los que le dan el aspecto de collar de cuentas.

La cromatina, para ser contenida en el pequeño espacio que el núcleo le ofrece, debe experimentar nuevo y sucesivos grados de enrollamientos. Estos se producen gracias a la histona H1 que tiene la capacidad de interactuar con otras H1 de otros nucleosomas, lo que lleva a un mayor plegamiento de la fibra.

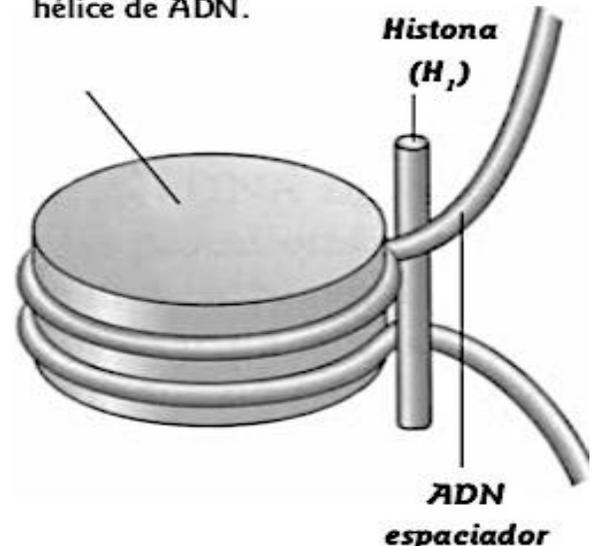
La cromatina, para ser contenida en el pequeño espacio que el núcleo le ofrece, debe experimentar nuevo y sucesivos grados de enrollamientos. Estos se producen gracias a la histona H1 que tiene la capacidad de interactuar con otras H1 de otros nucleosomas, lo que lleva a un mayor plegamiento de la fibra.

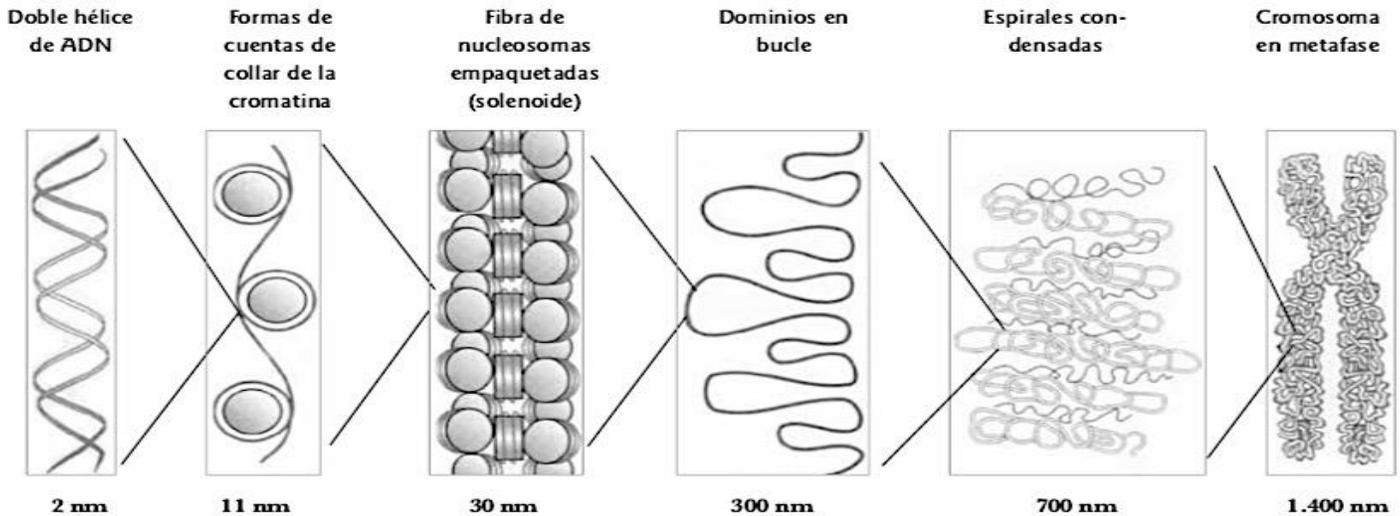
## Niveles de organización de la cromatina en eucariontes

Se definen **5** niveles de organización:

1. ADN dúplex o doble hélice desnuda. [L] [SEP]
2. Hebra nucleosomal. [L] [SEP]
3. Fibra de cromatina. [L] [SEP]
4. Dominios cromosómicos. [L] [SEP]
5. Cromosoma metafásico. [L] [SEP]

**Nucleosoma formado por un complejo de cuatro clases diferentes de histonas, con dos moléculas de cada clase, y envuelto por una doble hélice de ADN.**





Los cromosomas metafásicos representan el estado de máxima condensación del material genético. Tienen un espesor aproximado de **1.400 nm**.

### Euromatina y Heterocromatina

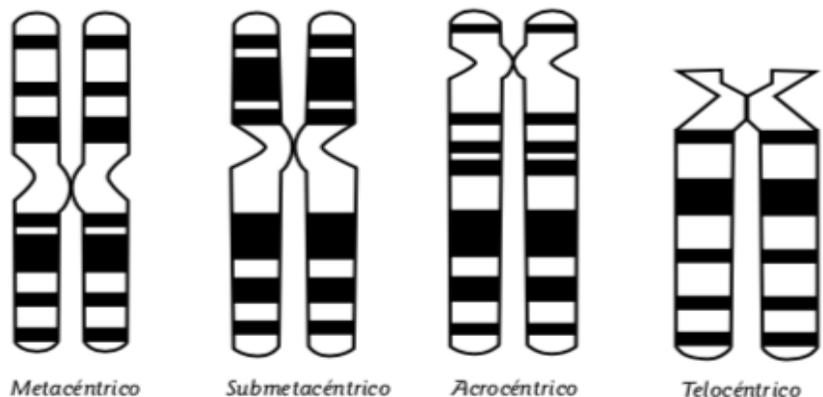
Mediante técnicas de tinciones se ha demostrado que la cromatina en interfase puede encontrarse en un estado condensado (heterocromatina) o en una forma dispersa (euromatina). La heterocromatina generalmente se ubica por debajo de la carioteca, en la periferia del núcleo, mientras la euromatina se ubica más central. Es en esta última donde se encuentra la actividad transcripcional del ADN. La diferencia entre ambas radica en que la primera (heterocromatina) es un ADN no funcional o mejor dicho no transcripcional, mientras que la euromatina es transcripcional. De lo anterior, se desprende que si observamos una célula que está en intensa síntesis de proteínas, el núcleo deberá presentar predominio de euromatina. Cuando el núcleo entra en división, la fibra de cromatina comienza a enrollarse (condensarse) hasta constituir los cromosomas.

### Cromosomas

Son estructuras constituidas por cromatina condensada que se observan solamente durante la división celular. Todo cromosoma presenta una constricción primaria o centrómero, cuya posición determina el largo de los brazos de los cromosomas. De acuerdo con la posición del centrómero, los cromosomas se clasifican en cuatro tipos:

- 1.- **Metacéntrico:** Los brazos son iguales .
- 2.- **Submetacéntrico:** Los brazos son de distinto largo.
- 3.- **Acrocéntrico:** Un brazo muy corto.
- 4.- **Telocéntrico:** Al centrómero está en uno de los extremos.

*Clases de cromosomas por la posición del centrómero*





**Nomenclatura de los componentes del cromosoma:** La citogenética ha permitido describir los componentes del cromosoma a través de una serie de términos que a continuación se explican:

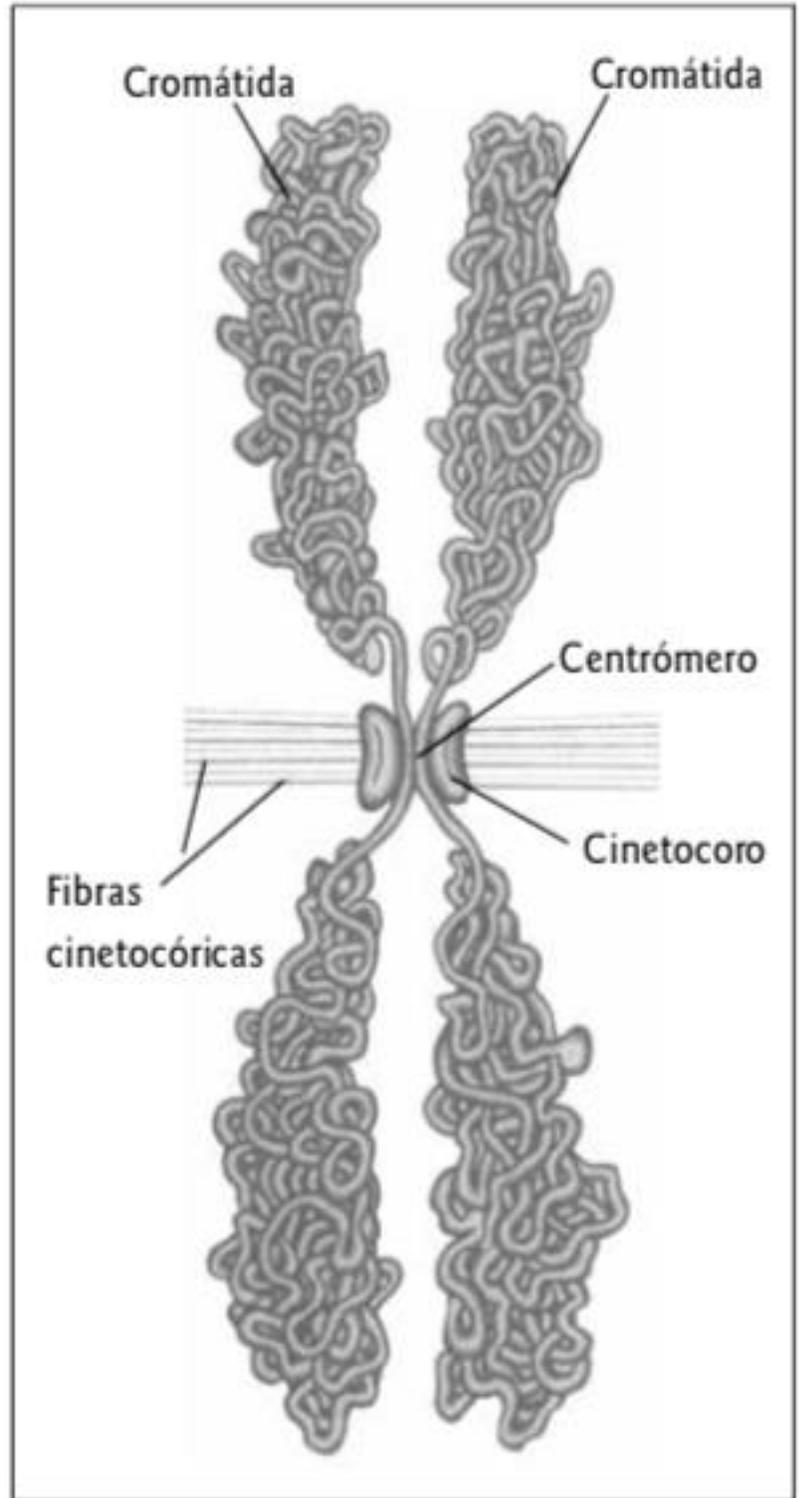
**Cromátida:** En la metafase cada cromosoma está compuesto por 2 elementos simétricos. Cada uno corresponde a una cromátida, formada por solo una molécula de ADN que está en su máximo estado de compactación. Luego en la anafase mitótica estas cromátidas hermanas se separan y el cromosoma queda formado por solo una cromátida.

**Centrómero:** Es el lugar donde se unen las dos cromátidas hermanas. Región del cromosoma donde convergen las fibras del huso mitótico. Se reconoce por un estrechamiento del cromosoma y porque puede tener distintas posiciones. La zona de estrechamiento se denomina constricción primaria.

**Cinetocoro:** Corresponde a un disco proteico que se encuentra dentro del centrómero, donde se unen específicamente las fibras del huso mitótico durante la división celular para arrastrar las cromátidas a polos opuestos.

**Cromómeros:** Son acúmulos de material cromatínico que aparecen como cuentas de collar y que participan en el apareamiento de los cromosomas homólogos en la meiosis como prelude del entrecruzamiento o recombinación genética o crossing-over. Cuando un par de cromosomas homólogos hacen crossing-over, se unen los dos cromosomas en todos los puntos donde poseen cromómeros en la misma altura.

**Telómero:** Este término se refiere a los extremos de los cromosomas. Tiene la propiedad de estabilizar el cromosoma impidiendo su unión con otro cromosoma distinto. Además los telómeros evitan que los cromosomas se unan en las puntas durante una división celular.



**Componentes de un cromosoma**

**Constricción secundaria:** Son constantes en posición y tamaño y resultan útiles para identificar un cromosoma en particular. Hay ciertas constricciones secundarias que se conocen como organizadores nucleolares (NOR) y que codifican para ARN ribosomal e inducen la formación de los nucléolos.

- **Satélites:** Es otro elemento morfológico presente en algunos cromosomas, que se presenta como un cuerpo esférico separado del resto por una constricción secundaria.

Todas las células de un individuo de una misma especie tienen el mismo número de cromosomas. Cada cromosoma está en dosis doble (par) y cada miembro del par se denomina cromosoma homólogo.

Todas las células somáticas (células que constituyen un individuo, a excepción de las células sexuales o germinales) tienen dos juegos de cromosomas y se las designa como diploide cuyo símbolo es  $2n$ . Los gametos o células sexuales tienen solo un juego cromosómico, denominándose células haploides, y se simbolizan como  $n$ .

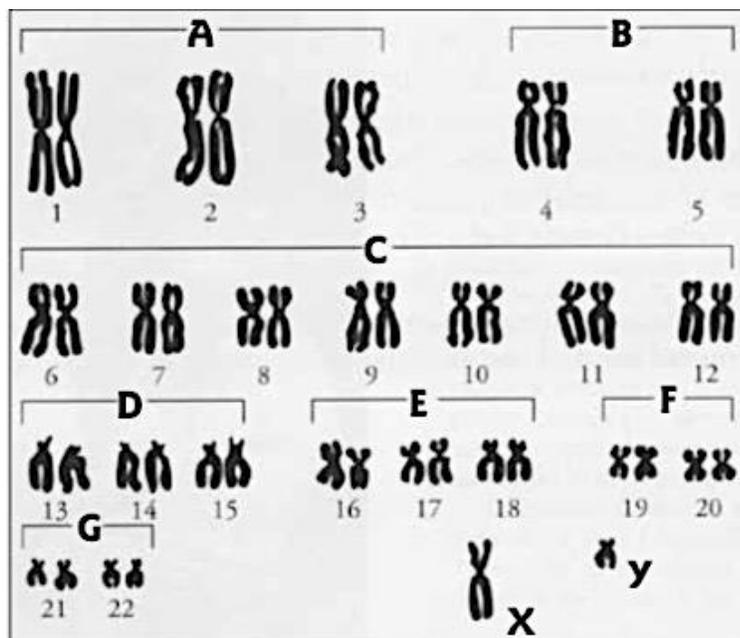
El número diploide de cromosomas es característico de la especie. Todos los individuos de una misma especie tienen igual condición diploide, pero este se puede repetir en dos o más especies. En tal caso los cromosomas se diferencian por su morfología y tamaño.

## El cariotipo

Comprende todas las características de un conjunto cromosómico. Este nombre se refiere al grupo de características que permiten la identificación de un conjunto cromosómico, como número de cromosomas, tamaño relativo, posición del centrómero, largo de los brazos, constricciones secundarias y satélites, etc.

El cariotipo es característico de una especie de un género o de grupos amplios y se representa por la serie ordenada de los pares homólogos de tamaño decreciente.

Las células humanas somáticas poseen **46 cromosomas**, es decir, **46** moléculas de ADN, de los cuales **22 pares** son autosomales (cromosomas no sexuales que se dividen en 7 grupos que se identifican con letras de A hasta G; cada par de cromosomas se numera y se ordenan de mayor a menor) y un par de cromosomas sexuales. En la mujer los dos miembros del par sexual son idénticos entre sí (XX) y distintos en el varón (XY).



Cariotipo de hombre



## Nucléolo

En el núcleo interfásico también se encuentran uno o más cuerpos esféricos que se tiñen fuertemente y que se denominan nucléolos. Están constituidos por ARN de tipo ribosomal, además de proteínas ribosomales (ribonucleoproteínas) y ciertos segmentos de ADN (donde se encuentran los genes para ARNr). El número de nucléolos es el mismo para todas las células de un individuo y para todos los individuos de una misma especie. Su tamaño varía según el estado funcional de la célula. Este organelo desaparece durante la división celular (mitosis o meiosis).

En los nucléolos se sintetiza el ARNr y además se ensamblan las subunidades ribosomales. Las proteínas ribosómicas sintetizadas en el citosol pasan al interior del núcleo y a nivel de los nucléolos se unen a distintas moléculas de ARNr, dando origen a las subunidades que constituyen a los ribosomas.

