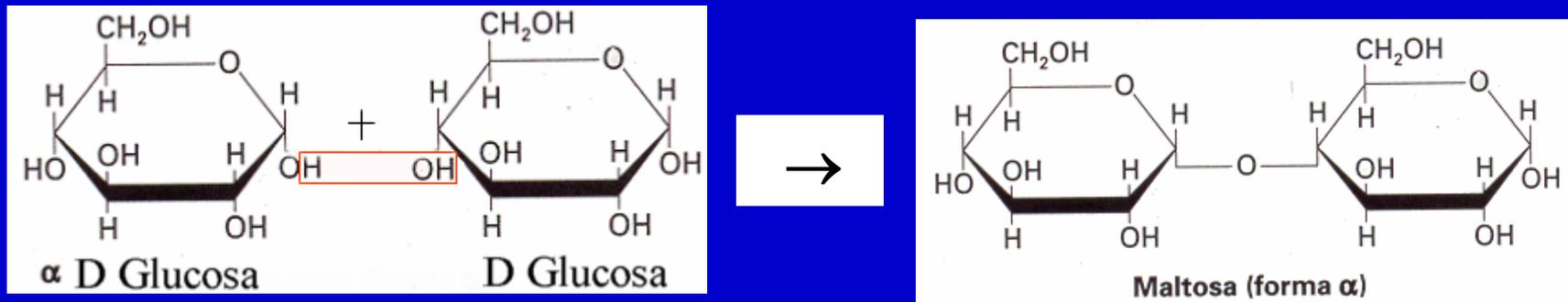


**DISACÁRIDOS**

Son compuestos formados por **2 monosacáridos** que se unen mediante **enlace glicosídico**. Este enlace es semejante a un enlace éter (alcohol + alcohol = éter + agua), pero de los 2 OH que participan en el enlace, uno pertenece siempre a un carbono anomérico.

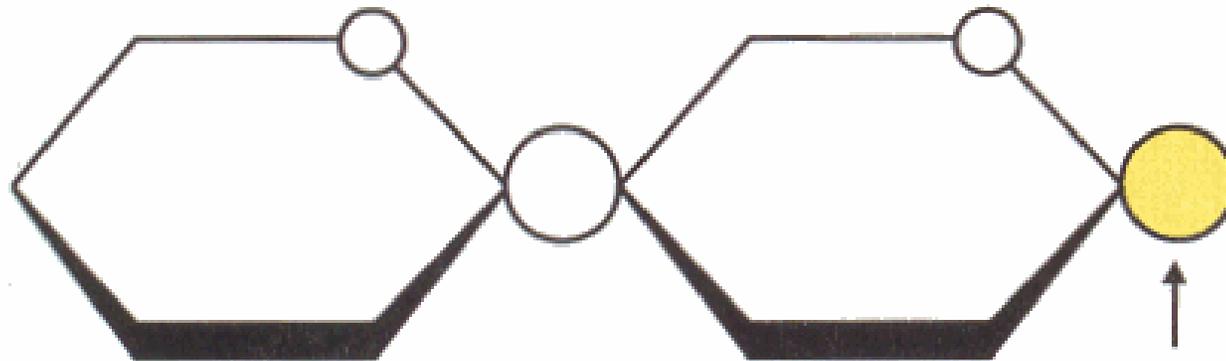


Este disacárido que hemos puesto como ejemplo, es un **disacárido reductor** porque la 2<sup>a</sup> molécula de glucosa puede pasar a la forma de cadena abierta, y por lo tanto, su grupo aldehído puede oxidarse a ácido, y entonces podría reducir a otra disolución.

Si el enlace glicosídico se estableciera entre dos carbonos anoméricos, el disacárido sería **"no reductor"** ya que ambos monosacáridos pierden la capacidad de pasar a la forma abierta.

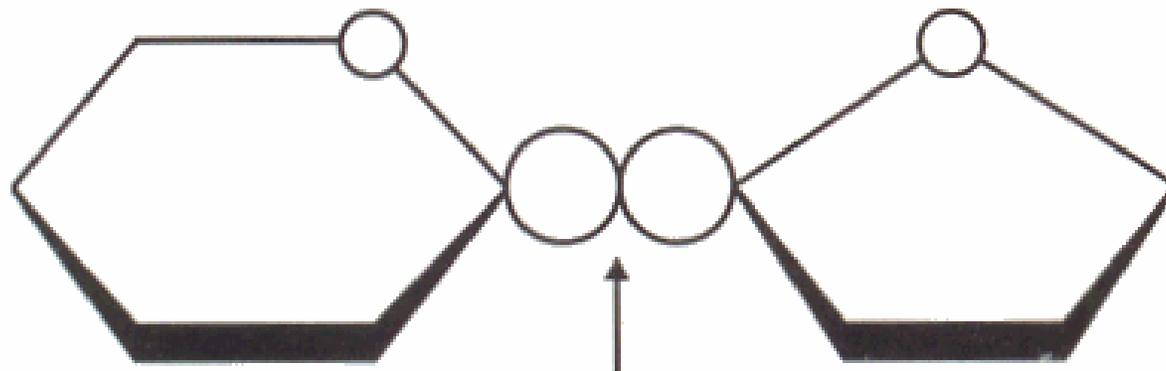
Además tienen otras **propiedades similares a las de los monosacáridos**: son de sabor dulce, blancos, fácilmente cristalizables y muy solubles en agua.

### DISACÁRIDO REDUCTOR



GRUPO  
ALDEHÍDO LIBRE  
O CETONA

### DISACÁRIDO NO REDUCTOR



GRUPOS ALDEHÍDOS  
IMPLICADOS EN EL ENLACE

## DISACÁRIDOS MÁS IMPORTANTES:

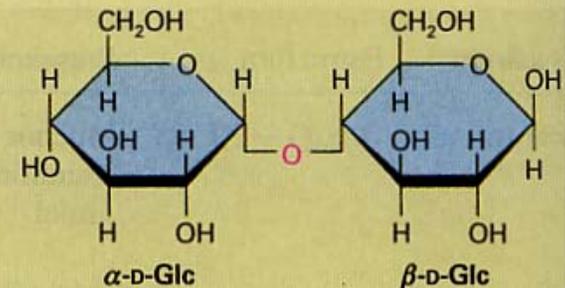
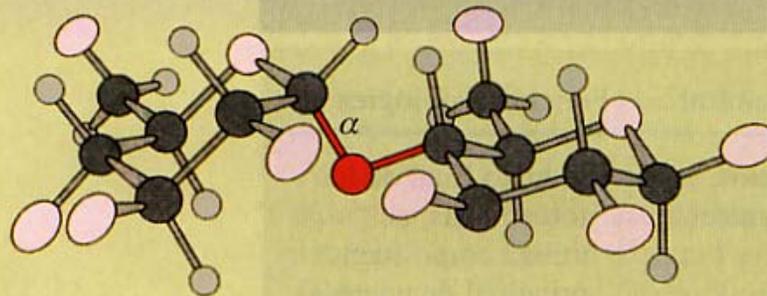
**Reductores.** Se nombran terminados en osa:

\* Formados por glucosa + glucosa:

**Maltosa:** 4 $\alpha$ D glucopiranosil - ( $\alpha$  o  $\beta$ ) D glucopiranosil

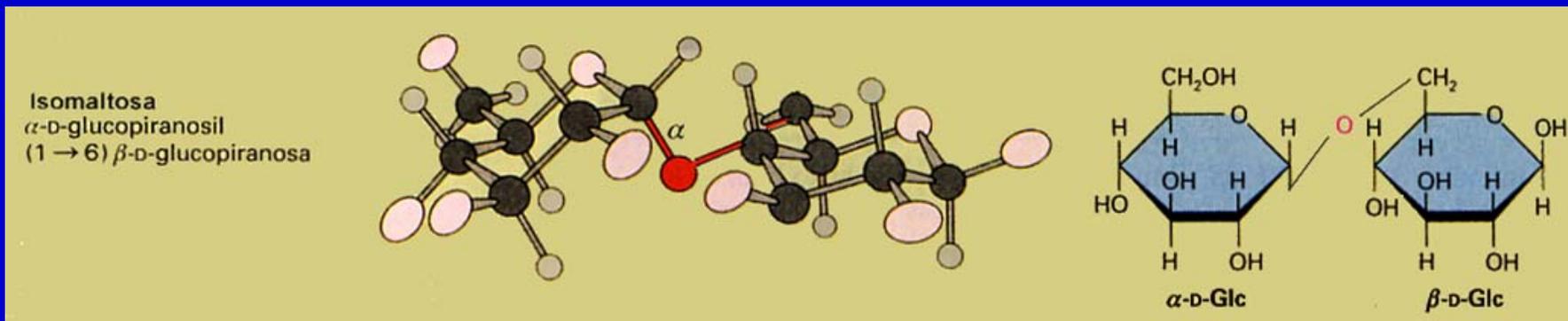
$\alpha(1 \rightarrow 4)$  Es un producto de degradación de polisacáridos, por ej. el almidón y glucógeno. De forma libre se encuentra en la semilla germinada de la cebada (se emplea para fabricar cerveza, junto con el lúpulo). La maltosa recibe también el nombre de azúcar de malta, porque la semilla tostada se emplea como sustituto del café y recibe el nombre de malta.

Maltosa:  
 $\alpha$ -D-glucopiranosil  
(1  $\rightarrow$  4)  $\beta$ -D-glucopiranosil

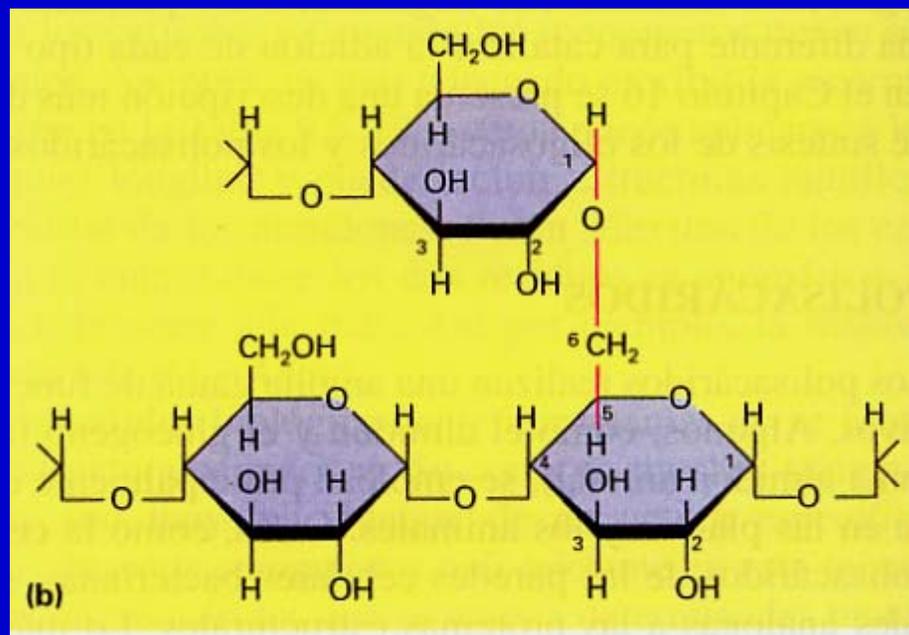


**Isomaltosa:** 6  $\alpha$  D glucopiranosil - ( $\alpha$  o  $\beta$ ) D glucopiranosil

$\alpha$  (1  $\rightarrow$  6) No se encuentra libre en la naturaleza, sino que se obtiene por hidrólisis de la amilopectina (es un componente del almidón).



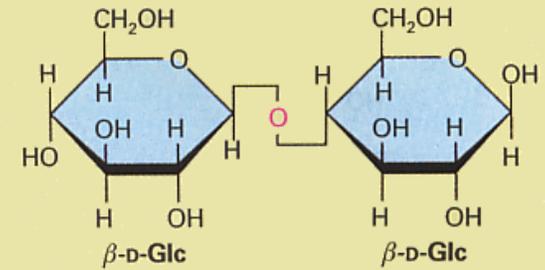
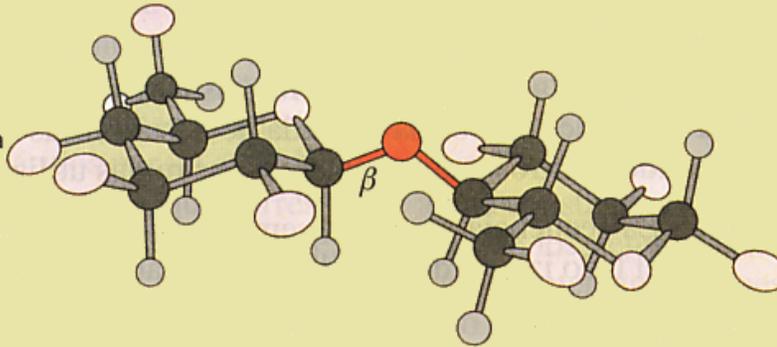
**Maltosa** e **isomaltosa** formando parte del **almidón** o del **glucógeno**



**Celobiosa:** 4  $\beta$  D glucopiranosil - ( $\alpha$  o  $\beta$ ) D glucopiranosil

$\beta(1 \rightarrow 4)$  No se encuentra libre en la naturaleza, pero es el producto de hidrólisis de la **celulosa**.

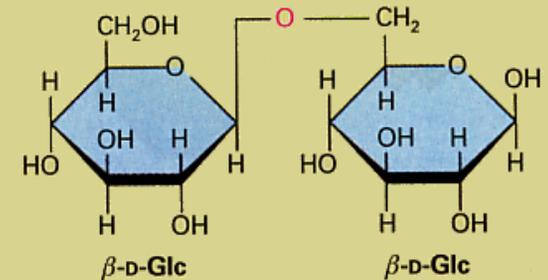
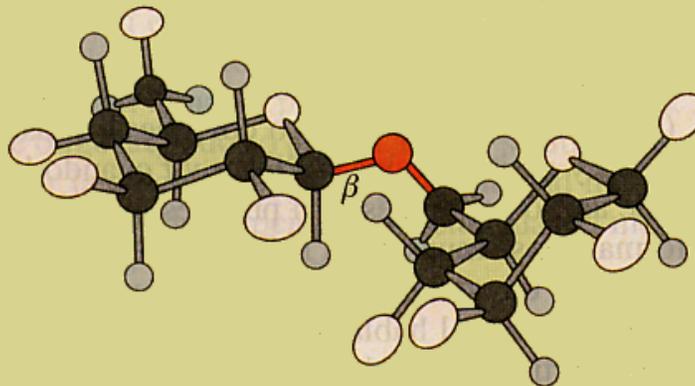
Celobiosa:  
 $\beta$ -D-glucopiranosil  
(1  $\rightarrow$  4)  $\beta$ -D-glucopiranosil



**Gentiobiosa:** 6  $\beta$  D glucopiranosil - ( $\alpha$  o  $\beta$ ) D glucopiranosil

$\beta(1 \rightarrow 6)$

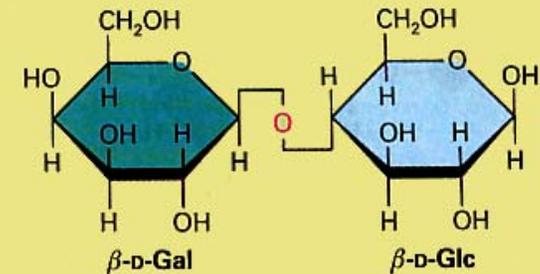
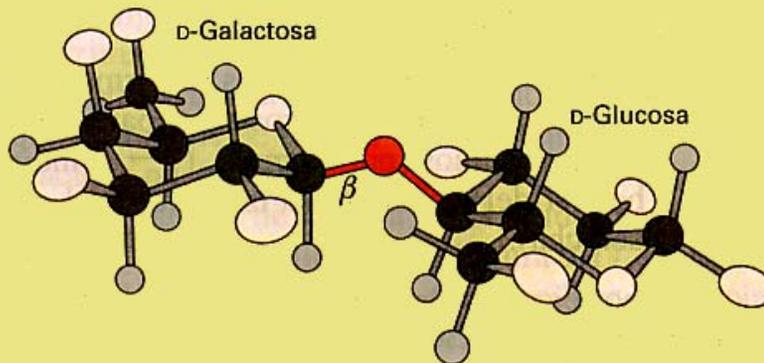
Gentiobiosa:  
 $\beta$ -D-glucopiranosil  
(1  $\rightarrow$  6)  $\beta$ -D-glucopiranosil



## \* Formados por galactosa + glucosa

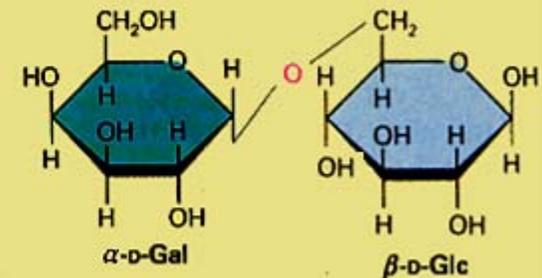
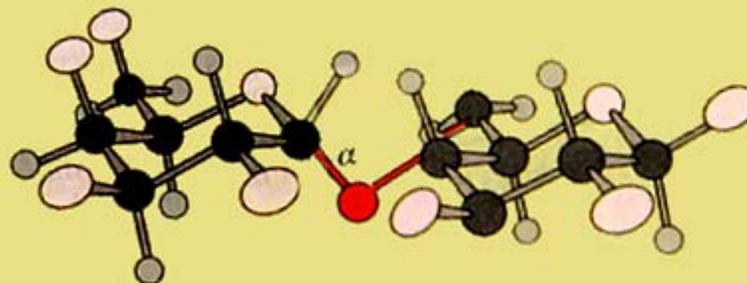
**Lactosa**: 4  $\beta$  D galactopiranosil - ( $\alpha$  o  $\beta$ ) glucopiranososa  $\beta$  (1  $\rightarrow$  4). Se encuentra en la leche de los mamíferos, es más abundante en la leche humana que en la vacuno. No existe en ninguna otra fuente natural.

Lactosa:  
 $\beta$ -D-galactopiranosil  
 (1  $\rightarrow$  4)  $\beta$ -D-glucopiranososa



**Melibiososa**: 6 $\alpha$  D galactopiranosil - ( $\alpha$  o  $\beta$ ) glucopiranososa  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  6)

Melibiososa  
 $\alpha$ -D-galactopiranosil  
 (1  $\rightarrow$  6)  $\beta$ -D-glucopiranososa



**No reductores.** Se nombran terminados en óxido.

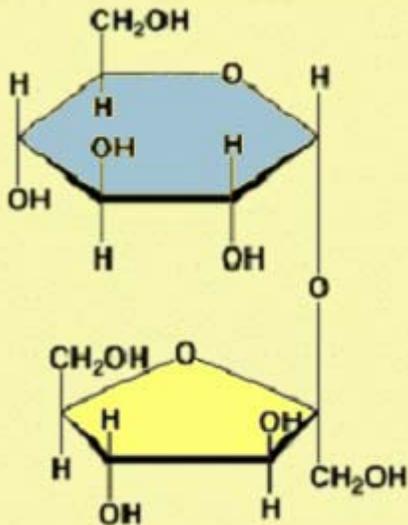
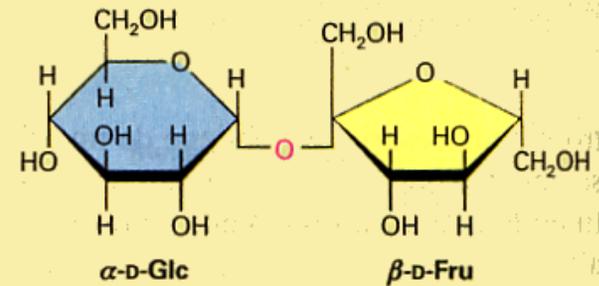
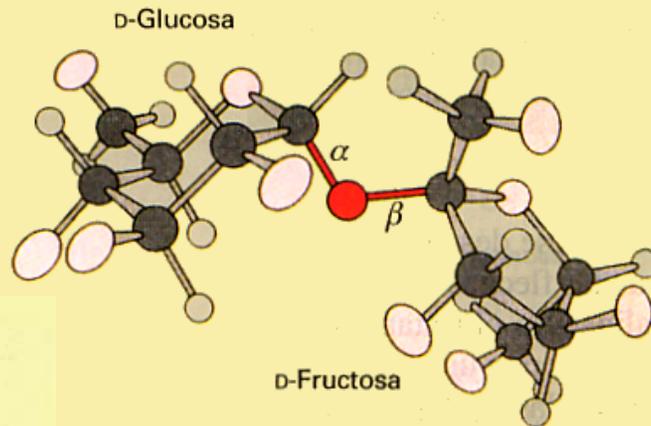
**Sacarosa**: 1  $\alpha$  D glucopiranosil - 2  $\beta$  D fructofuranósido

**O  $\alpha$ D glucopiranosil (1 $\rightarrow$  2)  $\beta$  D fructofuranósido<sup>(2)</sup>**

**Glc ( $\alpha$ 1 $\rightarrow$  2) Fru<sup>(2)</sup>**

Se encuentra en la caña de azúcar (20 % del peso) y en la remolacha azucarera (15 % de peso) <sup>(1)</sup>.

Sacarosa:  
 $\alpha$ -D-glucopiranosil  
(1  $\rightarrow$  2)  $\beta$ -D-fructofuranósido



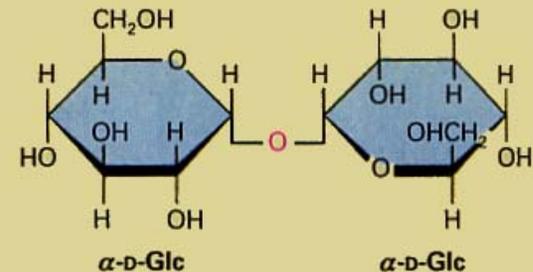
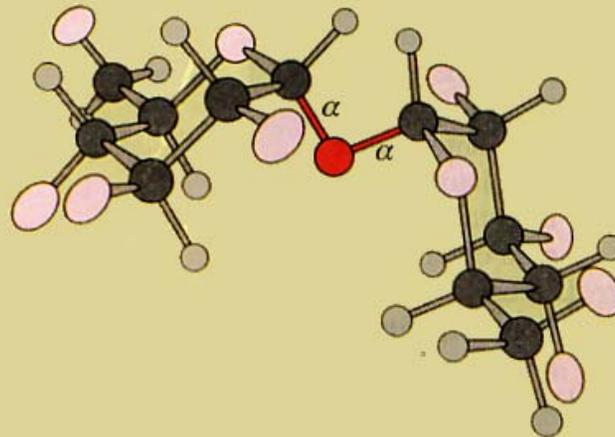
(1) La **sacarosa** es **dextrógira**, (+66,5°), pero si se hidroliza (por acción de las **sacarasas** presentes en la saliva de las **abejas**, que hacen la miel), la **mezcla de D glucosa** (+52,5 °) y de **D Fructosa** (-92,5°) es **levógira**.

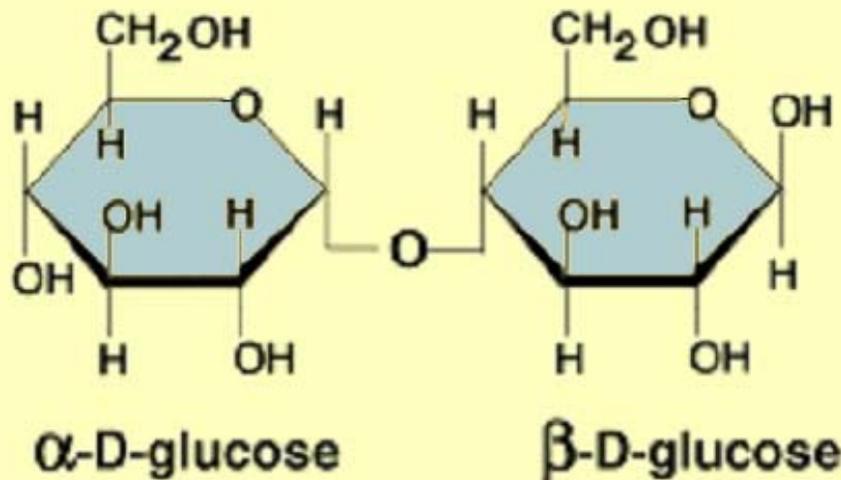
(2) Otro tipo de nomenclatura, una de ellas abreviada.

**Trehalosa**: 2 glucosas unidas por el carbono anomérico, las dos en posición  $\alpha$ .

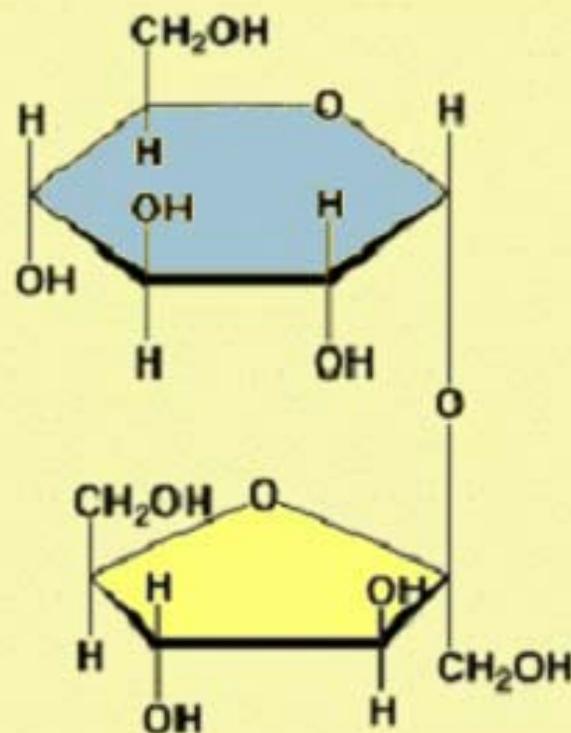
**O  $\alpha$ D glucopiranosil (1 $\rightarrow$ 1) D glucopiranósido<sup>(2)</sup>**  
**Glc ( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 1) Glc<sup>(2)</sup>**

$\alpha, \alpha$ -Trehalosa:  
 $\alpha$ -D-glucopiranosil  
 (1  $\rightarrow$  1)  $\alpha$ -D-glucopiranososa



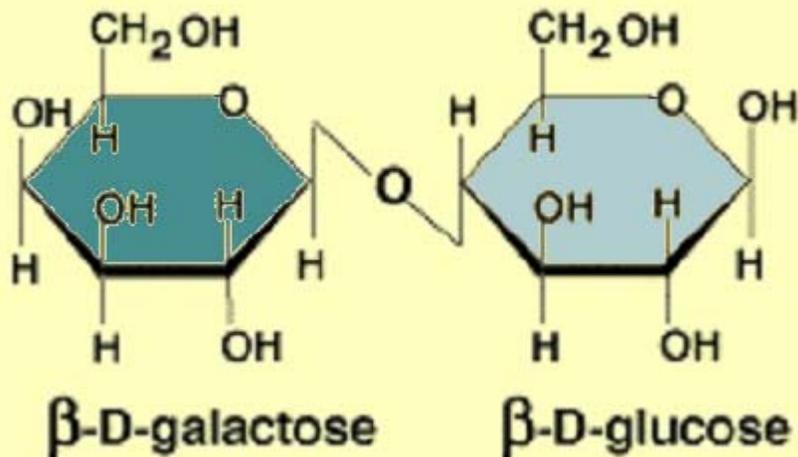


Reconoce los siguientes disacáridos.



Sacarosa

Maltosa



Lactosa

# **POLISACÁRIDOS**

Están formados por **más de 10 monosacáridos**. Es la forma **más común** en la que se presentan los hidratos de carbono o glúcidos en la naturaleza. Tienen todos un **elevado peso molecular**. Por **hidrólisis** completa dan lugar a **monosacáridos o disacáridos**.

Tienen pesos moleculares muy elevados, **no cristalizan** con facilidad, **no** son de **sabor dulce**, **no** son **solubles** en agua, sino que forman **disoluciones coloidales** o son **totalmente insolubles** como la celulosa y suelen ser de colores blancos.

## CLASIFICACIÓN

- **Homopolisacáridos**: si están formados por un tipo de monosacáridos
- **Heteropolisacáridos**: si están formados por dos o más tipos de monosacáridos.

## FUNCIONES DE LOS POLISACÁRIDOS

- Como **sustancias de reserva de energía** sobre todo. Por ej. el **glucógeno** y el **almidón**.
- Como **compuestos estructurales**. Por ej. la **celulosa**.

## POLISACÁRIDOS MÁS IMPORTANTES:

### Polisacáridos de reserva:

\* **Almidón**: constituye la **reserva de glucosa** en los **vegetales**. Se suele depositar en forma de **grandes gránulos** en los **cloroplastos**, **vacuolas** y en el **citoplasma** celular. Los granos de almidón suelen tener un diámetro de 100 a 400  $\mu\text{m}$ .

El almidón está formado por dos tipos de moléculas: amilosa y amilopectina.

- **Amilosa**: son cadenas largas no ramificadas de glucosa, unidas por enlace  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4). Su peso molecular oscila entre pocos miles y 500000. Suelen formar en el espacio una hélice capaz de introducir en su interior el **ión  $\text{I}_3^-$**  ( $\text{I}_2 - \text{I}^-$ , **ión iodoiodurado**).

Cuando esto ocurre, una disolución coloidal que contenga almidón pasa de su color **blanquecino** a color **violeta**. Este ión está contenido en el **reactivo de Lugol**. Aproximadamente **el 20% del almidón** se encuentra de esta forma.

- **Amilopectina**: es una molécula **ramificada**. El esqueleto es similar al de la amilosa, es decir, moléculas de glucosa unidas por enlace  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4) (**maltosa**), pero tiene ramificaciones de 12 unidades de glucosa que aparecen más o menos cada 12 restos de glucosa. Los puntos de ramificación son  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  6). (**isomaltosa**) El **80%** del almidón se encuentra de esta manera.

Cuando tenemos una disolución de almidón, la amilopectina se tiñe de color **rojo púrpura** con **Lugol**, sin embargo, en conjunto se produce un color **azul violeta intenso**, porque aunque sólo hay un 20% de amilosa, ésta tiene más afinidad por el iodo.

El enzima **amilasa (ptialina salivar)** que está presente en el jugo pancreático y en la saliva, rompe los enlaces  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4) durante todo el trayecto gastrointestinal. Asimismo, existe otro enzima  **$\alpha$  (1  $\rightarrow$  6) glucosidasa** que rompe los enlaces  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  6). Entre las dos degradan completamente al almidón hasta **maltosa** y **glucosa**. Inicialmente el almidón se desdobra en unos polímeros intermedios de cadena corta que reciben el nombre de **dextrinas**.

## Tinción con Lugol I<sub>3</sub><sup>-</sup>

**Almidón** En conjunto **azul violeta intenso** { Amilosa 20 % **Violeta**  
{ Amilopectina 80 % **Rojo púrpura**

**Glucógeno** **Rojo pardo**

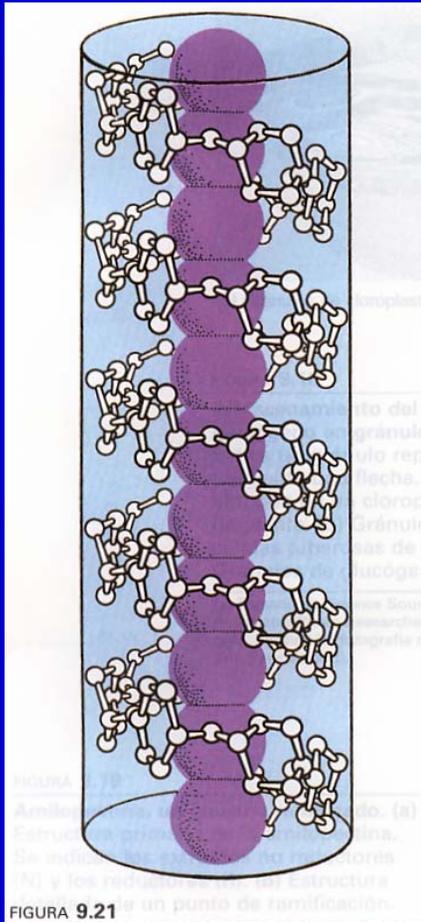


FIGURA 9.21  
**Complejo amilosa-yodo.** Las filas de átomos de yodo se adaptan exactamente al núcleo de la hélice de amilosa.

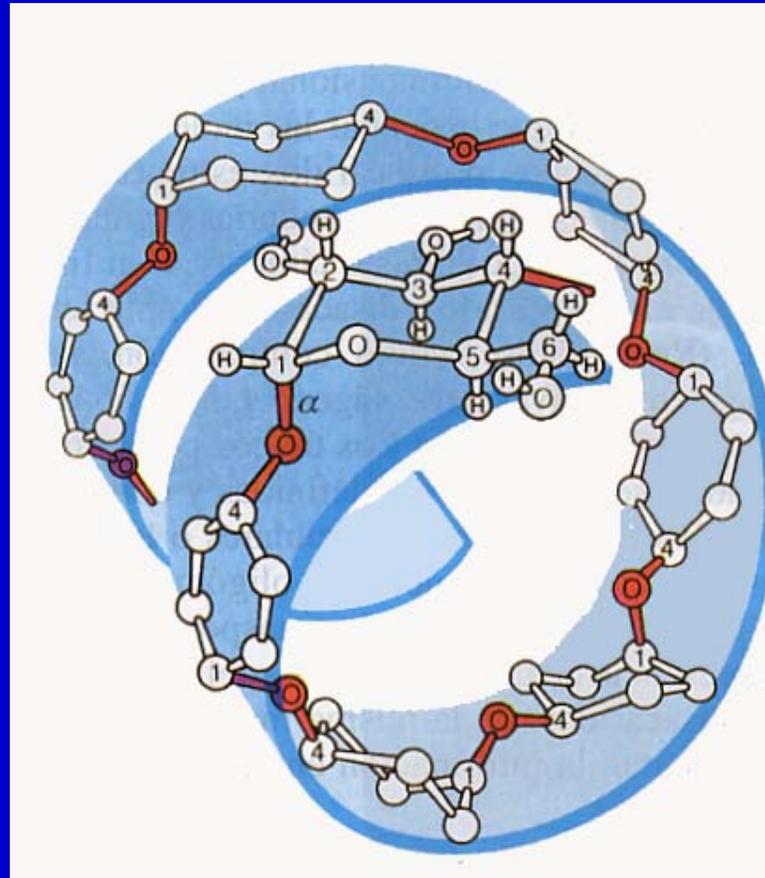


FIGURA 9.20

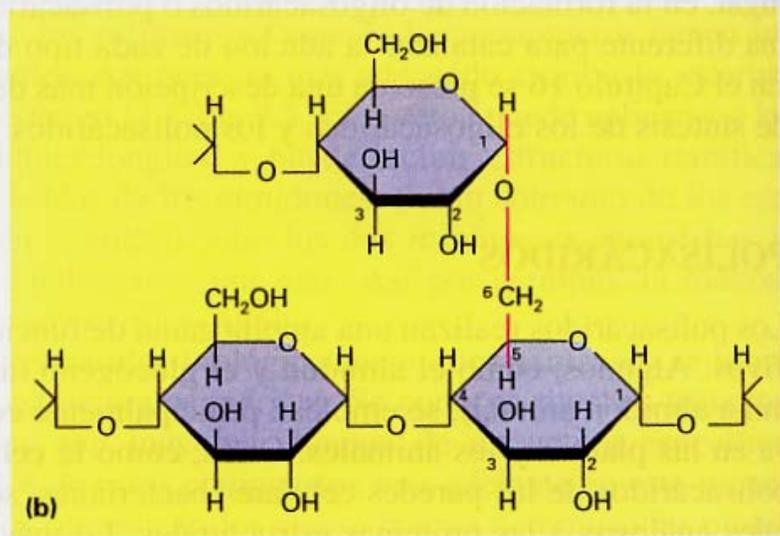
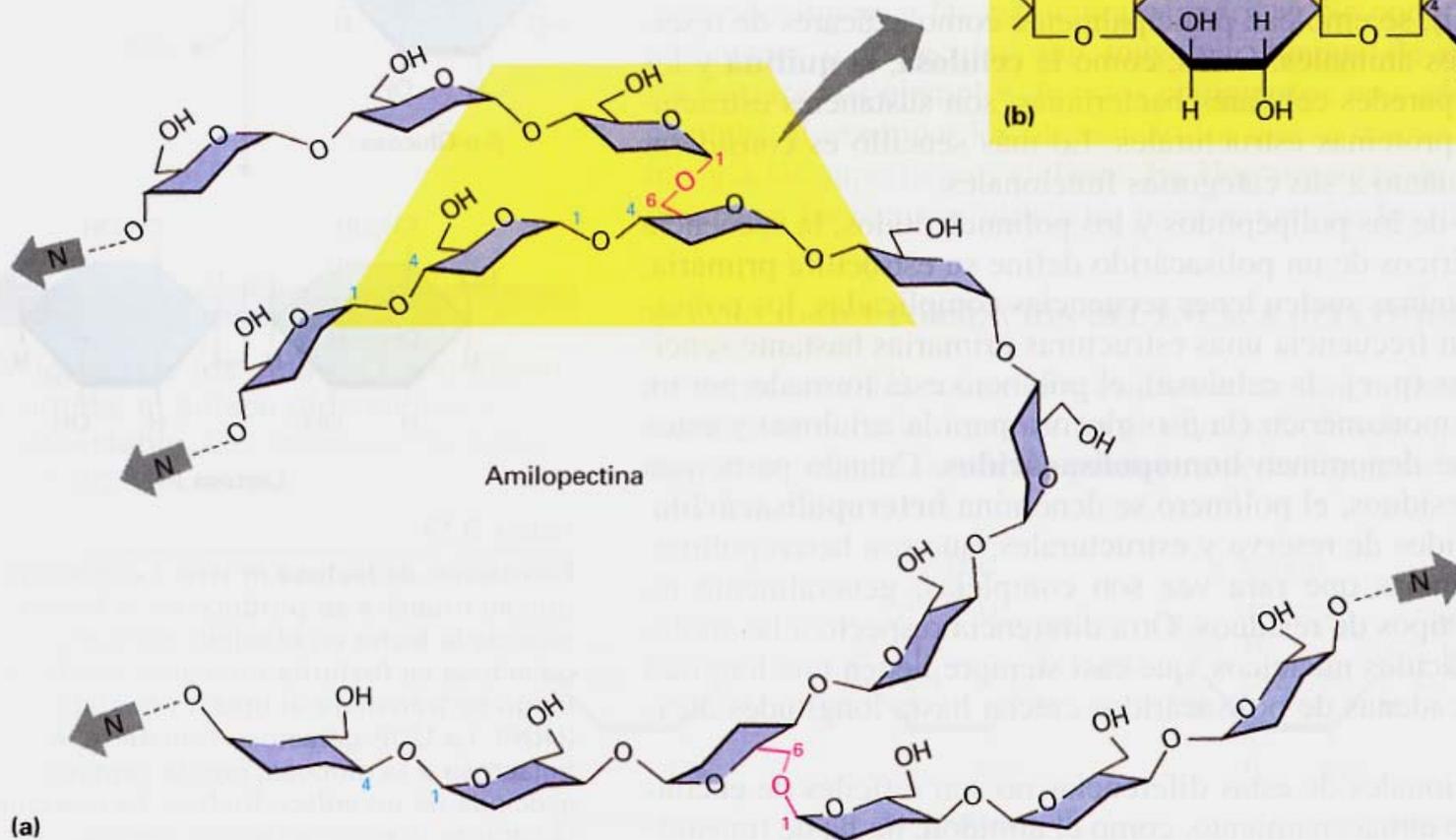
**Estructura secundaria de la amilosa.** La orientación de los residuos sucesivos de glucosa favorece la generación de la hélice. Obsérvese el núcleo grande. Los enlaces glucosídicos se indican en rojo.

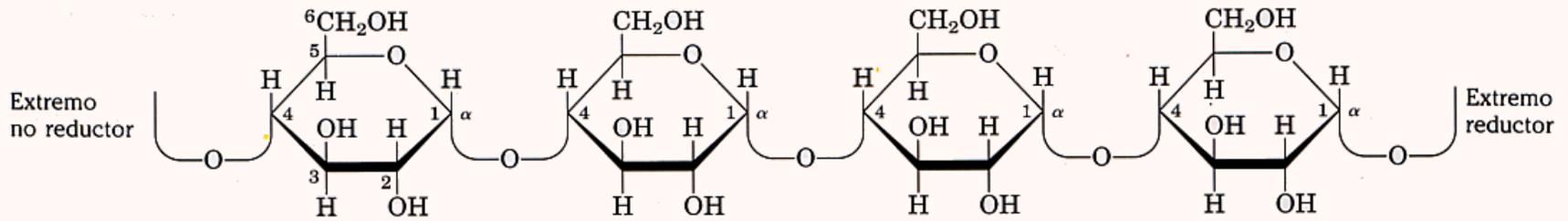
© Irving Geis.

FIGURA 9.19

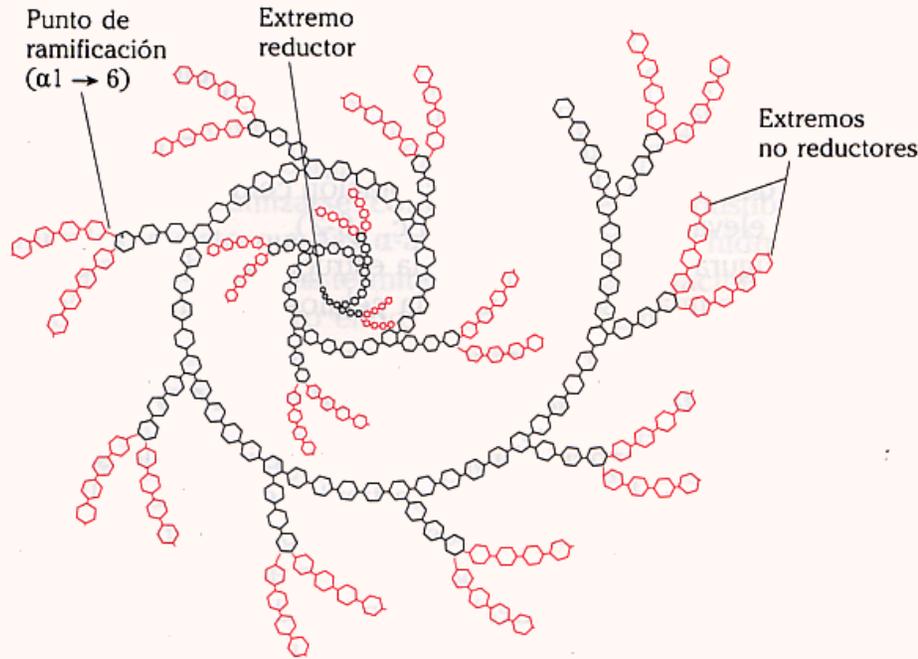
**Amilopectina, un glucano ramificado.** (a) Estructura primaria de la amilopectina. Se indican los extremos no reductores (N) y los reductores (R). (b) Estructura detallada de un punto de ramificación.

© Irving Geis.

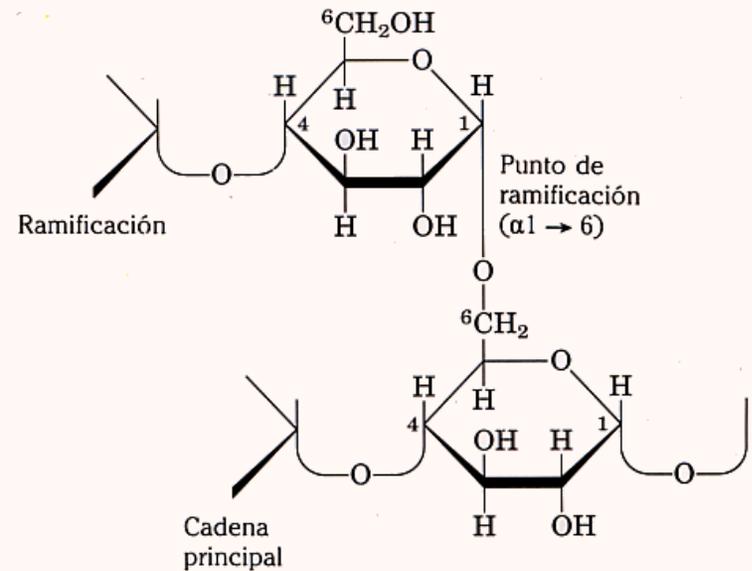




(a)



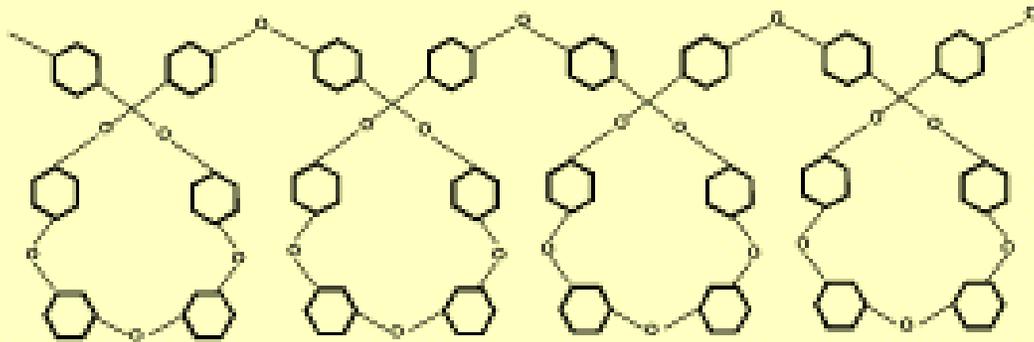
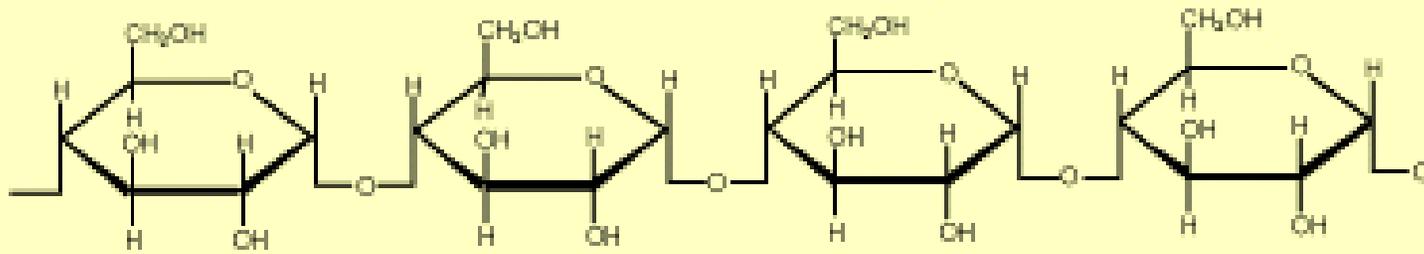
(b)



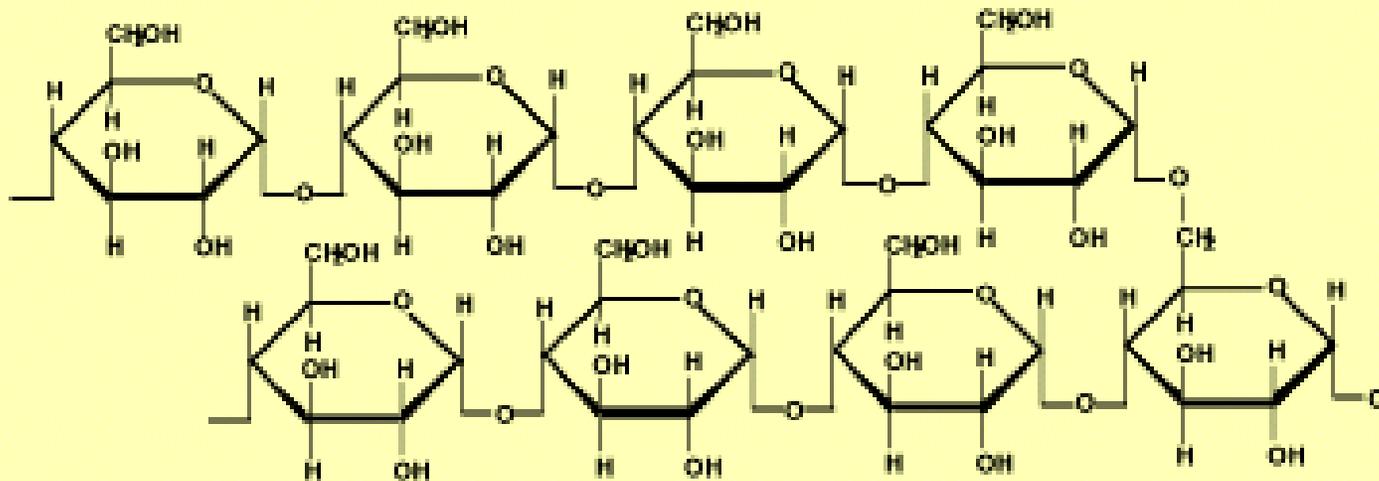
(c)

**Figura 11-15** Amilosa y amilopectina, polisacáridos del almidón. **(a)** Amilosa, un polímero lineal de unidades de D-glucosa unidas por enlaces ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ). Cada cadena de polímero puede contener varios miles de moléculas de D-glucosa. **(b)** Amilopectina. Cada hexágono representa un residuo de glucosa. Los hexágonos coloreados son residuos de las ramas externas, que son eliminados enzimáticamente

durante la movilización intracelular del almidón para la producción de energía. Aquí se muestra sólo una pequeña parte de una molécula mucho más larga. El glucógeno tiene una estructura similar, pero es más ramificado y compacto. **(c)** Estructura de un punto de ramificación ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ). Durante la degradación del almidón se necesita un enzima específico para romper el enlace ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ).

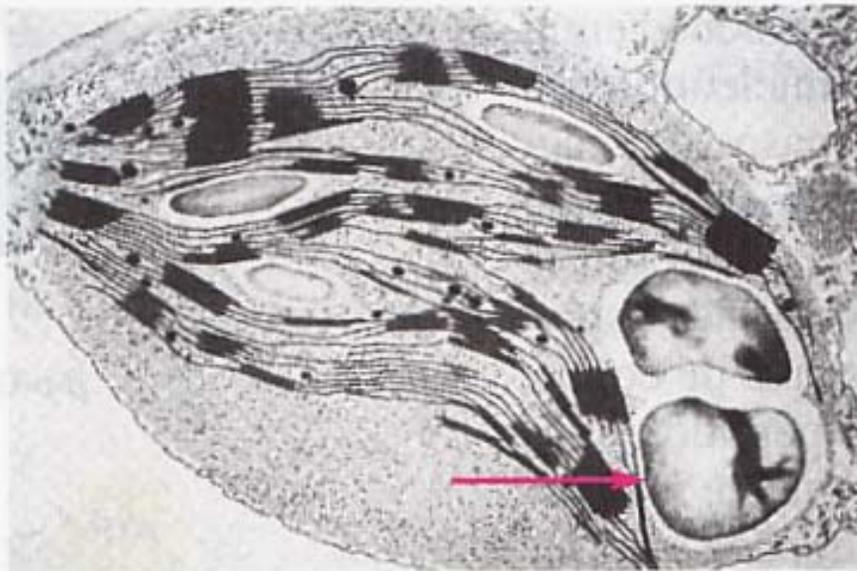


**Aмилаsa**

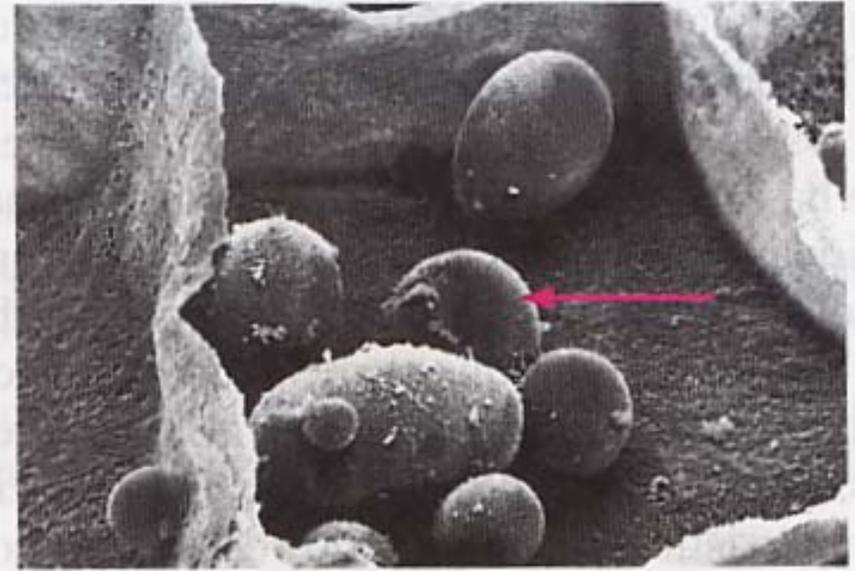


**Амилопектина**





(a) Gránulos de cloroplasto

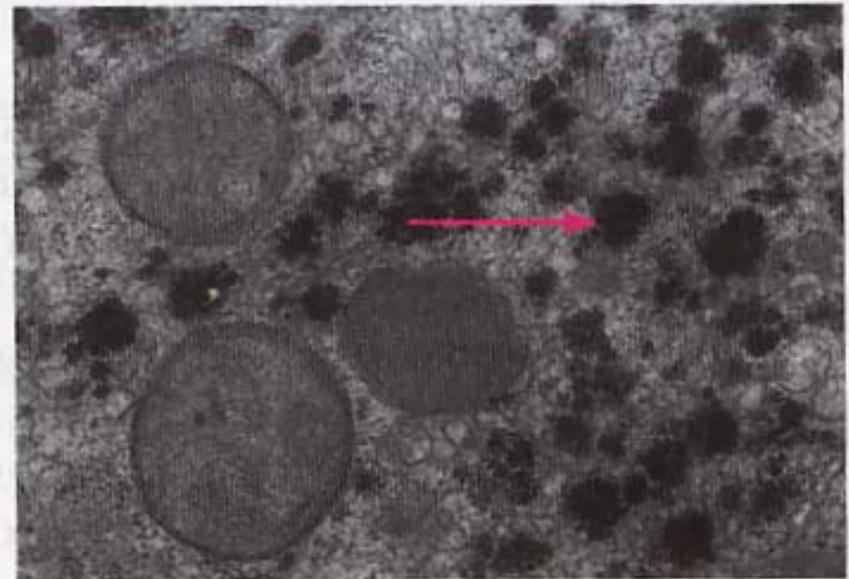


(b) Gránulos de célula tuberosa

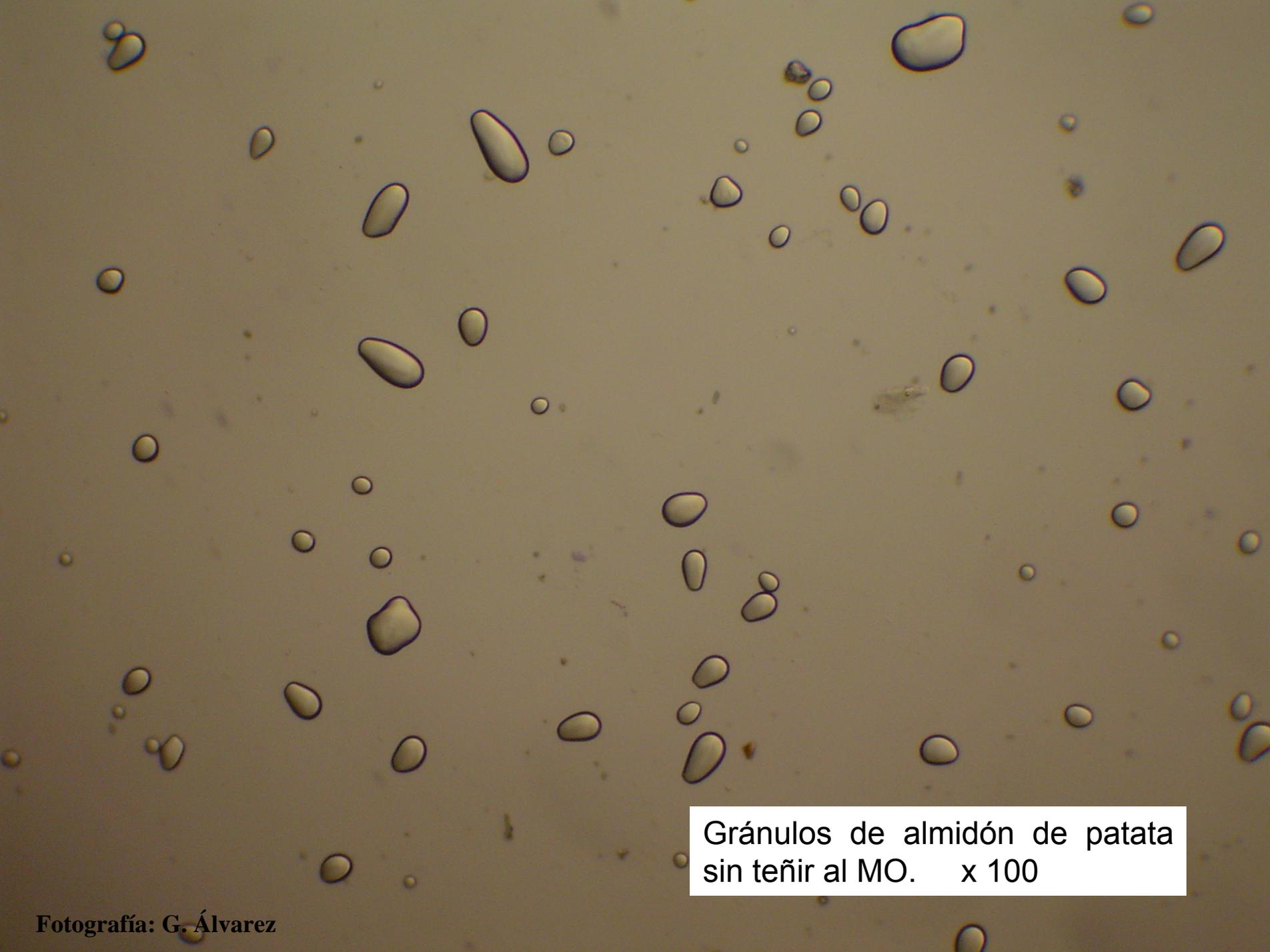
**FIGURA 9.18**

**Almacenamiento del almidón y del glucógeno en gránulos.** En cada caso se indica un gránulo representativo mediante una flecha. **(a)** Gránulos de almidón en un cloroplasto de una hoja de planta. **(b)** Gránulos de almidón de las células tuberosas de la patata. **(c)** Gránulos de glucógeno del hígado.

**(a)** Tomado de Science Source, © Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.; **(b)** cortesía del Dr. L. M. Beidler; **(c)** fotografía microscópica cortesía de Don Fawcett, M.D.



(c) Gránulos hepáticos

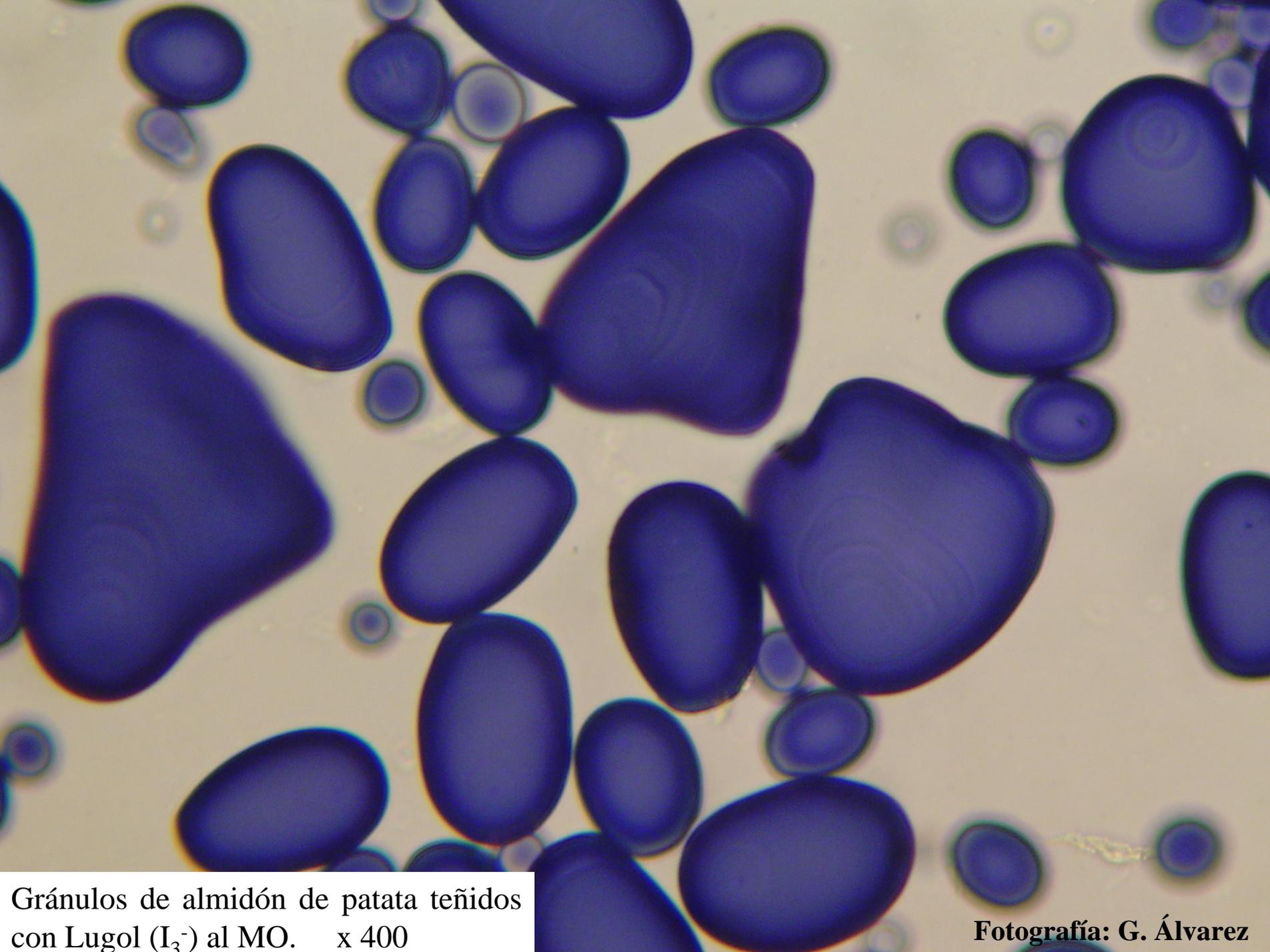


Gránulos de almidón de patata  
sin teñir al MO. x 100



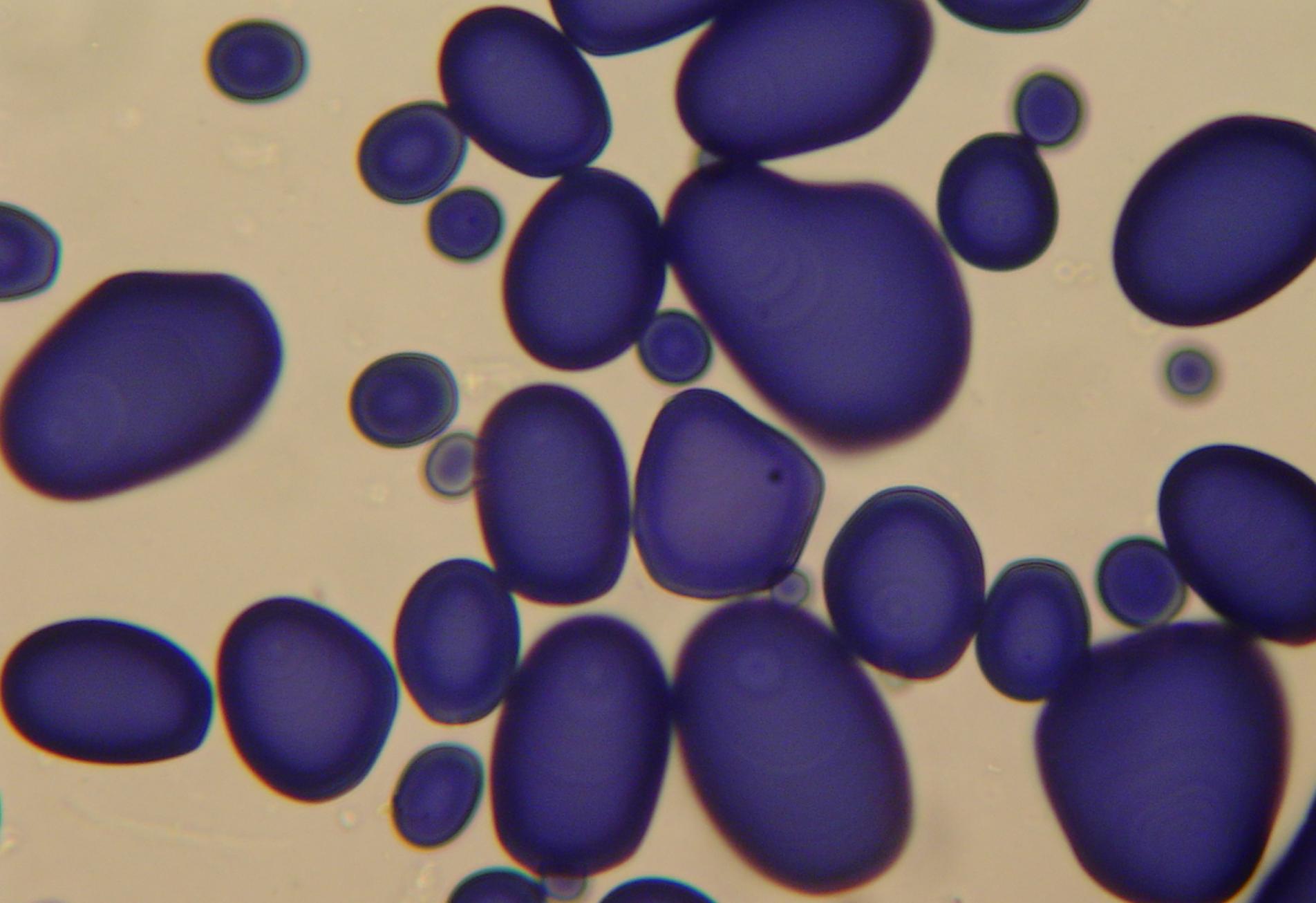
Fotografía: G. Álvarez

Gránulos de almidón de patata  
sin teñir al MO. x 400



Gránulos de almidón de patata teñidos con Lugol ( $I_3^-$ ) al MO. x 400

Fotografía: G. Álvarez



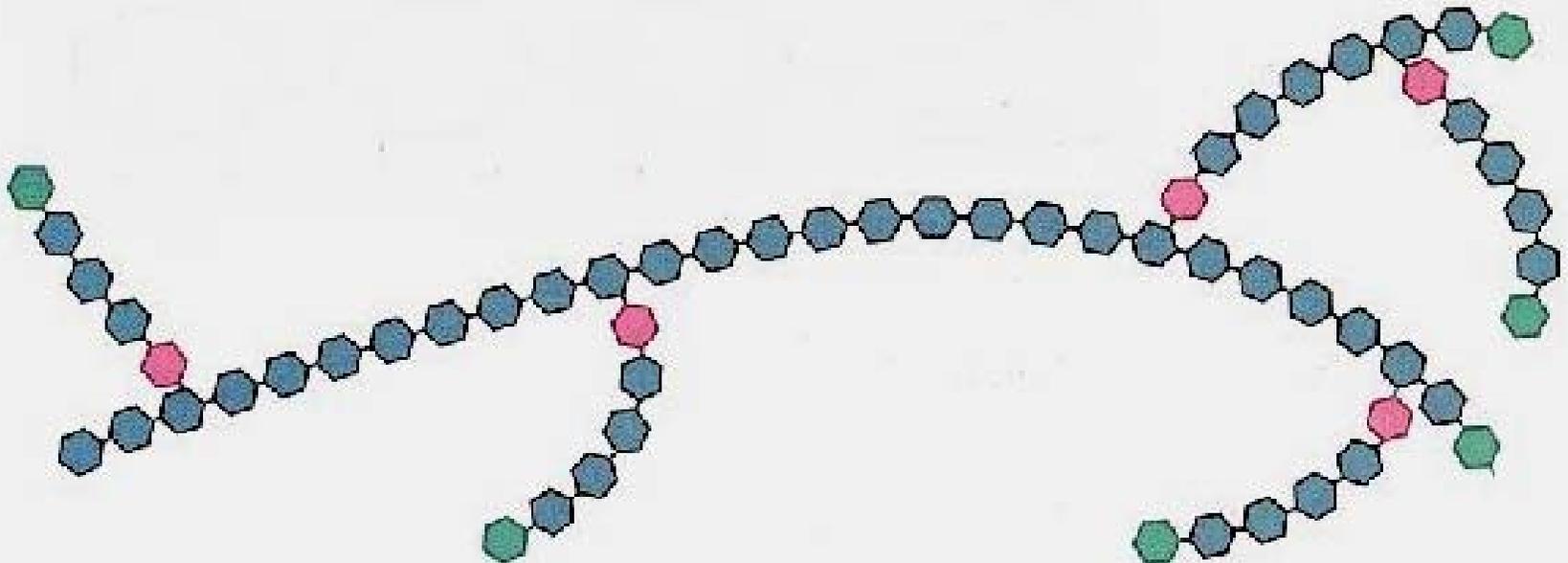
Gránulos de almidón de patata teñidos con Lugol ( $I_3^-$ ) al MO. x 400

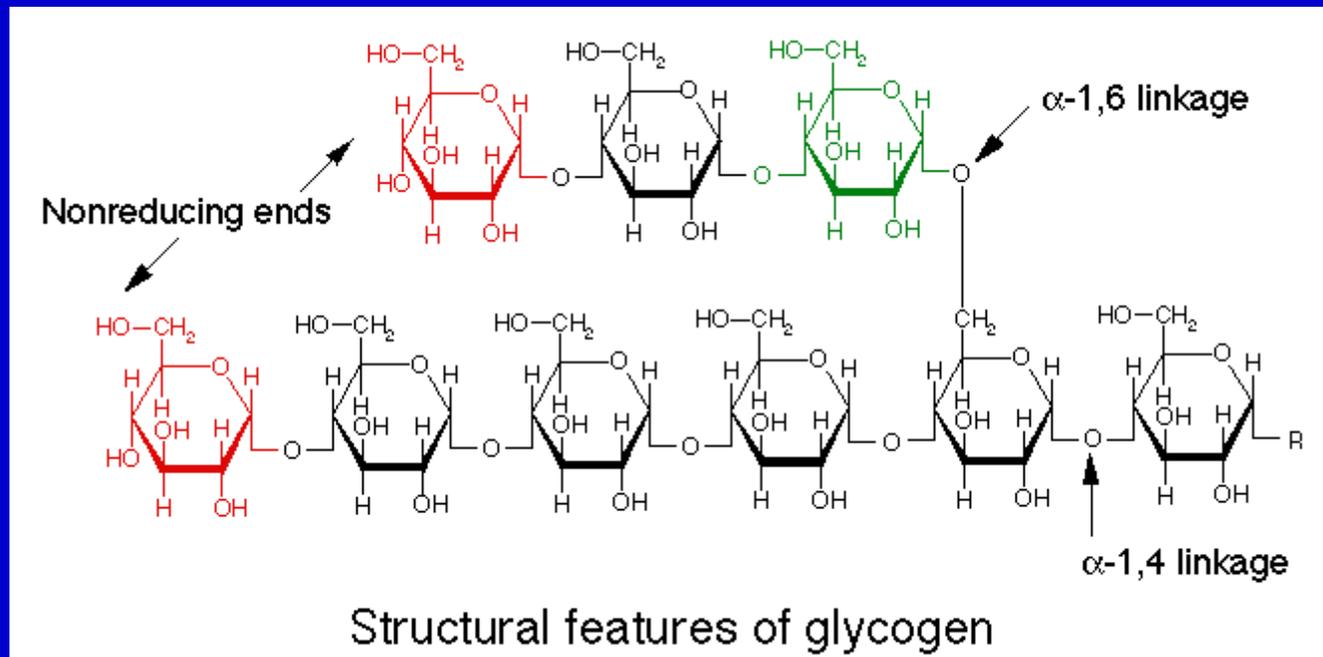
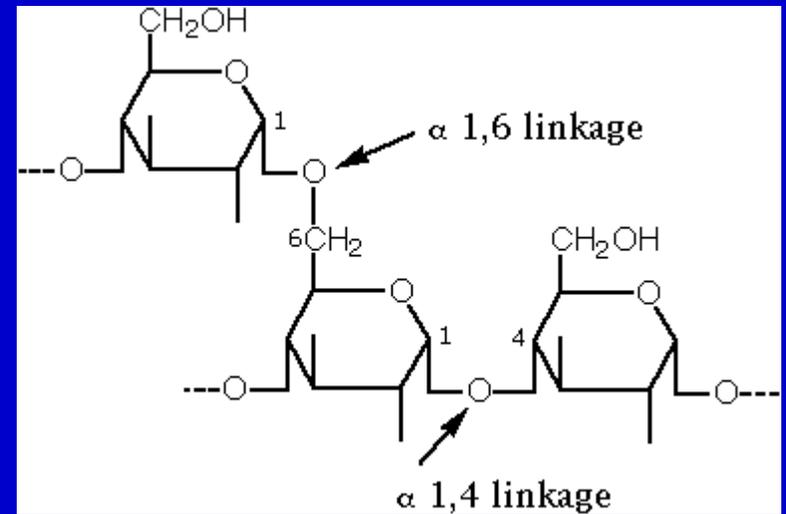
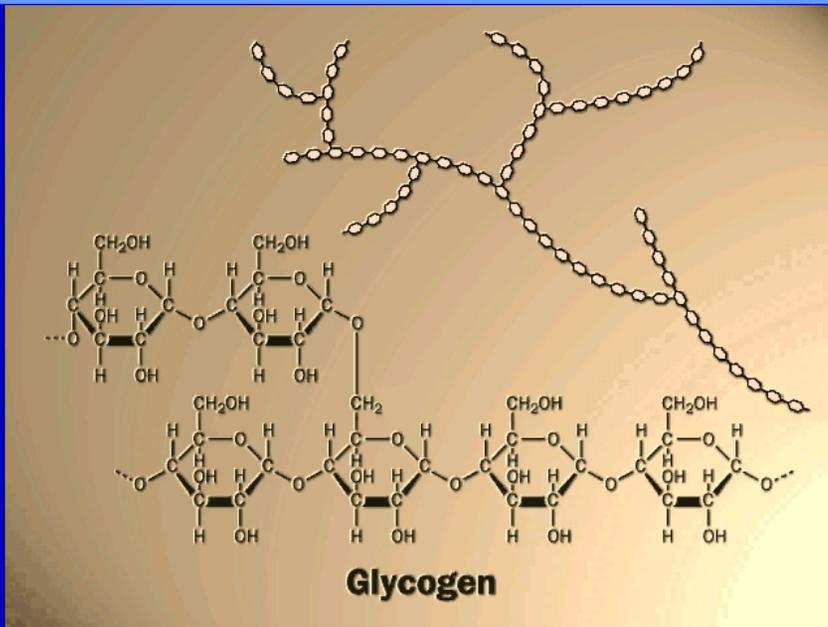
Fotografía: G. Álvarez

\* **Glucógeno**: constituye la **reserva de glucosa** en los **animales**. Se encuentra en todos los tejidos animales, sobre todo en el hígado y en los músculos. Es también un polímero de la D glucosa.

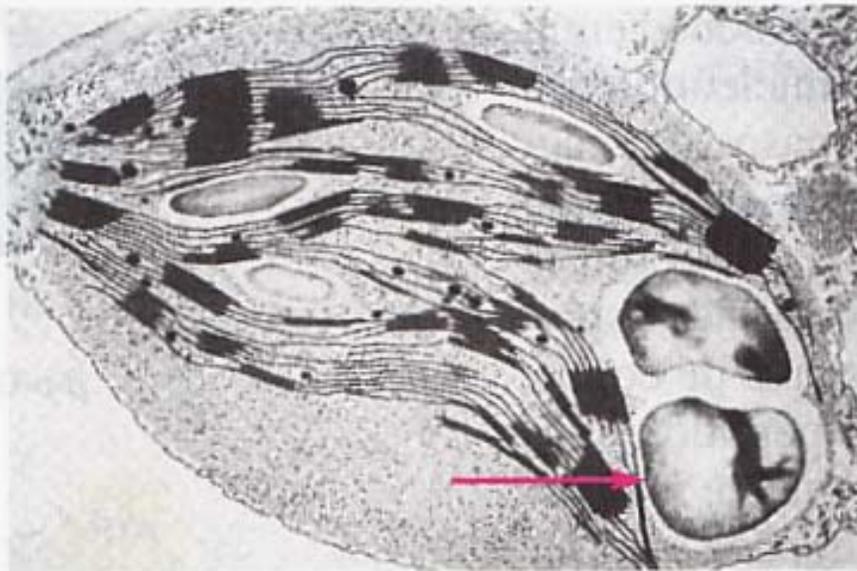
Los enlaces son  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4) y tienen una estructura similar a la de la amilopectina, pero está **más ramificado**. Aproximadamente aparece en puntos de ramificación cada **8 o 10 restos de glucosa**. Los puntos de ramificación son también  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  6).

Se hidroliza también con facilidad por acción de las **amilasas** (proteínas enzimáticas) hasta **maltosa** y **glucosa**.

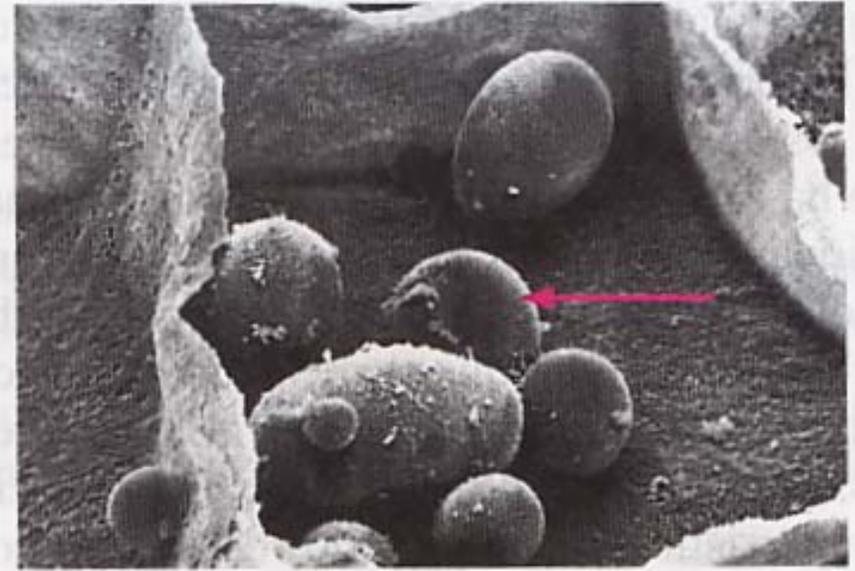




**Glucógeno**



(a) Gránulos de cloroplasto

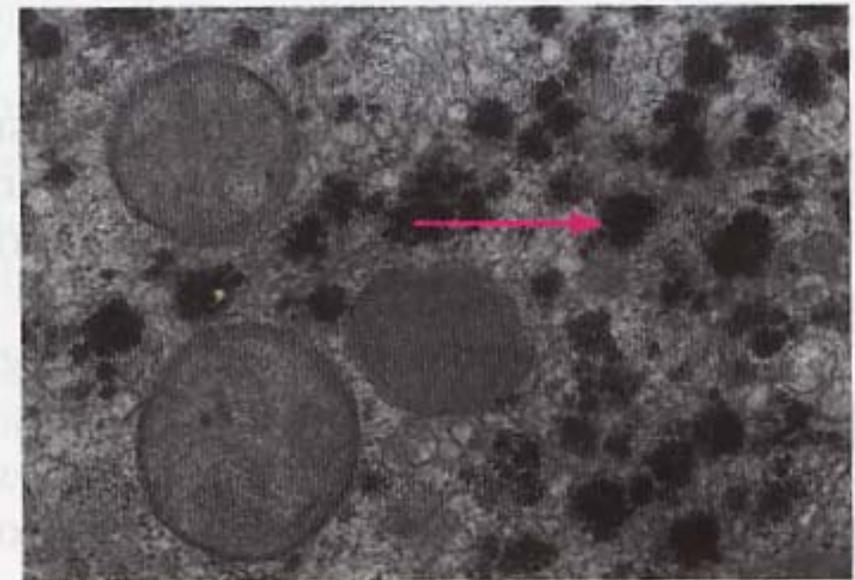


(b) Gránulos de célula tuberosa

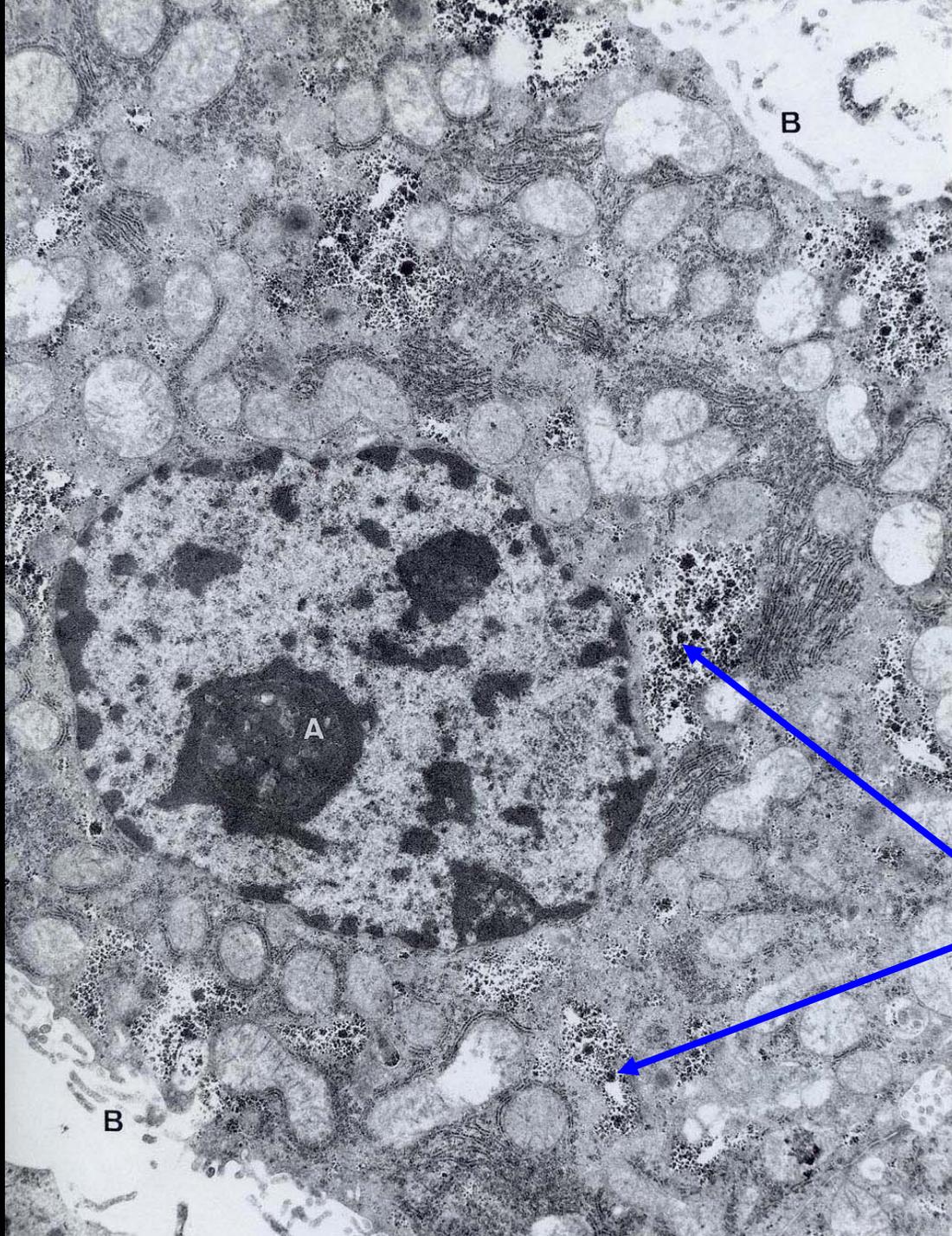
### FIGURA 9.18

**Almacenamiento del almidón y del glucógeno en gránulos.** En cada caso se indica un gránulo representativo mediante una flecha. (a) Gránulos de almidón en un cloroplasto de una hoja de planta. (b) Gránulos de almidón de las células tuberosas de la patata. (c) Gránulos de glucógeno del hígado.

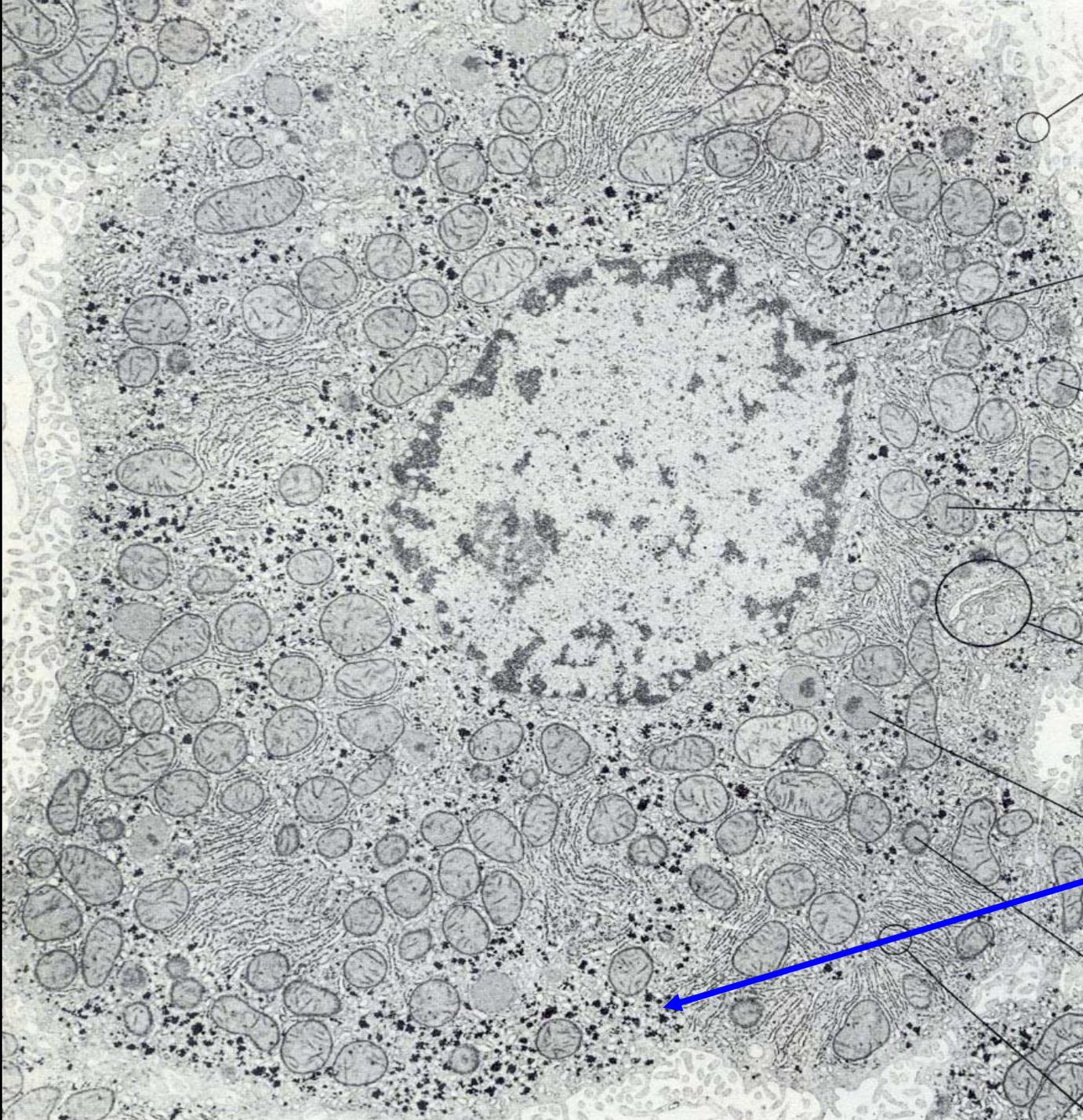
(a) Tomado de Science Source, © Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.; (b) cortesía del Dr. L. M. Beidler; (c) fotografía microscópica cortesía de Don Fawcett, M.D.



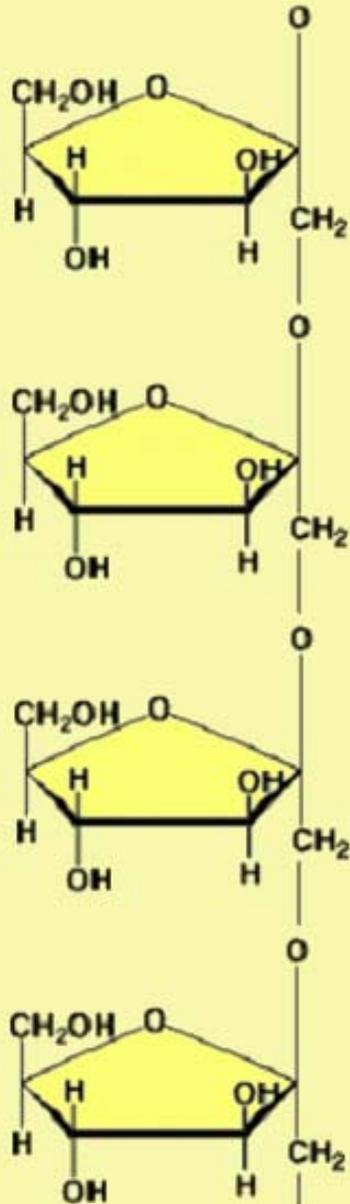
(c) Gránulos hepáticos



Gránulos de glucógeno en una célula hepática



Gránulos de glucógeno en una célula hepática



\* **Inulina**: es un polisacárido que se encuentra en algunos vegetales (alcachofa). Está constituido por restos de **D fructosa** unidos por enlace  $\beta$  (2 → 1).

## POLISACÁRIDOS MÁS IMPORTANTES:

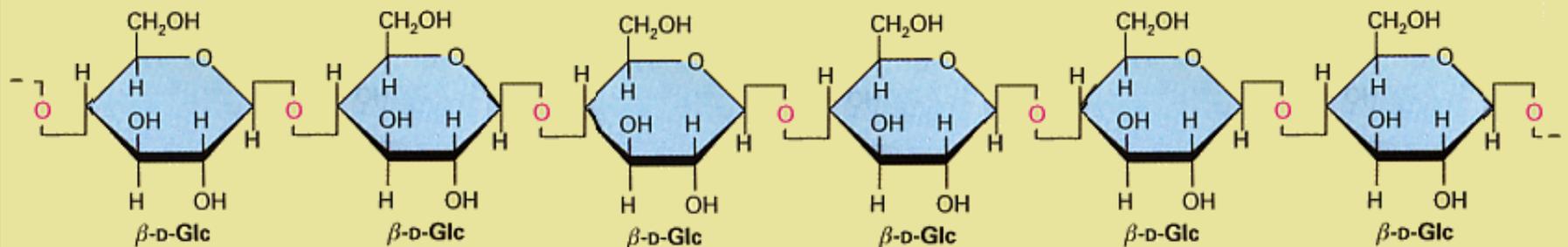
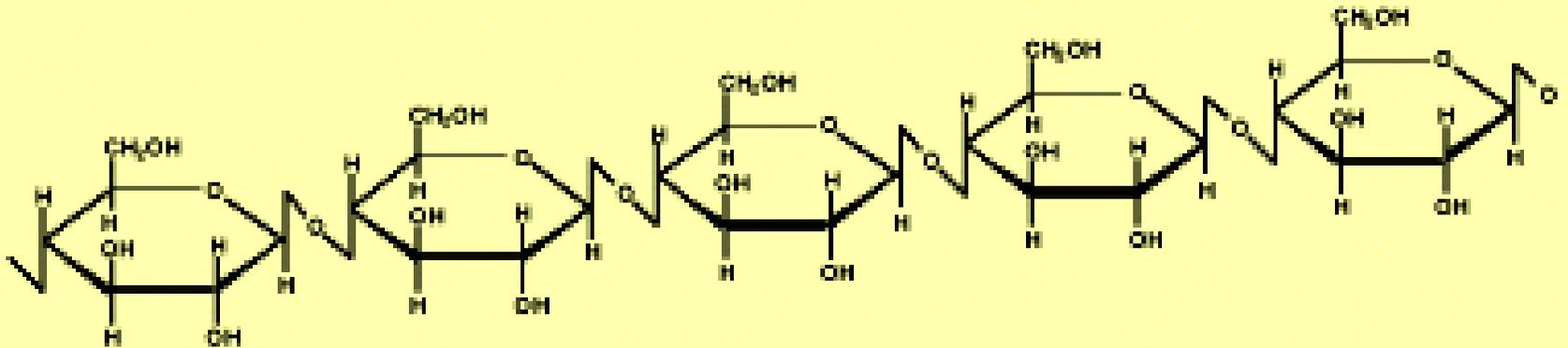
### Polisacáridos estructurales:

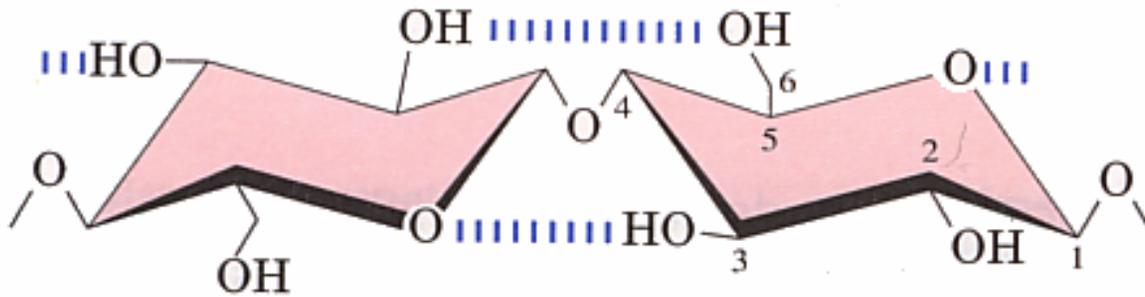
\* **Celulosa**: es un polisacárido que forma parte de la pared celular de las células vegetales. Constituye más del 50% del carbono orgánico de toda la biosfera. La madera contiene aproximadamente un 50% de celulosa y el algodón es celulosa casi pura. Está formada por más de un millar de restos de glucosa unidas por enlace  $\beta$  (1  $\rightarrow$  4). Por hidrólisis parcial da un disacárido llamado **celobiosa**. El peso molecular de la celulosa está entre 50000 y 500000, entre 400 y 3000 restos de glucosa.

Ejercicio: Calcular los restos de glucosa que hay en una molécula de celulosa cuyo Pm es de 50 000.

Por hidrólisis completa, mediante **celulasas**, se obtiene D glucosa. Desgraciadamente, **el hombre no posee celulasas** y la celulosa no puede ser utilizada ni ingerida como elemento nutritivo. Sin embargo, si poseen estos enzimas los rumiantes, gracias a que sus bacterias intestinales los producen.

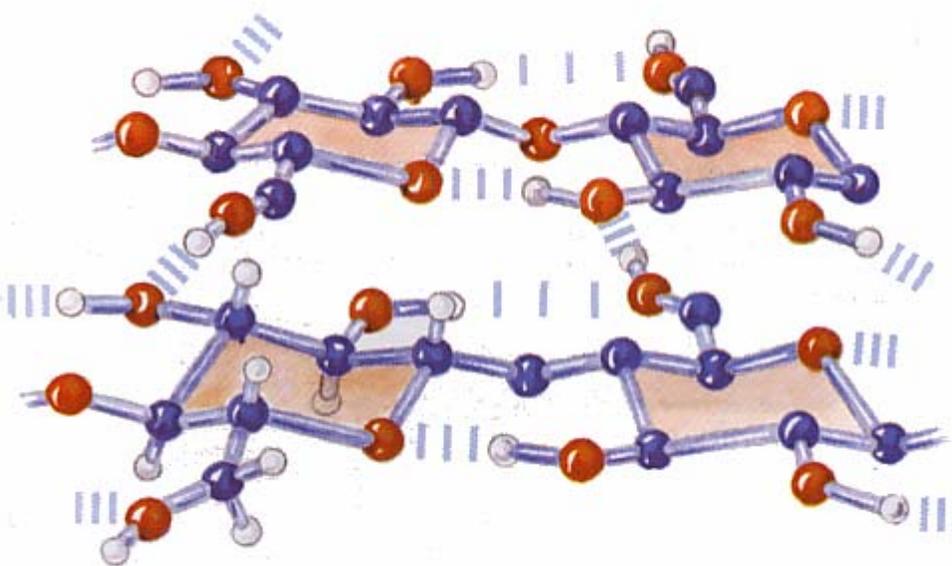
En las paredes vegetales, la celulosa se encuentra en forma de fibrillas cementadas por otros polímeros. La celulosa no da reacción positiva con el **Lugol**.





Unidades de D-glucosa unidas por enlaces ( $\beta 1 \rightarrow 4$ )

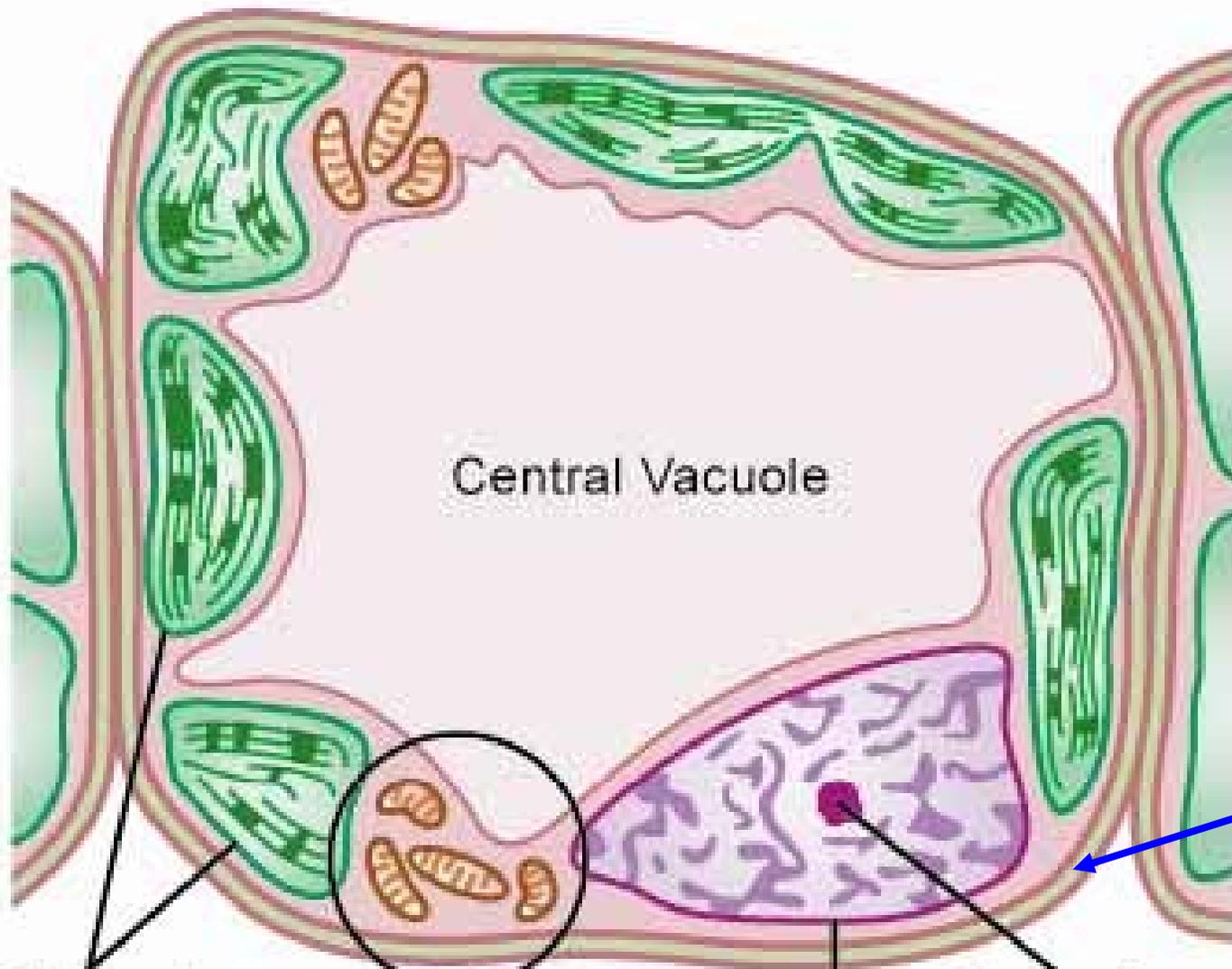
(a)



(b)

**Figura 11-17** Estructura de la celulosa. **(a)** Parte de una cadena de celulosa; las unidades de D-glucosa están unidas por enlaces ( $\beta 1 \rightarrow 4$ ). Las estructuras de silla rígida pueden presentar movimiento de rotación entre ellas. **(b)** Dibujo a escala de los segmentos de dos cadenas paralelas de celulosa, donde se muestra la conformación real de los residuos de D-glucosa y los enlaces de hidrógeno entrelazantes. En la unidad de hexosa de la parte inferior izquierda se muestran todos los átomos de hidrógeno; en las otras tres unidades de hexosa se han omitido los hidrógenos unidos a átomos de carbono para mayor claridad en la representación, puesto que no participan en enlaces de hidrógeno.

# Plant Cell



Central Vacuole

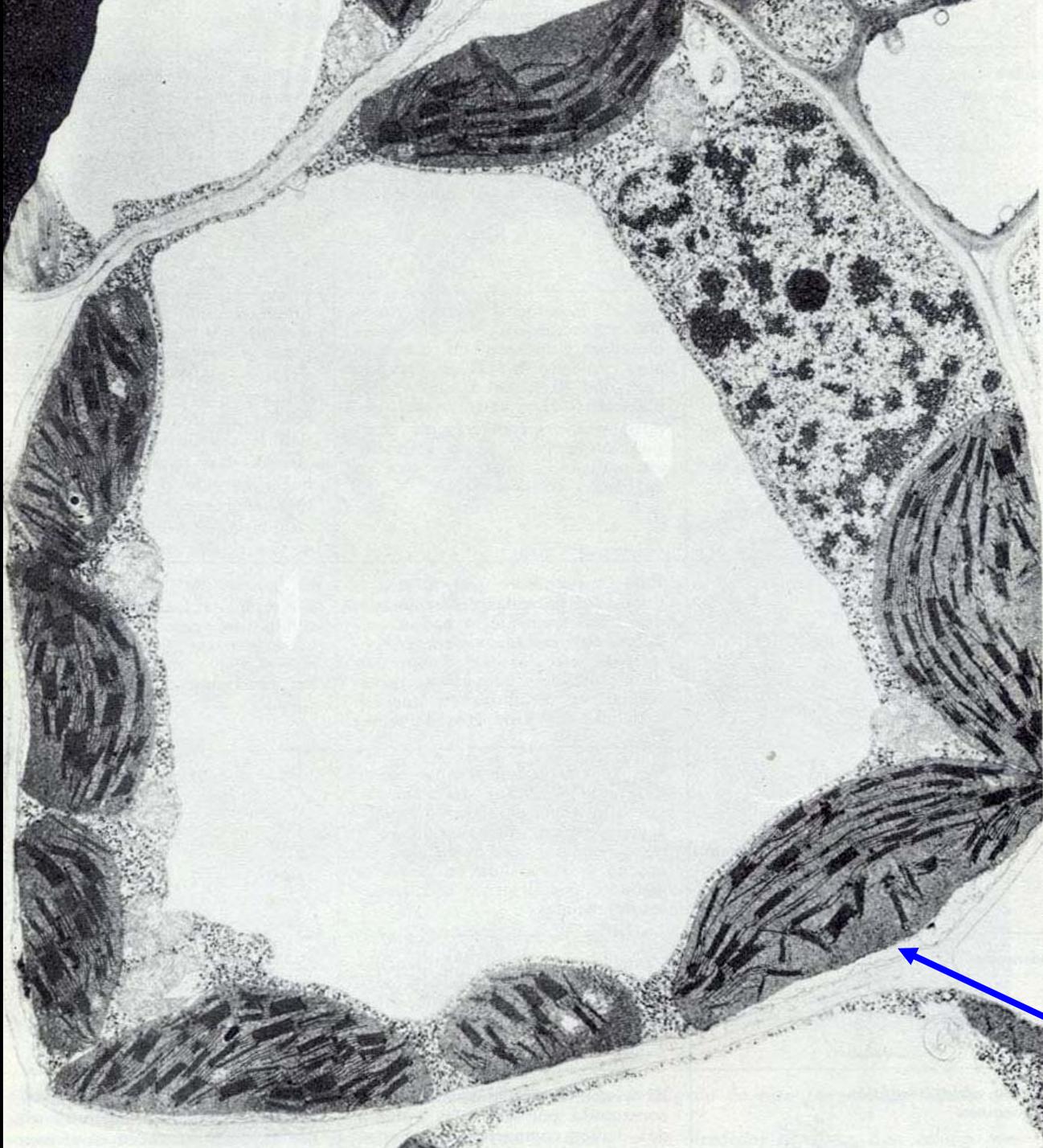
Pared celular  
(celulosa)

Chloroplast

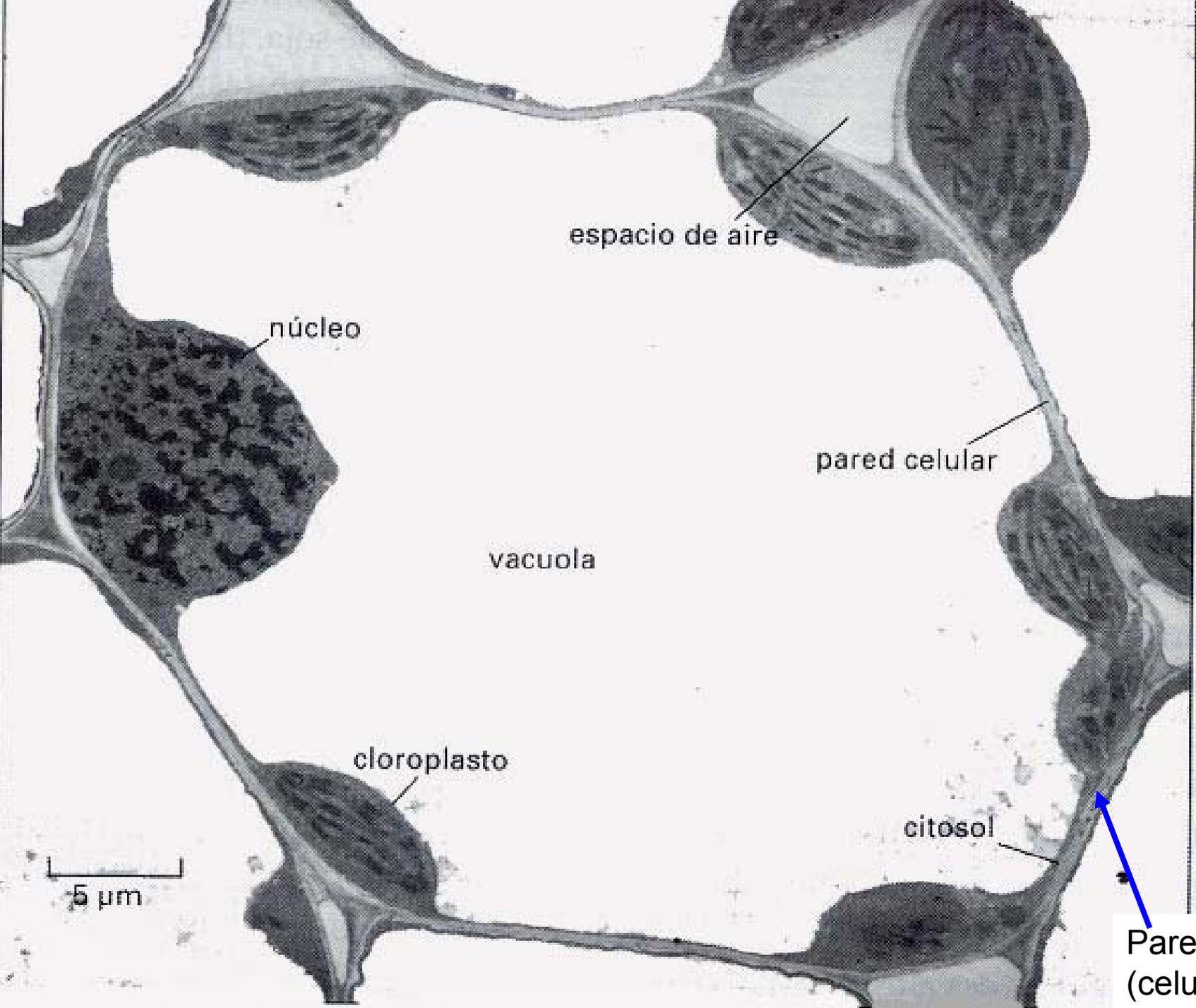
Mitochondrion

Nucleus  
of Plant Cell

Nucleolus



Pared celular  
(celulosa)



espacio de aire

núcleo

pared celular

vacuola

cloroplasto

citosol

5 μm

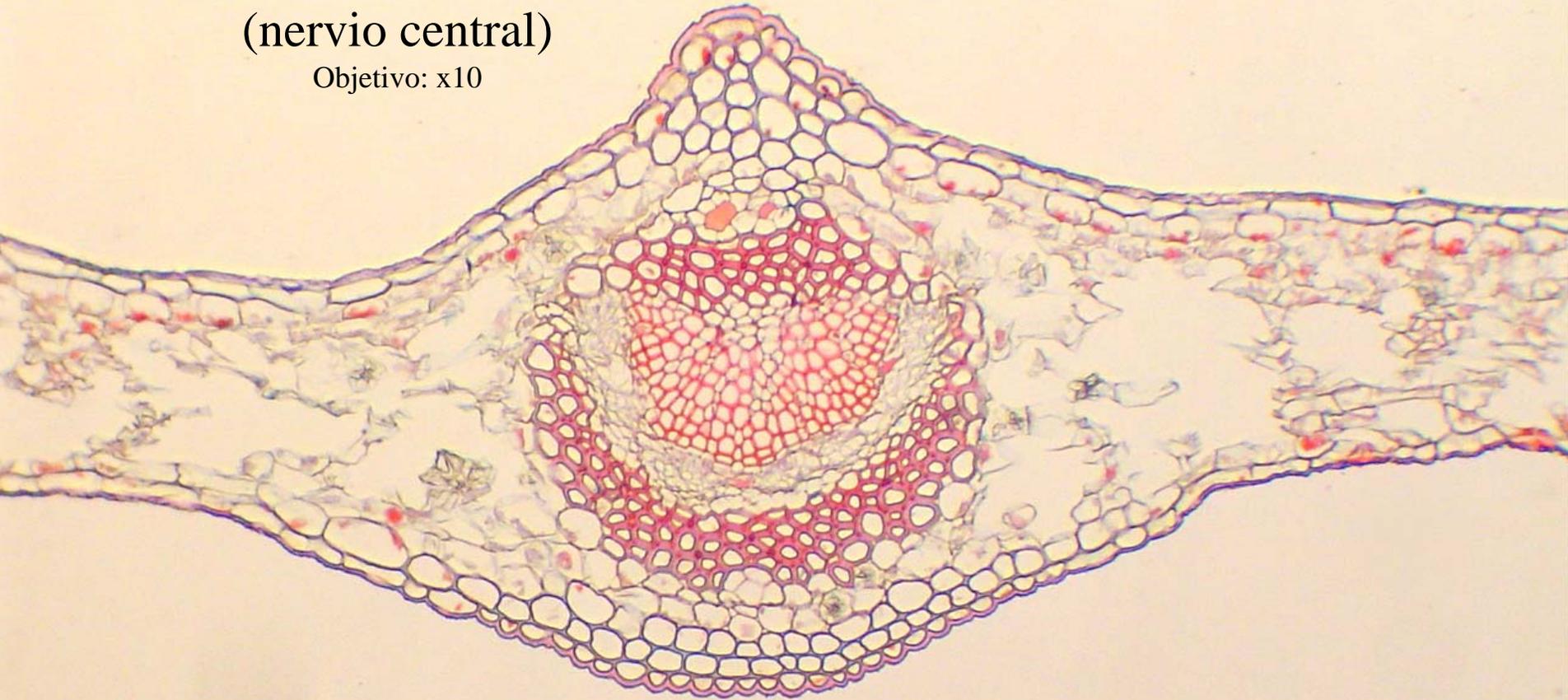
Pared celular  
(celulosa)

**Corte 2** de hoja de *Hedera helix* L:

haz conductor central

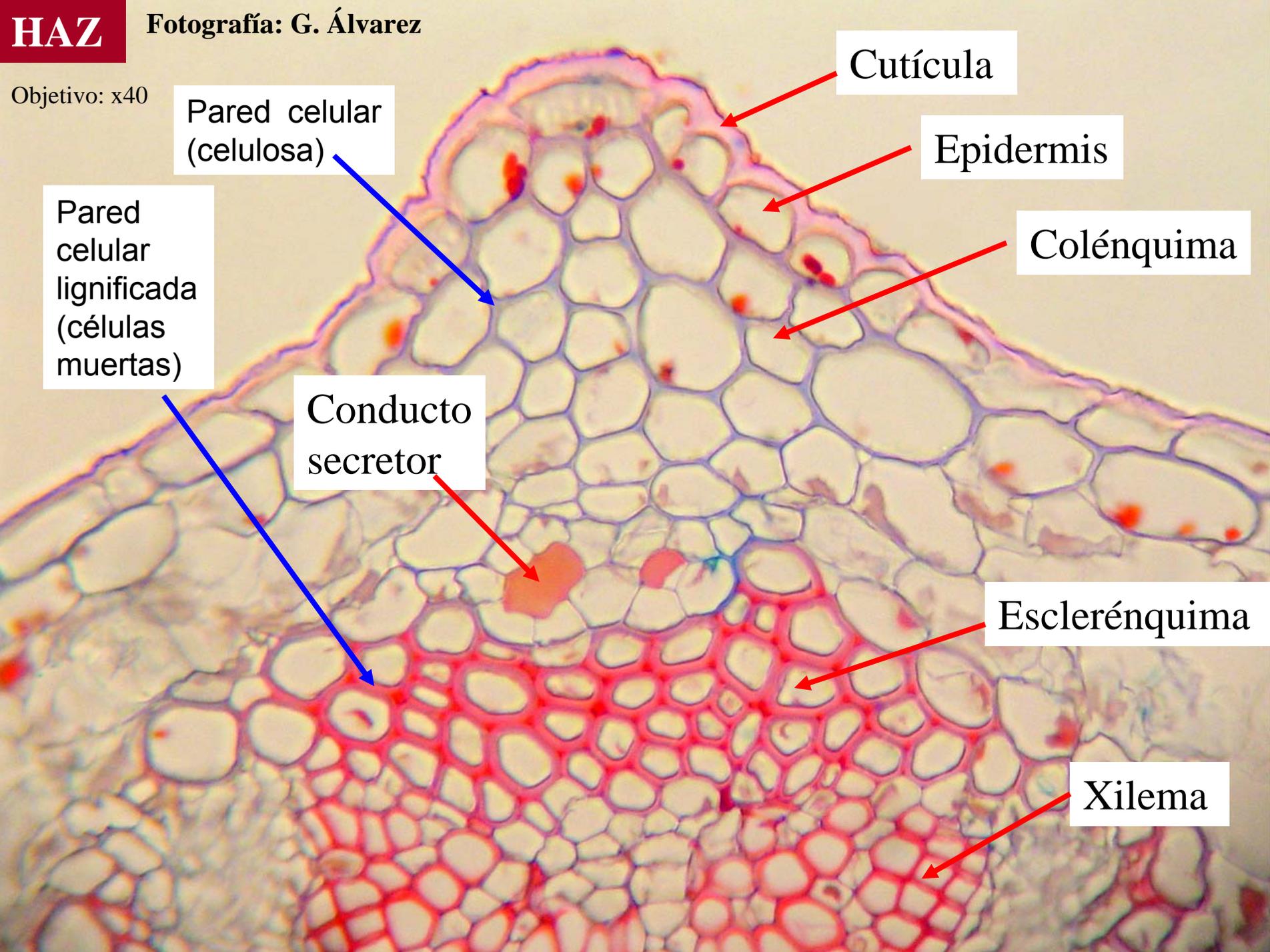
(nervio central)

Objetivo: x10



Fotografía: G. Álvarez

Objetivo: x40



Cutícula

Epidermis

Colénquima

Esclerénquima

Xilema

Pared celular  
(celulosa)

Pared celular  
lignificada  
(células  
muertas)

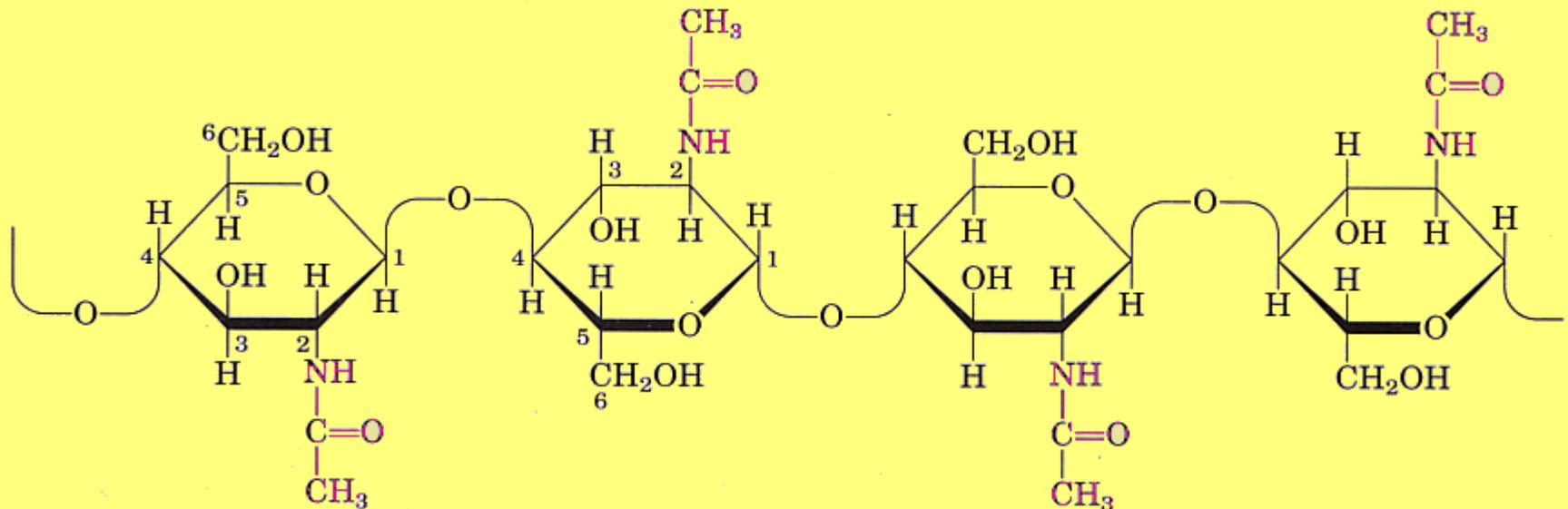
Conducto  
secretor

\* **Quitina**: constituye el exoesqueleto de los **crustáceos** e **insectos**. Es un polímero de la **N acetil D glucosamina**. Esta sustancia procede de la glucosa y se forma por sustitución del OH en posición 2, por un grupo N acetil amino ( $\text{CH}_3\text{-CO-N-H}$ ).

Las diferentes unidades N acetil D glucosamina se unen mediante enlaces  $\beta(1 \rightarrow 4)$ .



$\beta$ -D-N-Acetilglucosamina

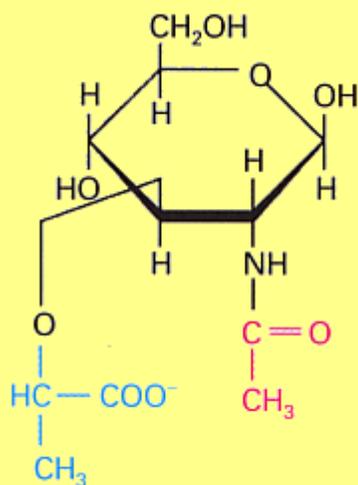


\* **Peptidoglicano**: es una molécula única y grande que forma la pared de las bacterias. Es un polímero de la **N acetil glucosamina** y del **ácido N acetil murámico**. Estas dos sustancias junto con restos de aminoácidos forman una estructura molecular cerrada, que veremos al hablar de los **procariontes bacterianos**. También recibe el nombre de **glucopéptido**.

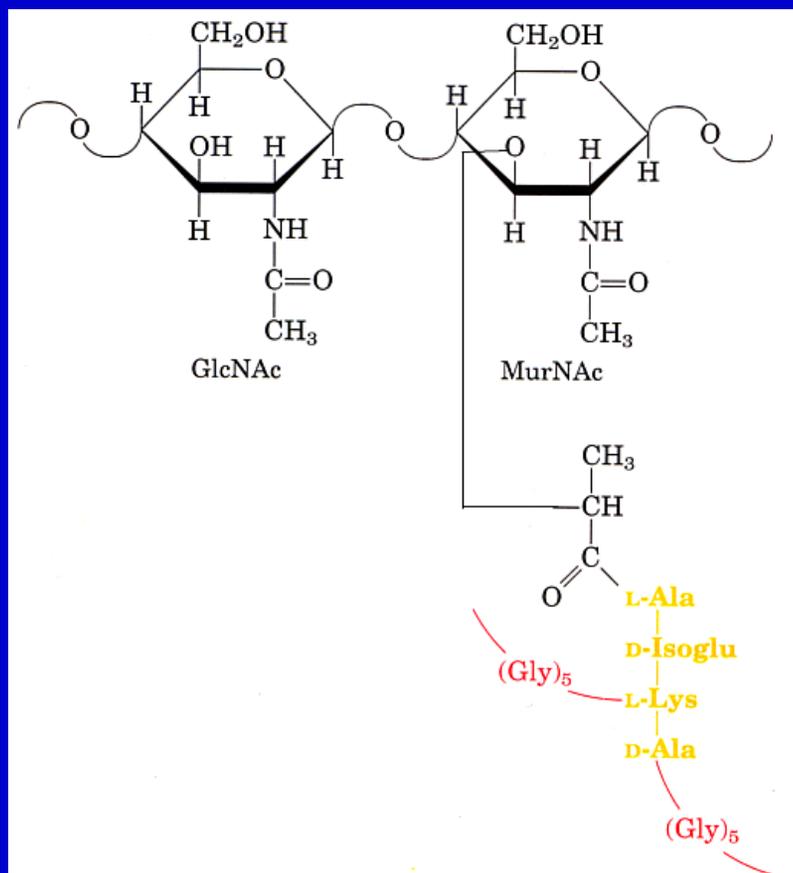
Las diferentes unidades N acetil D glucosamina y ácido N acetil murámico se unen mediante enlaces  $\beta(1 \rightarrow 4)$ .

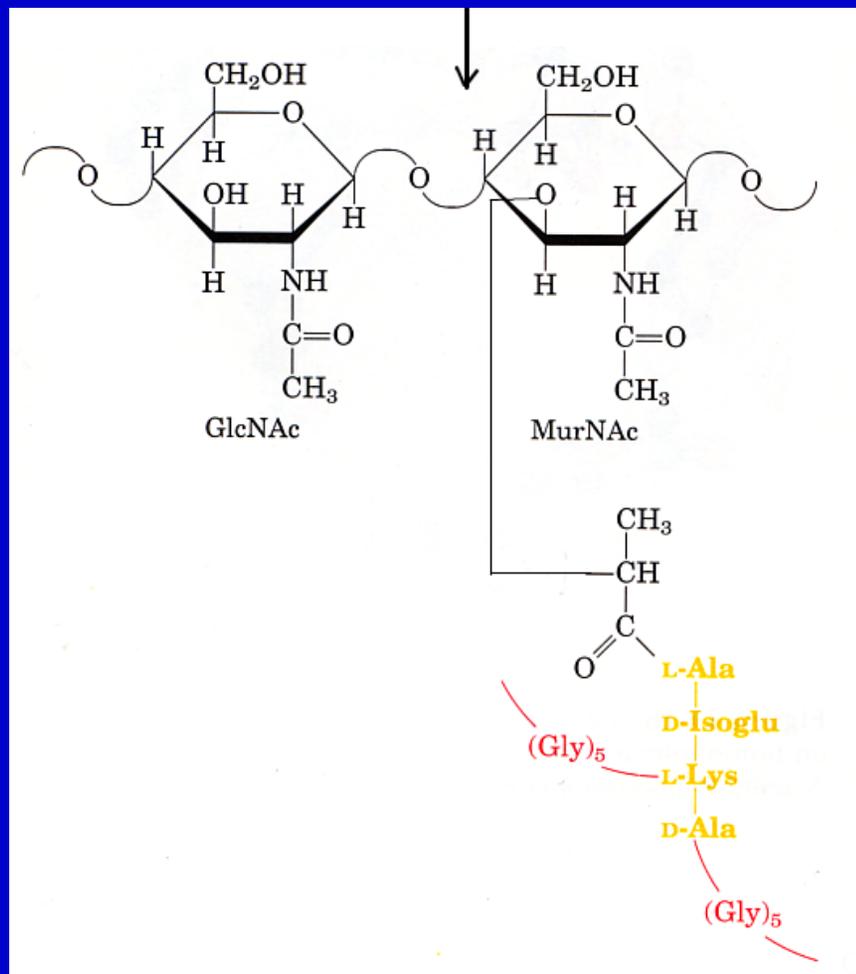
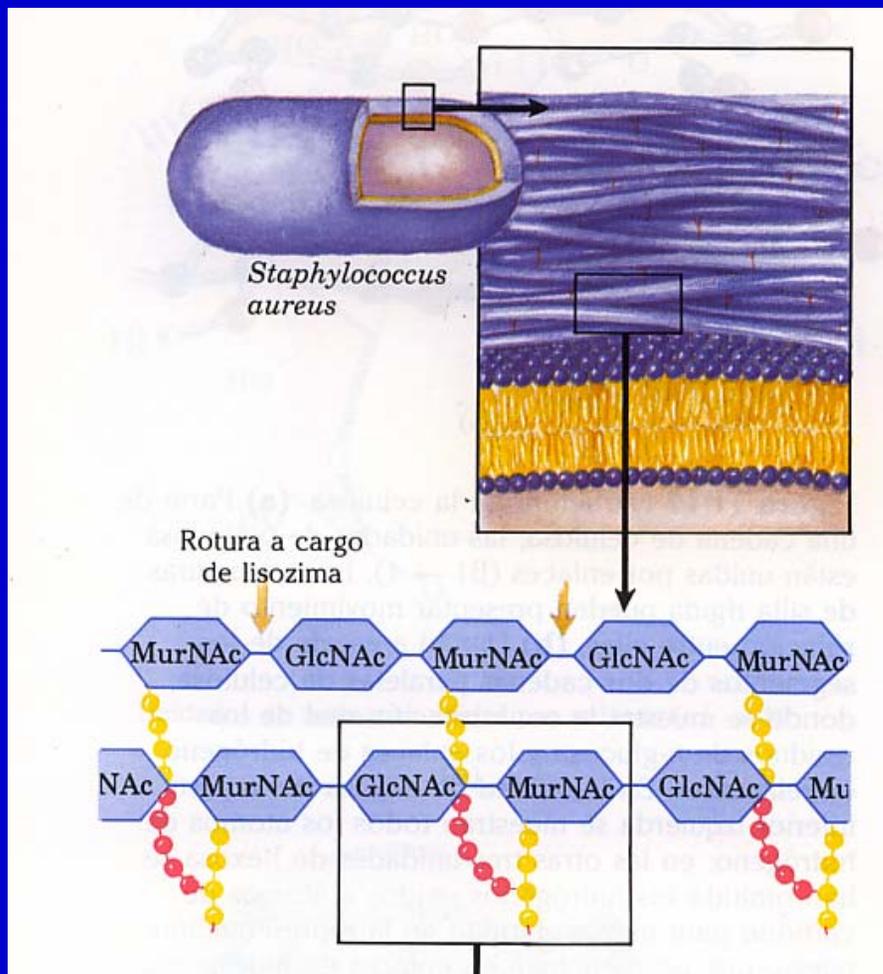


$\beta$ -D-N-Acetylglucosamina



Ácido N-acetilmurámico





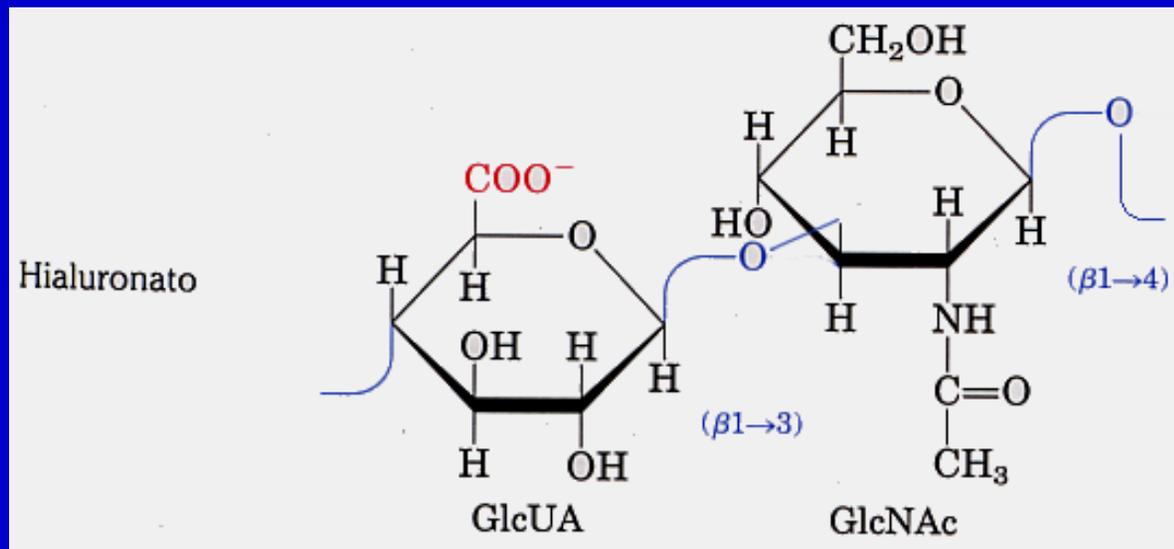
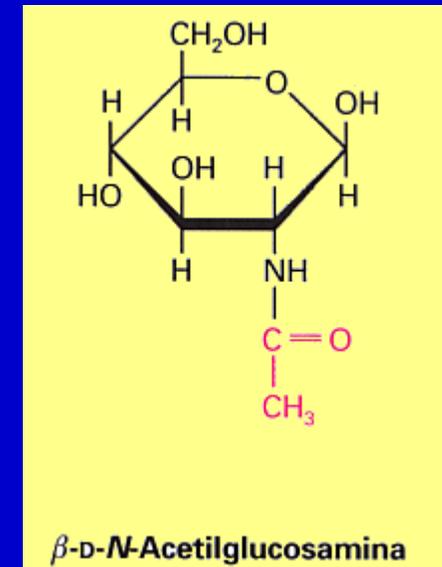
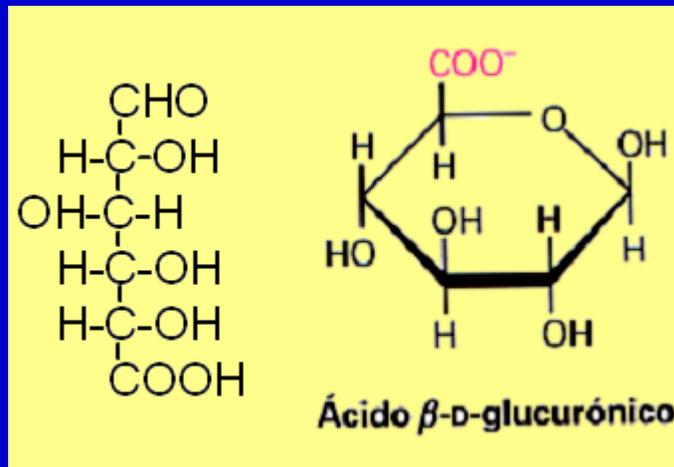
**Figura 11-19** El peptidoglucano de la pared celular de la bacteria gram-positiva *Staphylococcus aureus*. Los péptidos (en rojo y amarillo) unidos a las unidades de ácido *N*-acetilmurámico de dos cadenas vecinas unen covalentemente los dos polímeros. Obsérvese la mezcla de aminoácidos L y D en los péptidos. Isoglu hace referencia a isoglutamato, en el que el grupo carboxilo de la cadena lateral se encuentra formando el enlace peptídico en lugar del grupo carboxilo en C-1.

\* **Acido hialurónico:**

es el más abundante de los mucopolisacáridos ácidos que rodean a la membrana plasmática de las células animales formando una cubierta flexible, blanda y húmeda, llamada **glicocálix**.

Está formado por unidades repetidas de un disacárido formado por la **N.acetil glucosamina** y por el **ácido glucorónico**.

El enlace en el disacárido es  $\beta (1 \rightarrow 3)$  Entre dos disacáridos  $\beta (1 \rightarrow 4)$



**PREGUNTAS DE SELECTIVIDAD (NAVARRA)****LOS GLÚCIDOS**

1. Las principales funciones de los glúcidos. (Septiembre 2000).
2. Qué diferencias existen entre isómeros epímeros e isómeros enantiomorfos? (septiembre 2001).
3. Indique, con ejemplos, las principales funciones biológicas de los glúcidos en los seres vivos (septiembre 2002) (junio 2003). (Junio 2008, opción A, bloque 1) ▲▲▲
5. Explique las características estructurales y funcionales de los polisacáridos. Cite tres ejemplos de polisacáridos de glucosa. (Junio 2005, opción A, bloque 2).
6. ¿Cuáles son las principales diferencias (estructurales y funcionales) entre celulosa, almidón y glucógeno?. (Junio 2007, opción A, bloque 1).

**PRÁCTICA N° 2. 2° BACHILLER.**  
**RECONOCIMIENTO DE AZÚCARES REDUCTORES (Glucosa)**  
**RECONOCIMIENTO DE AZÚCARES NO REDUCTORES (Sacarosa)**  
**TINCIÓN DEL ALMIDÓN CON LUGOL**

1. Preparar cuatro tubos de ensayo de la siguiente manera:

Tubo A.- 2 ó 3 cc. de agua con una pequeñísima cantidad de glucosa.

Tubo B.- 2 ó 3 cc. de agua con una pequeñísima cantidad sacarosa.

Tubo C.- igual que el tubo B (con sacarosa).

Tubo D.- 2 ó 3 cc. de agua con una pequeña cantidad de almidón.

2. Añadir al tubo B unas gotas de HCl al 10 %. Calentar hasta ebullición en la llama de un mechero, con ayuda de las pinzas de madera y con precauciones (moviendo el tubo) para que la ebullición no sea violenta. Dejar enfriar (¡Muy importante!). Se puede neutralizar con unas gotas de disolución de NaOH.

3. Añadir a cada uno de los tres tubos A,B y C, con dos pipetas distintas, 1 cc. de reactivo de Fehling A e igual cantidad de reactivo de Fehling B (se puede hacer con el cuentagotas un poco “a ojo”).

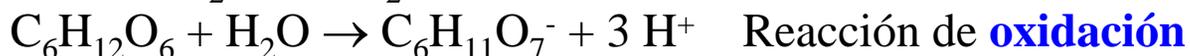
Calentar hasta ebullición. ¿Qué ocurre en cada uno de los tres tubos?. ¿Por qué?.

4. Añadir unas gotas de Lugol al tubo D. ¿Qué ocurre?. ¿Por qué?. Caléntalo. ¿Qué ocurre?. ¿Por qué?. Dejalo enfriar de nuevo ¿Qué ocurre?. ¿Por qué?.

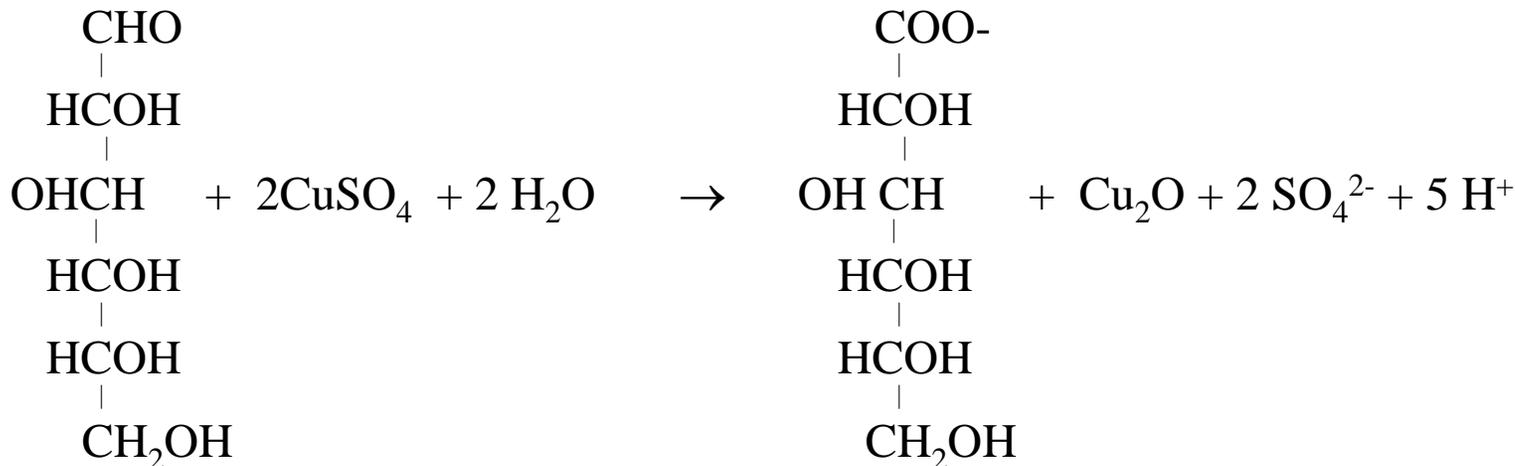
5. ¿Crees que la disolución de almidón daría reacción positiva con el reactivo de Fehling?. Compruébalo. ¿Te has equivocado en tus predicciones?. ¿A que es debido?.

**Reacciones de óxido-reducción:**

Las reacciones que se producen son las siguientes:

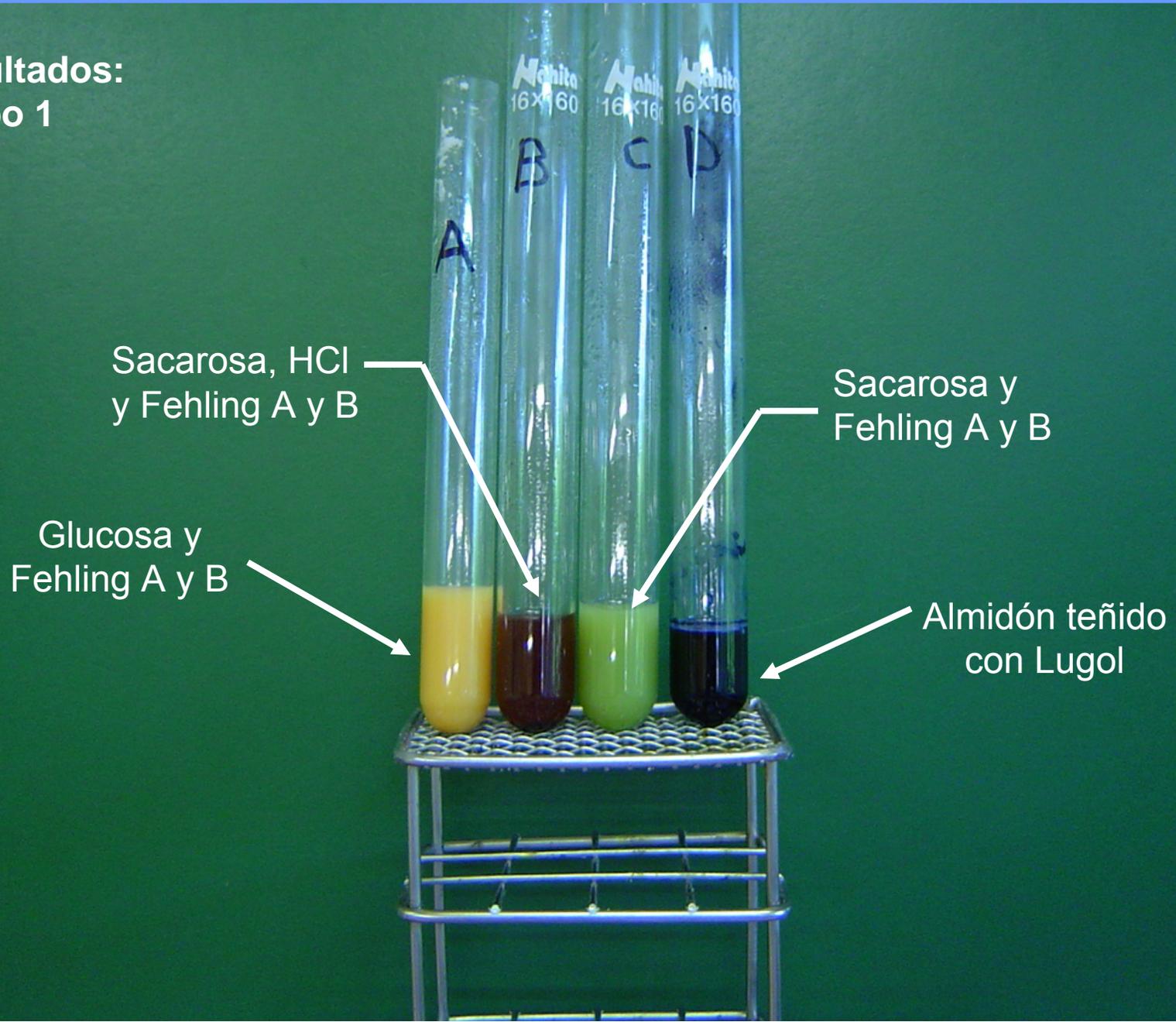


En conjunto, las dos reacciones que ocurren simultáneamente se podrían resumir así:



Nota: El Fehling A contiene el  $\text{CuSO}_4$  . El Fehling B contiene catalizadores (proporciona un medio básico).

Resultados:  
Grupo 1



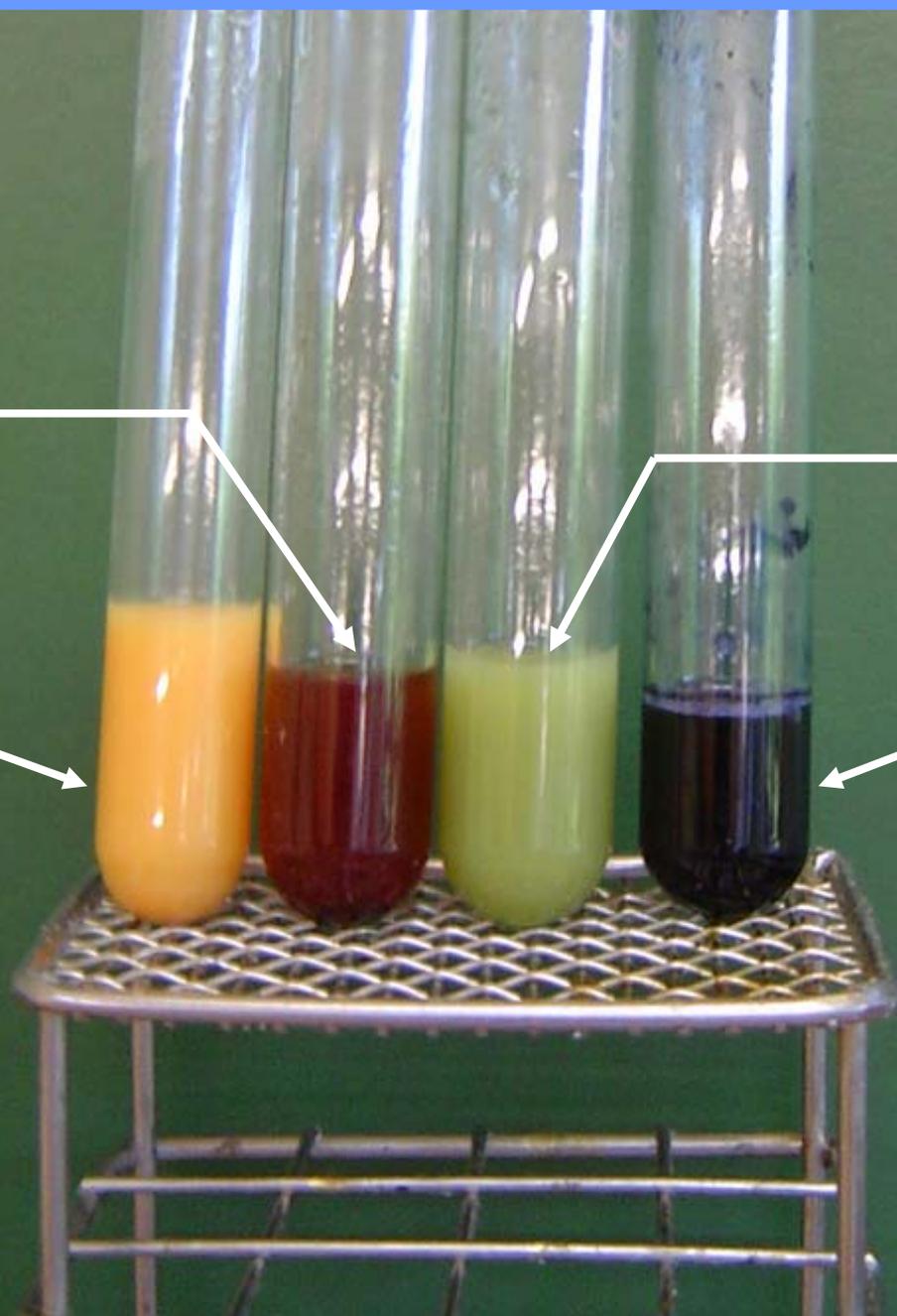
Resultados:  
Grupo 1

Sacarosa, HCl  
y Fehling A y B

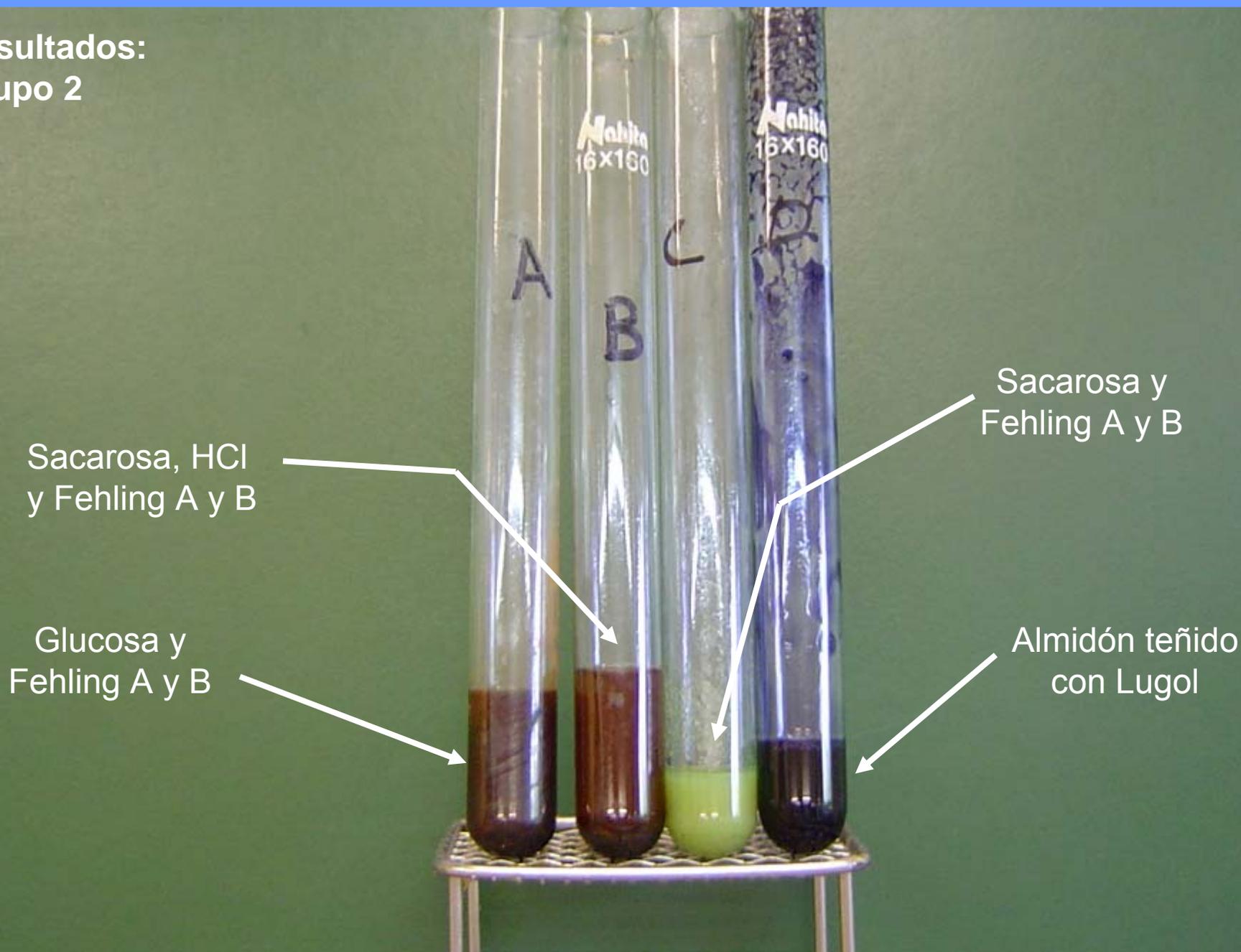
Glucosa y  
Fehling A y B

Sacarosa y  
Fehling A y B

Almidón teñido  
con Lugol



Resultados:  
Grupo 2



**Resultados:  
Grupo 2**

Sacarosa, HCl  
y Fehling A y B

Glucosa y  
Fehling A  
y B

Sacarosa y  
Fehling A y B

Almidón  
teñido con  
Lugol

