

A3. James D. Watson i la recerca del DNA

James D. Watson és un biòleg nord-americà que va néixer l'any 1928. És un dels científics més importants del nostre temps. Fa una mica més de 50 anys, quan ell en tenia tan sols 24, va contribuir decisivament a la recerca científica més grandiosa del nostre temps, junt amb un altre brillant científic anomenat Francis Crick, amb el descobriment de l'estructura del DNA. Per aquest motiu, l'any 1962, ambdós varen rebre un Premi Nobel, com a màxim reconeixement de la seva aportació a la humanitat.

El seu descobriment de l'estructura del DNA va obrir les portes a una veritable revolució científica i tecnològica, que ha conduït a possibilitats abans inimaginables, com les proves d'identitat pel DNA, la probable curació futura de malalties hereditàries o l'obtenció d'organismes nous mitjançant la manipulació del DNA... i moltes altres que estan per arribar.

El text que es presenta a continuació està extret d'un llibre autobiogràfic de J. D. Watson titulat "ADN: El secreto de la vida". Llegiu-lo atentament i responeu les qüestions següents.

Qüestions

- a- Creieu que va ser casual que James D. Watson descobrís l'estructura del DNA? Justifiqueu la vostra resposta.**
- b- Indiqueu dues qualitats de J. D. Watson que cregueu que l'han ajudat a ser un bon científic.**
- c- Quin paper creieu que tenen les idees i la imaginació a l'hora de fer ciència? Expliqueu la vostra resposta a la llum d'aquest text.**
- d- Creieu que els científics i científiques fan avançar la ciència en solitari? Expliqueu la vostra resposta a la llum d'aquest text.**
- e- Us agradaria ser científics? Expliqueu la vostra resposta.**

James D. Watson i la recerca del DNA

Em vaig quedar trasbalsat pel Gen el meu tercer any d'universitat. Fins aleshores jo havia planejat ser un naturalista. Tanmateix, va caure en les meves mans un petit llibre ("El secret de la vida") que va canviar els curs de la meva vida. Havia estat escrit per un físic anomenat Schrödinger. Aquest científic reflexionava sobre qüestions crucials de la biologia i afirmava que, per comprendre el secret de la vida, caldria conèixer la identitat de les molècules portadores d'informació i desxifrar el seu codi. Des d'aquell moment, tots els meus plans i desigs es reorientaren cap a la recerca del material genètic, el "secret de la vida".

En aquell temps ja feia uns 75 anys que se sabia que el DNA es trobava al nucli de les cèl·lules formant part dels cromosomes; tanmateix el DNA no es considerava com a probable molècula portadora de la informació genètica, ja que tan sols consta de 4 components diferents.

El 1947, vaig acabar la carrera i vaig anar cap a la universitat d'Indiana, amb el ferm propòsit d'anar a la recerca del material genètic, a la recerca del "secret de la vida". M'atragué la presència d'un prestigiós genetista americà, Herman J. Muller. En aquell moment, després dels contundents experiments realitzats per Oswald Avery, ja ningú posava en dubte la idea que el material genètic estava constituït per DNA.

Després de tres anys d'àrdua recerca, vaig intuir que, per tal de descobrir realment com era el DNA, em feien falta més coneixements de química i de física. Així, doncs, la tardor de 1950 vaig demanar una beca per anar al laboratori de bioquímica de la universitat de Copenhague. Allà vaig tenir la sort de conèixer un altre jove científic, físic en aquest cas, que estava estudiant justament l'estructura del DNA, en Maurice Wilkins. Ell havia estat investigant sobre l'energia atòmica, però va quedar enormement decebut quan els descobriments del seu equip de recerca varen aplicar-se a la destrucció de les ciutats d'Hiroshima i Nagasaki amb el llançament de les primeres bombes atòmiques. Quan, a causa d'això, pensava abandonar la seva dedicació a la ciència, va arribar a les seves mans el famós llibre "El secret de la vida" i les atrevides i suggerents idees de l'autor l'impressionaren fins a tal punt, que va decidir continuar la seva recerca científica, però ja no en el camp de la física atòmica sinó de la biologia i en concret del DNA. Els resultats no es feren esperar; mitjançant els mètodes de raigs X, Wilkins va demostrar que el DNA tenia una estructura helicoidal molt regular i ordenada. Va ser apassionant poder intercanviar idees i compartir la nostra recerca del "secret de la vida".

Vaig anar a Cambridge per estudiar més la tècnica dels raigs X. Allà vaig conèixer en Francis Crik, que des de llavors esdevindria el meu gran company en l'estudi del DNA. Ell, de nen, atabalava els seus pares amb interminables preguntes. Un dia va explicar a la seva mare el seu temor que, quan arribés a ser gran, ja tot s'hagués descobert i no li quedés res per a ell. La seva mare el va tranquil·litzar assegurant-li (com així va ser) que quedarien una o dues coses perquè ell pogués descobrir-les.

Va resultar que el meu nou company i amic Francis Crik era també amic de Wilkins; quina magnífica coincidència! Wilkins ens va parlar dels darrers estudis realitzats amb raigs X per la química anglesa Rosalind Franklin. Estàvem a prop de conèixer com era l'estructura del DNA, però encara no arribàvem a tenir-ne un coneixement precís.

Crik, enormement imaginatiu, va proposar la brillant l'idea que potser la coincidència en les proporcions dels nucleòtids A i T d'una banda i dels C i G de l'altra, que havien revelat estudis anteriors, eren degudes al fet que les molècules de DNA estiguessin constituïdes només per 2 cadenes, en les quals cada A d'una cadena de DNA s'unís a una T de l'altra cadena i a la inversa, i de manera anàloga les C i G de l'una i de l'altra.

Ràpidament, Crik i jo vàrem dedicar-nos a construir un model de DNA amb cartolines, a base de 2 cadenes enrotllades helicoidalment i unides mitjançant un aparellament complementari dels seus components A-T i C-G. Recordo encara amb intensa emoció aquell moment excepcional del 28 de febrer de 1953 en el qual, acabat de construir el model, per fi, tot encaixava meravellosament; les mesures obtingudes per raigs X i les proporcions químiques dels nucleòtids lligaven perfectament amb el nostre model. Aquest ens permetia,

a més, explicar un hipotètic mecanisme de duplicació o còpia del material genètic; segons aquest, la molècula de DNA es desenrotllaria formant dues cadenes soltes; llavors cadascuna de les cadenes serviria de “base” per a la formació d’una cadena nova, que es construiria tot lligant nucleòtids amb un ordre complementari del de la cadena “vella”. D’aquesta manera, una doble hèlix de DNA es convertiria en dues.

Aquell mateix dia, a l’hora de dinar, a la taverna de la universitat en Crik, tan extrovertit i xerraire, no es va poder estar d’explicar a tothom que acabàvem de descobrir el “secret de la vida”. Tot just acabat de dinar, ens vàrem posar a escriure un article per enviar-lo a la prestigiosa revista científica “Nature”, en el qual descrivíem el nostre model de DNA, així com les dades en les quals es recolzava i tot el que aquest ens permetia d’explicar. Unes setmanes després apareixia publicat, casualment, junt amb un altre article de Rosalind Franklin i un altre de Maurice Wilkins, que, a partir de nous estudis de raigs X confirmaven exactament el model que proposàvem.

Amb tot, encara faltava quelcom per confirmar del tot el nostre model: calia confirmar experimentalment la idea que la molècula de DNA es desenrotllava per tal de duplicar-se. Hi havia reconeguts científics que, tot i veure amb bons ulls el nostre model, pensaven que, si per duplicar-se les llargues molècules de DNA havien de desenrotllar-se, per força s’haurien d’originar uns embolics espantosos, cosa que no lliga amb la gran precisió amb la qual realment es duplica i es reparteix el material genètic.

Cinc anys després, amb un magnífic experiment, Matt Meselson i Frang Stall, varen confirmar la veracitat del nostre model de duplicació. Finalment tot encaixava. El “secret de la vida” havia sortit definitivament a la llum.

Text adaptat, a partir del llibre “ADN, el Secreto de la vida” de J. D. Watson. Ed. Taurus. 2003.

A4. Què és un gen?

Torneu a entrar a l'adreça electrònica "www. bionetonline.org" i seleccioneu: Idioma català / De qui són els teus gens? / Com es fa? / Què és un gen?

A partir de la informació que proporciona, responeu les qüestions següents.

Bionet - Microsoft Internet Explorer

BIONET Què és l'ADN?

© Genetic Science Learning Center, University of Utah

La cadena d'ADN està feta de lletres:
ATGCTCGAATAAATGTGAATTTGA

Les lletres fan paraules:
ATG CTC GAA TAA ATG TGA ATT TGA

I les paraules fan frases:
<ATG CTC GAA TAA> <ATG TGA ATT TGA>

Aquestes "frases" s'anomenen gens. Els gens diuen a la cèl·lula que faci unes altres molècules anomenades proteïnes. Les proteïnes permeten a la cèl·lula dur a terme funcions especials, com treballar amb altres grups de cèl·lules i possibilitar l'audició.

Sabeu que... Les lletres del codi genètic vénen de:

- G=guanina
- A=adenina
- T=timina
- C=citosina

Anterior Següent

Qüestions

a- Inventeu-vos una definició de gen diferent de la que veieu a l'animació.

b- Construïu un mapa conceptual amb els termes següents:

gen, hemoglobina, DNA, cèl·lula sana, cèl·lula falciforme, glòbul vermell.

A5. Busquem un gen a internet

Us proposem que busqueu per internet la seqüència d'un gen determinat, tal com ho fan els investigadors/es de genètica molecular.

Es tracta del gen anomenat PARK2, que porta informació per al funcionament del cervell i que es troba al cromosoma humà número 6.

Per tal d'aconseguir-ho, seguiu les passes següents:

- Aneu al portal: www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/guide/human/
- Trieu, a la finestra, la paraula: *genes*.
- Col·loqueu el ratolí damunt el cromosoma 6 i imprimeu la pàgina que apareix.
- Busqueu el gen indicat en aquest cromosoma amb el símbol PARK2 i cliqueu amb el ratolí.
- Ara us trobeu en una pàgina on hi ha molta informació. Per això cal que seguiu bé les instruccions. Busqueu l'apartat *NCBI Reference Sequences (Ref Seq)*. Dins aquest apartat cliqueu: mRNA sequence NM 013987. Al final de la pàgina obtindreu la seqüència del gen (la reconeixereu perquè apareix un llarguíssim llistat de nucleòtids). Imprimeu-la.

Qüestions

- a- Observeu la pàgina corresponent al cromosoma 6. Quants gens es troben situats en aquest cromosoma?
- b- Quants nucleòtids té el gen PARK2?
- c- Aquest és un gen relativament curt. Voleu veure la seqüència d'un gen llarg? En el mateix cromosoma 6 en trobareu un de ben llarg.

Activitat 1 d'autoregulació

Ara que heu realitzat una sèrie d'activitats sobre COM ÉS EL DNA I COM ESTÀ ESCRITA LA SEVA INFORMACIÓ, us proposem que intenteu de descobrir quin era l'objectiu (o objectius) principal de cadascuna d'elles.

ACTIVITAT	CONTINGUTS: paraules clau que s'aprenen o es treballen	OBJECTIU/S: aquesta activitat serveix per aprendre a... (frases amb les paraules clau i amb accions. Per ex.: fer tal cosa, explicar-ne tal altra, valorar tal aspecte...)
1- Entrem a WWW...		
2- El model de DNA		
3- J. D. Watson i la recerca del DNA		
4- Què és un gen?		

5- Busquem un gen a internet		
------------------------------	--	--

II. ON ES TROBA EL DNA?

A1. A quina part de la cèl·lula es localitza el DNA?

Us proposem que dissenyeu un experiment per tal d'esbrinar a quina part de les cèl·lules es localitza el DNA.

Creiem que necessitareu unes informacions prèvies :

- 1.- Per a l'observació de les cèl·lules cal un microscopi i disposar de portaobjectes i cobreobjectes.
- 2.- Per tal de facilitar-vos l'observació de cèl·lules al microscopi, convé que elegiu un material viu que es pugui disposar en una capa fina (si és possible amb una sola capa de cèl·lules, per evitar superposicions que dificultarien la visió; per exemple: pell de ceba, mucosa bucal...)
- 3.- El DNA pot tenyir-se selectivament amb determinats colorants, com ara el blau de metilè.

Per tal de fer un bon disseny experimental, cal que respongueu les qüestions següents.

Qüestions

- a- Què pretenem aconseguir? (A quina pregunta volem donar resposta mitjançant l'experiment?)
- b- Què farem per aconseguir-ho? com ho farem? (Procediments a seguir.)
- c- Què necessitem? (Material necessari.)

Una vegada tingueu el vist i plau del professor, passeu a realitzar l'experiència que heu dissenyat i responeu les qüestions següents.

Qüestions

- a- Què s'observa? Descriviu-ho i dibuixeu-ho (resultats).
- b- Quina explicació doneu al que s'ha observat? (Interpretació dels resultats.)
- c- Feu un informe de l'experiència mitjançant la "V de Gowin".

A 2. Tenen DNA els maduixots?

Dues persones de la classe faran les tasques següents amb els maduixots de tots els alumnes:

- Renteu amb aigua els maduixots i traieu-ne el peduncle i les fulles.
- Col·loqueu els maduixots en un recipient.
- Feu una solució d'aigua amb sal (una cullerada sopera de sal en mig litre d'aigua).
- Cobriu els maduixots amb la solució salina.
- Tritureu durant uns 20 segons la preparació.
- Filtreu-la amb un paper de filtre i afegiu-li dues gotes de detergent per a rentavaixelles.
- Removeu-la suaument per tal de facilitar la mescla del sabó; mireu de no fer escuma. En cas que tot i així es formés escuma, podeu retirar-la amb una cullera o paper absorbent.

Distribuïm el preparat a cada grup en un vas de precipitats.
Cada grup realitzarà les operacions següents:

- Inclineu el vas de precipitats i suaument aneu afegint alcohol (convé que sigui alcohol etílic de 96° i que estigui fred), de forma que rellisqui lentament per la paret del vas fins que formi una capa d'uns dos o tres centímetres.
- Apareixerà una capa d'un material entre la capa d'alcohol i la capa d'aigua.
- Retireu amb un escuradents el material que apareix. AIXÒ ÉS DNA!

Qüestions

a- Quina aparença té això que heu obtingut? Descriviu-ho i dibuixeu-ho.

b- Ara us proposem una petita reflexió sobre el procediment emprat: per què creieu que es tritura la mostra de bon començament? Què es vol aconseguir amb això?

c- Per què creieu que no es veu la doble hèlix?

d- Comenteu si us han sorgit alguns dubtes o problemes en la realització de l'experiència.

e- Creieu que els resultats serien diferents si haguéssim escollit un altre ésser viu? Justifiqueu la vostra resposta.

A3. Sempre hi ha DNA?

Ara que coneixem el procediment per extraure DNA, us proposem que dissenyeu una experiència per tal de comprovar que de qualsevol part del cos d'un ésser viu es pot extraure DNA.

A4. El DNA es transforma en cromosoma. El model de cromosoma

Hem pogut comprovar a l'activitat A1, gràcies a la tinció amb un colorant específic, que el DNA es troba en el nucli de les cèl·lules, tot i que al microscopi òptic, òbviament, és impossible de distingir les seves molècules.

Tanmateix, les observacions dels científics revelaven un fet desconcertant. En determinades fases de la vida de la cèl·lula relacionades amb la seva divisió, el nucli desapareix com a tal i en el seu lloc apareixen una sèrie d'estructures en forma de bastó, també constituïdes per DNA, a les quals varen anomenar cromosomes ("cromo" perquè es tenyeixen també amb colorants específics i en grec cromo significa color; i "soma" significa cos o estructura). Una vegada acabada la divisió cel·lular, en cadascuna de les cèl·lules filles torna a aparèixer un nucli. Això va obrir la porta a unes preguntes crucials:

- Com es transforma el DNA en cromosomes i, a l'inversa, els cromosomes en DNA?
- Per què passa això? (Amb quina finalitat?)

Nombrosos equips de biòlegs orientaren la seva recerca a trobar-hi resposta.

Moltes i acurades observacions amb microscopis electrònics revelaren novament dades sorprenents:

- Una molècula qualsevol de DNA, de les que es troben en el nucli, si es disposa longitudinalment, mesura entre 1,6 i 8,2 cm de longitud. (Fixeu-vos quina barbaritat! Això significa que, si representéssim les cèl·lules de la mida d'una aspirina, cadascuna de les seves molècules de DNA hauria de fer uns 10 Km de llargària!!)
- D'altra banda, els cromosomes són molt més gruixuts i la seva llargària és tan sols d'entre 1,3 i 10 micròmetres; és a dir, tenen una longitud gairebé 10000 vegades més petita!
- L'anàlisi detallada de fotografies de cromosomes fetes amb microscopis electrònics mostra una estructura a base d'un gran superenrotllament de les molècules de DNA.

Aquestes i moltes altres dades feren possible arribar a un model de cromosoma que permetia respondre aquelles preguntes.

A continuació us proposem la tasca de representar aquest model de cromosoma per tal de comprendre'l millor.

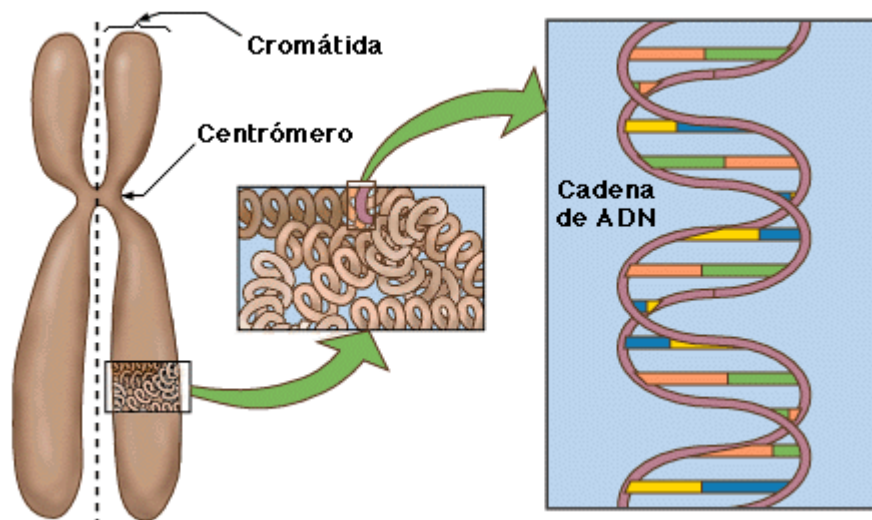
Us el descriurem amb una mica més de detall i us donarem una sèrie d'indicacions de com portar-ho a terme.

Model de cromosoma

L'estructura dels cromosomes és diferent segons que es trobin en una fase inicial o bé terminal de la divisió de la cèl·lula.

El cromosoma en les primeres fases de la divisió cel·lular

Aquesta il·lustració mostra com s'entén que és l'estructura d'un cromosoma en les primeres fases de la divisió cel·lular de la cèl·lula:

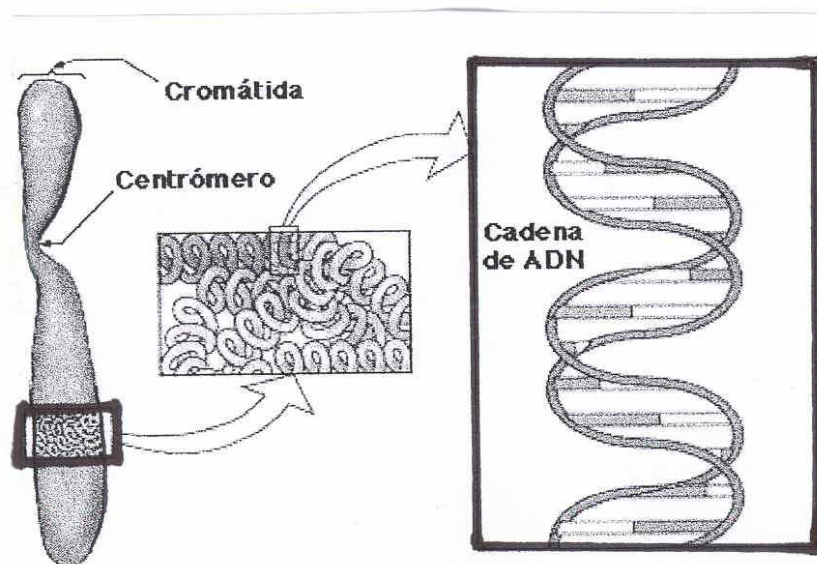


- Com veieu, cada cromosoma està constituït per dues parts iguals anomenades **cromàtides**, unides per un punt anomenat **centròmer**.
- Cada cromàtida és una molècula de DNA en estat de superenrotllament sobre si mateixa.
- Les dues molècules de DNA que corresponen a les dues cromàtides són idèntiques entre si, ja que són el resultat de la duplicació del DNA que ha tingut lloc abans d'iniciar-se el procés de divisió cel·lular.
- Cada un dels dos segments de cada cromàtida que queden per sota i per sobre del centròmer s'anomena **BRAÇ**.
- Hi ha diferents formes de cromosomes segons la posició del centròmer, tal com es mostra a la il·lustració següent.



El cromosoma en les darreres fases de la divisió cel·lular:

- En les darreres fases de la divisió cel·lular, a diferència del que trobàvem en les primeres fases, cada cromosoma està constituït tan sols per una cromàtida, ja que l'altra cromàtida idèntica a la qual va estar unit s'ha separat d'ell per anar a parar a l'altra cèl·lula filla.



Instruccions per al treball de grup

- 1- Disposeu-vos en grups de quatre, formant dues parelles a cadascun.
- 2- Cada alumne disposarà de dos fils de coure d'una determinada longitud, igual a la dels altres membres del seu grup i diferent de la dels altres grups.
- 3- A continuació, cada alumne enrotllarà els dos fils, formant una doble hèlix, procurant que quedi més o menys semblant a la dels seus companys. Aquesta doble hèlix representarà la doble hèlix d'una molècula de DNA.
- 4- Sobre aquesta doble hèlix, cada alumne, amb cinta aïllant de color vermell, recobrirà diferents trams, que representaran els gens. Tanmateix, abans haurà de posar-se d'acord amb els seus companys de grup, ja que els 4 membres hauran de disposar sobre la molècula de DNA un mateix nombre de gens i cadascun dels gens haurà de situar-se en un lloc determinat i amb una longitud determinada. Haureu de tenir en compte que:
 - els gens ocupen menys d'un 10% del DNA
 - els gens no estan disposats l'un a continuació de l'altre en la molècula de DNA, sinó separats per uns trams de longitud variable de DNA sense gens (més endavant veurem que a aquests trams se'ls anomena també "DNA basura").
- 5- Els 2 membres de cada parella uniran les seves dobles hèlix amb un clip, però posant-se d'acord amb l'altra parella del grup, ja que en ambdós casos el clip haurà d'ocupar la mateixa posició.
- 6- Tot seguit, cada parella aplicarà sobre la doble hèlix (tant en cadascun dels 2 trams que queden per sobre del clip com en cadascun dels 2 trams que queden per sota) un primer nivell d'enrotllament sobre si mateixa; això es pot fer enrotllant-la apretadament al voltant d'un bolígraf i després retirant el bolígraf. Posteriorment sotmetrà l'espiral així obtinguda a un segon nivell d'enrotllament i, finalment, a un tercer.

FELICITATS! Això que teniu a les mans representa el nostre model de cromosoma. Ara es tractarà de reflexionar una mica sobre ell i de veure si ens serveix per respondre una sèrie de preguntes.

Qüestions

1a. Part. Reflexió sobre els elements del model

- a- Dibuixeu la construcció que heu fet junt amb la vostra parella. Què representa?
- b- Què creieu que representa el clip que heu posat per mantenir unides les dues dobles hèlix? I tot el que queda per sobre i per sota d'aquest? Assenyaleu-ho sobre el dibuix anterior.
- c- Per què creieu que era necessari que els dos membres de la parella es possessin d'acord entre ells per marcar els mateixos trams de cinta aïllant?
- d- Què creieu que representa l'altra construcció que ha fet l'altra parella del vostre grup?
- e- Per què creieu que els 4 membres del grup teníeu els fils de coure de la mateixa longitud, i diferent de la dels altres grups?
- f- Era necessari posar-se d'acord amb l'altra parella del grup per situar la cinta aïllant de la mateixa manera? Justifiqueu-ho.

2a. Part. Utilitzem el model per a explicar fets

Tal com hem vist a l'apartat I, els models científics serveixen per a imaginar explicacions de com passen les coses (explicacions provisionals o hipòtesis que posteriorment caldrà verificar experimentalment). Utilitzeu el model que heu construït per tal d'explicar les qüestions següents.

- a- Acabada la divisió cel·lular, els cromosomes deixen de ser visibles amb el microscopi òptic; tanmateix, les molècules de DNA no desapareixen. Intenteu trobar una explicació a aquest fet.
- b- En la divisió cel·lular, es reparteixen per igual entre les cèl·lules filles tant els diferents gens com els diferents segments de DNA no codificant o "basura". Intenteu trobar una explicació a aquest fet.

3a. Part. Utilitzem el model per a fer prediccions

També hem vist a l'apartat I que els models científics, si estan ben fets, serveixen per a fer prediccions de què podria passar en determinades condicions. Utilitzeu el model que heu construït per tal d'explicar les qüestions següents.

- a- Què creieu que podria passar en la divisió cel·lular, a l'hora de repartir el DNA entre les dues cèl·lules filles, si aquest no s'hagués condensat formant cromosomes? Justifica la teva resposta.
- b- Creieu que seria possible la duplicació de les molècules de DNA si sempre es trobessin en estat condensat o de cromosoma?

4a. Part. Pensem una altra manera de representar el model de cromosoma

Ben segur que podríem trobar altres maneres de representar el model de cromosoma que estem estudiant (recordeu que, quan treballàvem el model de DNA vàrem parlar de representar el DNA com una cremallera?). Intenteu imaginar una altra manera de representar el model de cromosoma, que serveixi per explicar com un material portador d'informació duplicada (el DNA) pot condensar-se o descondensar-se per tal d'assegurar una exacta repartició de la informació en 2 lots iguals. Expliqueu què representaria cada element.