

# TEMA 15. EL ANABOLISMO.

- 1.-La nutrición
- 2.- El anabolismo.
- 3.- Fotosíntesis.
  - 3.1. Fase lumínica.
  - 3.2. Fotosíntesis bacteriana.
  - 3.3. Fase oscura.
  - 3.4. Fotorrespiración y plantas C4
  - 3.5. Factores que influyen en la fotosíntesis.
- 4.- Quimiosíntesis.
- 5.- Biosíntesis de polisacáridos.
- 6.- Gluconeogénesis.
- 7.- Biosíntesis de lípidos.
- 8.- Biosíntesis de compuestos nitrogenados

## 1.- LA NUTRICIÓN

Debemos recordar que el anabolismo son las reacciones de creación de moléculas complejas. Está directamente relacionado con los procesos de nutrición ya que para crear esas moléculas complejas debemos proporcionar al organismo un aporte de materia y un aporte de energía.

- Según la forma de obtener la materia, principalmente el Carbono, se distinguen dos tipos de nutrición:
  - Autótrofos, que obtienen el C a partir del CO<sub>2</sub>.
  - Heterótrofos, que obtienen el C a partir de las biomoléculas de los alimentos.
- Según la forma de obtener la energía para sintetizar las moléculas complejas, se distinguen:
  - Fotótrofos, que utilizan la energía luminosa del sol para sintetizar ATP
  - Quimiótrofos, que utilizan la energía química contenida en los enlaces de las biomoléculas.

Según esto, resultan las siguientes combinaciones de organismos:

	LUZ SOLAR	ENERGÍA QUÍMICA
CO <sub>2</sub>	FOTOAUTÓTROFOS (Plantas y cianobacterias)	QUIMIOAUTÓTROFOS (Bacterias quimilitotrofas)
MOLÉCULAS ORGÁNICAS	FOTOHETERÓTROFOS (Bacterias)	QUIMIOHETERÓTROFOS (Animales, hongos, protozoos y bacterias)

## 2.- EL ANABOLISMO

Se define anabolismo como el conjunto de procesos bioquímicos mediante los cuales las células sintetizan las sustancias (biomoléculas) que las forman. Para ello necesitan:

- Aporte de energía, mediante la hidrólisis del ATP que se transforma en ADP+ P+ E
- Aporte de electrones y protones, ya que son reacciones de reducción, proporcionado por el NADH Y NADPH que se oxidan a NAD+ Y NADP+.

Tenemos dos tipos de anabolismo:

- Fotosíntesis, que utiliza la energía solar
- Quimiosíntesis que utiliza la energía química contenida en los enlaces de las moléculas.

## 3.-LA FOTOSÍNTESIS

Proceso anabólico que consiste en transformar la energía solar en energía química (ATP) con la que sintetizar moléculas orgánicas a partir de inorgánicas.

Los organismos que realizan este proceso son denominados productores primarios ya que son la base de la cadena trófica y son los encargados de transformar la MI en MO para el resto de los heterótrofos.

Este proceso tiene gran importancia en el origen y evolución de los seres vivos ya que la fotosíntesis supuso la aparición del oxígeno atmosférico y el cierre del ciclo de la materia.

Hay dos tipos de fotosíntesis:

- Oxigénica, que libera O<sub>2</sub> procedente del agua. Realizada por plantas y cianobacterias.
- Anoxigénica, que no utiliza el agua y por tanto no libera O<sub>2</sub>. Realizada por bacterias.

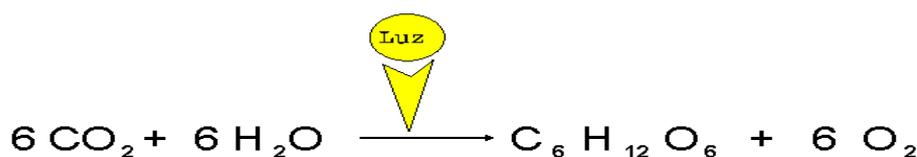


Fig. 15.1. Ecuación global de la fotosíntesis oxigénica

Estudiaremos la fotosíntesis oxigénica, dentro de la misma se distinguen dos etapas:

- Fase lumínica. Se realiza en los tilcoides de los cloroplastos. Necesita la luz (captada por unas moléculas llamadas fotorreceptores situadas en las membranas tilacoidales). Se obtiene ATP y NADPH.
- Fase oscura. No necesita luz (pero puede realizarse en su presencia). Tiene lugar la síntesis de compuestos orgánicos a partir de  $\text{CO}_2$ , utilizando el ATP y NADPH fabricado en la etapa anterior. Se produce en el estroma del cloroplasto.

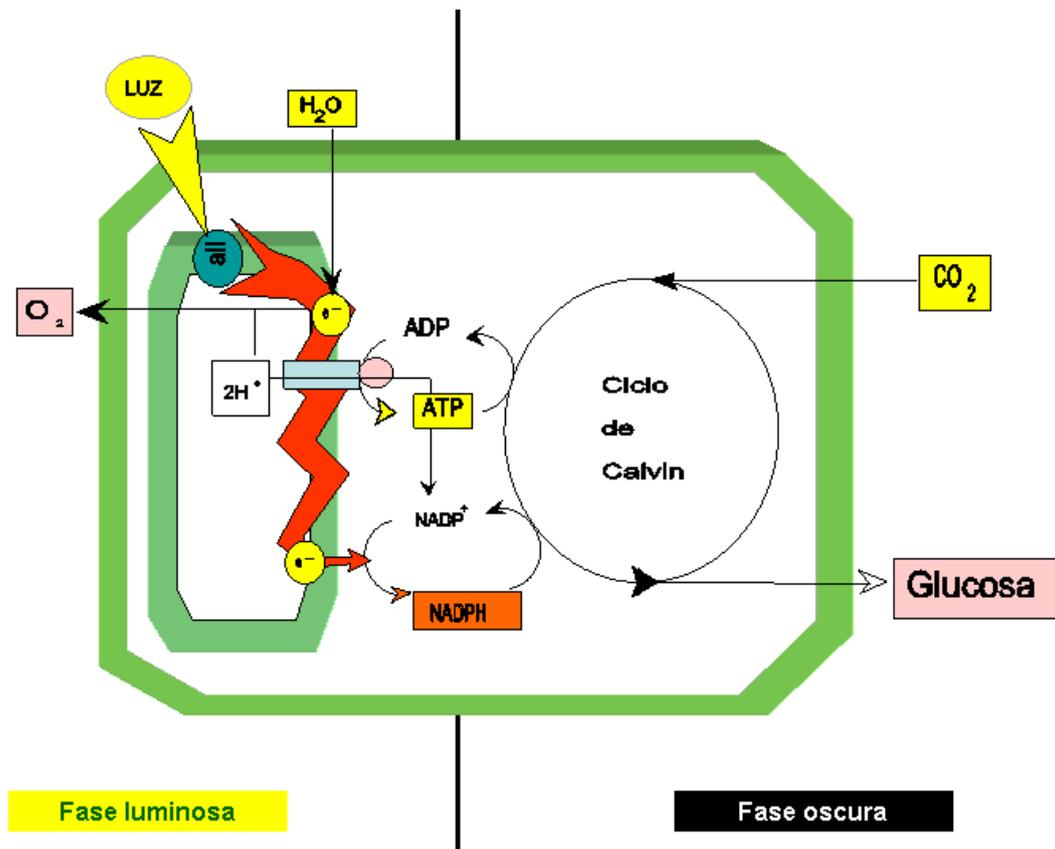


Fig. 15.2. Esquema general de la fase oscura y luminosa

### 3.1. Fase lumínica.

Se lleva a cabo en tres procesos diferentes:

- Captación de la energía luminosa
- Transporte de electrones dependiente de la luz
- Síntesis de atp o fotofosforilación

#### I.- CAPTACIÓN DE LA ENERGÍA LUMINOSA

En este proceso se produce gracias a unos pigmentos situados en la membrana tilacoidal que absorben la luz (ficobilinas, ficoeritrinas y ficocianinas en bacterias y clorofilas y carotenoides en plantas).

- **Clorofilas.** Son moléculas formadas por un anillo tetrapirrólico con un átomo de magnesio más una cadena lateral de un alcohol. Las dos más importantes son la clorofila a y la clorofila b.
- **Carotenoides.** Son pigmentos accesorios. Son isoprenoides. Captan la luz a diferente longitud de onda. Los más importantes son los β-carotenos y las xantofilas.

Estos pigmentos se encuentran asociados a proteínas formando los **complejos antena** que se encargan de captar la luz y pasarla a una molécula especial de clorofila llamada **centro de reacción o Fotosistema**. Hay dos fotosistemas, el **P700 o Fotosistema I** y el **P680 o Fotosistema II**

## II.- TRANSPORTE DE ELECTRONES DEPENDIENTE DE LA LUZ

La energía de la luz (fotones) se utiliza para “impulsar” los electrones procedentes del H<sub>2</sub>O (**dador de electrones**) desde el centro de reacción hasta niveles energéticos más altos. Se produce una excitación del centro de reacción. Para ceder los electrones la molécula de agua se tiene que romper: “**photólisis de agua**”, cediendo electrones, protones y oxígeno que se libera a la atmósfera.

Al tener electrones excitados, el centro de reacción tiende a cederlos hasta una serie de proteínas transportadoras situadas en las membranas tilacoidales.

Los electrones van “descendiendo” de nivel energético desde el fotosistema a través de proteínas transportadoras hasta un **aceptor final** de electrones que es el poder reductor, en este caso el NADPH.

Este flujo de electrones puede ser abierto, donde intervienen los dos fotosistemas (PSI y PSII), el dador de electrones es el agua y el aceptor es el NADPH. Se libera oxígeno y poder reductor. O bien puede ser cerrado donde interviene sólo el Fotosistema I, no hay agua como dador de electrones y por tanto no se libera oxígeno y tampoco se genera poder reductor, únicamente ATP. Este tipo de flujo se da en condiciones en las que la célula requiere una mayor demanda de ATP.

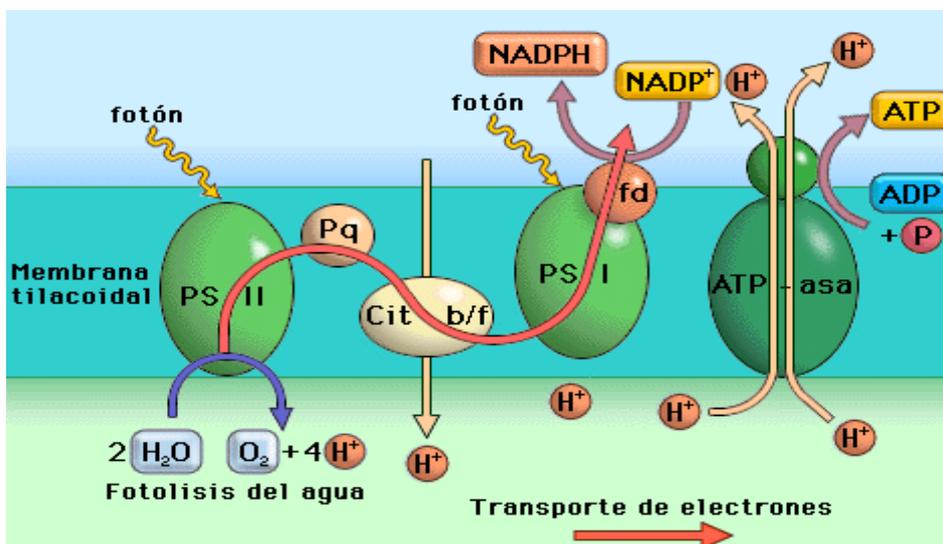


Fig. 15.3. Flujo electrónico abierto y fotofosforilación

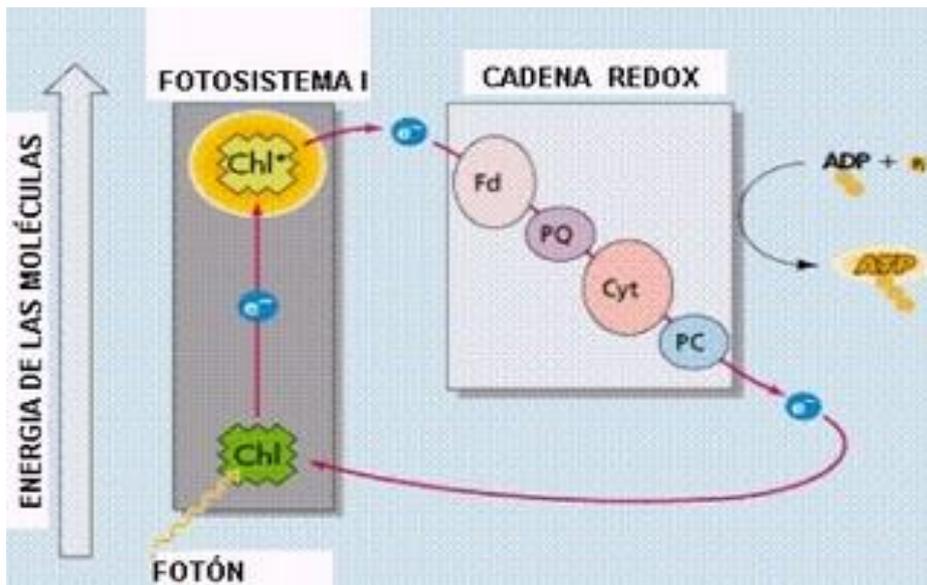


Fig. 15.4. Flujo electrónico cerrado

### III.- SINTESIS DE ATP O FOTOFOSFORILACIÓN

La energía que se va perdiendo por el descenso de los electrones por la cadena de transporte se utiliza para “bombear” los protones del agua desde el estroma hacia el espacio interior del tilacoide, creando un gradiente de protones. Para equilibrar de nuevo el gradiente, los protones tienden a salir del espacio tilacoidal, pero lo hacen por las ATPasas, que se ponen en marcha y generan ATP.

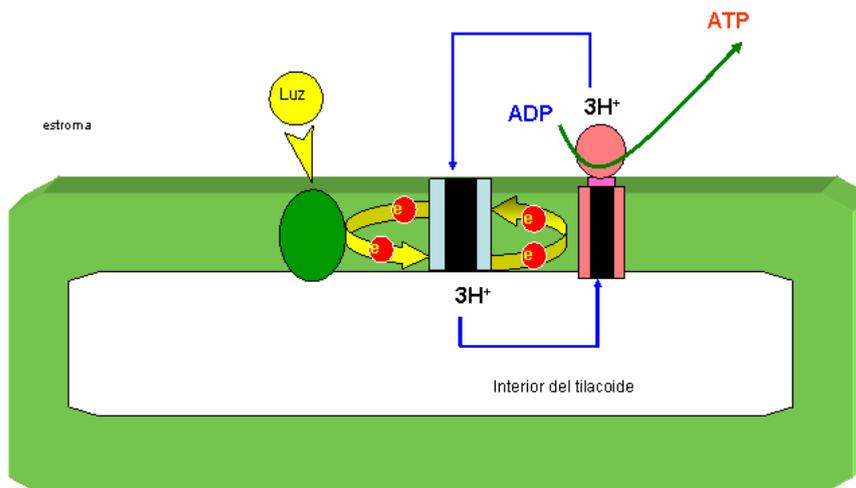


Fig. 15.5. Fotofosforilación

### 3.2. Fase oscura.

Tiene lugar en el estroma de los cloroplastos. Consiste en una síntesis de moléculas orgánicas (glucosa) a partir de sustancias inorgánicas (CO<sub>2</sub>). También se denomina fijación del CO<sub>2</sub> ya que el C se incorpora a la materia orgánica.

Se produce mediante una ruta metabólica cíclica conocida como **Ciclo de Calvin** o Ciclo de las Pentosas Fosfato.

Se utilizan el ATP y el poder reductor obtenidos en la fase lumínica para sintetizar los compuestos orgánicos.

Puede resumirse en tres fases:

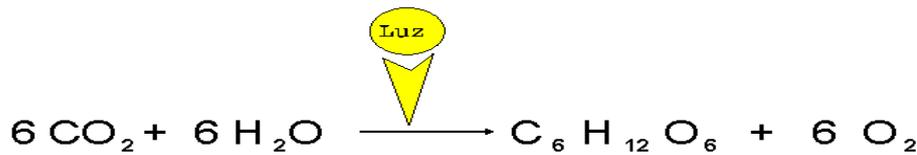
- Fijación del CO<sub>2</sub>. Se incorpora un átomo de C del CO<sub>2</sub> a la pentosa Ribulosa 1-5-bifosfato, catalizado por la enzima Ribulosa 1-5-bifosfato- carboxilasa (Rubisco). Esta enzima es la más abundante del planeta. Se obtienen dos moléculas de 3-fosfoglicerato.
- Reducción del C procedente del CO<sub>2</sub>. Primero ocurre una fosforilación, con gasto de 2 ATP, obteniéndose 2 moléculas de 1,3-bifosfoglicerato. Después tiene lugar la reducción propiamente dicha, con el gasto de 2 NADPH y obteniéndose 2 moléculas de gliceraldehido 3-P. Estas moléculas siguen dos caminos. Por un lado se obtiene 1 C para la creación de 1 hexosa (Fructosa concretamente) y por otro lado los 5 C restantes sirven para regenerar la Ribulosa 1,5-bifostato.
- Regeneración de la Ribulosa 1,5-bifosfato para cerrar el ciclo. Se produce por la adición de una molécula de ATP.

De este modo para crear una hexosa (6C) necesitamos que el ciclo de seis vueltas. Se crea una fructosa que pasa a convertirse en glucosa.



Fig. 15.6. Ciclo de Calvin

Por tanto el gasto energético para la creación de una glucosa quedaría como sigue:



### 3.3. Fotosíntesis bacteriana o anoxygenica

Las células procariontes de las bacterias no tienen cloroplastos, por lo que sus pigmentos y transportadores de electrones se sitúan en las invaginaciones de la membrana plasmática denominadas mesosomas.

Únicamente presentan un Fotosistema, por lo que no obtienen poder reductor, ni se produce fotólisis del agua, ni liberación de oxígeno. Por tanto sólo se produce ATP por fosforilación.

Es realizada por bacterias. (No confundir con cianobacterias que realizan la oxigenica).

### 3.4. Fotorrespiración y plantas C4

La Rubisco puede actuar como una oxigenasa en lugar de una carboxilasa incorporando oxígeno a la Ribulosa difosfato y originar por tanto  $\text{CO}_2$  más agua. Este proceso evidentemente es negativo para la planta y se conoce como **Fotorrespiración**.

Ocurre cuando la concentración de  $\text{CO}_2$  en la planta es baja o la de  $\text{O}_2$  es alta.

Supone una limitación para la fotosíntesis.

En climas cálidos, donde las plantas tienen que cerrar estomas para evitar la evapotranspiración hacen que descienda la concentración de  $\text{CO}_2$  y por tanto realizan fotorrespiración en lugar de fotosíntesis. Para solucionar este problema se han adaptado modificando sus hojas, endureciéndolas o incluso transformándolas en espinas. Estas plantas adaptadas se conocen como plantas C4.

### 3.5. Factores que influyen en la fotosíntesis

Los diferentes factores que influyen en la intensidad de la fotosíntesis se conocen como factores limitantes, ya que por debajo de un cierto valor, la fotosíntesis puede paralizarse.

- Luz. Cada planta se adapta a una intensidad lumínica y a una longitud de onda de la luz, dependiendo de su hábitat. A mayor intensidad lumínica, mayor intensidad fotosintética.

- b) Concentración de CO<sub>2</sub>. Al aumentar la misma, aumenta la fotosíntesis, hasta la saturación de la Rubisco.
- c) Humedad. Si hay baja humedad, la planta cierra los estomas y entonces baja la concentración de CO<sub>2</sub> y se produce por tanto fotorrespiración.
- d) Temperatura. Cada especie tiene una temperatura óptima donde la actividad fotosintética se máxima. Por debajo o por encima es menor y si se supera cierta temperatura se paraliza la fotosíntesis debido a la desnaturalización de las enzimas.
- e) Concentración de O<sub>2</sub>. Si ésta es muy alta, la fotosíntesis baja debido a la fotorrespiración.

#### 4. QUIMIOSÍNTESIS

Este proceso es realizado por bacterias denominadas quimiolitotrofas. Son autótrofas porque utilizan como fuente de C el CO<sub>2</sub> y la energía es proporcionada por la oxidación de moléculas inorgánicas. La energía liberada se utiliza para reducir el CO<sub>2</sub> y pasarlo a materia orgánica.

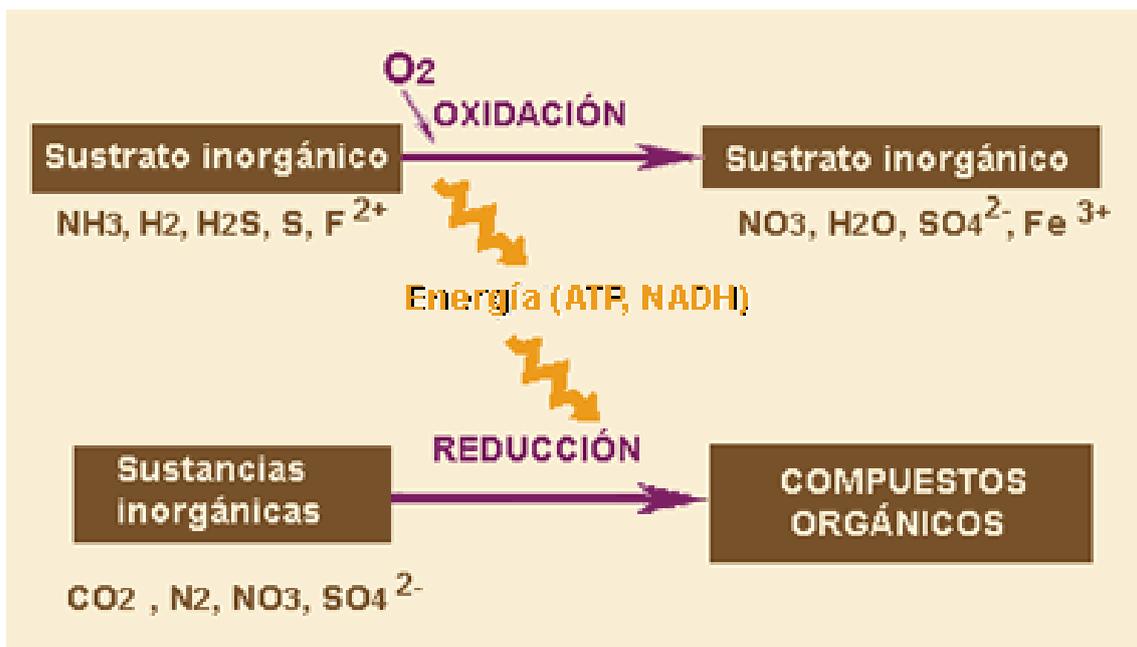


Fig. 15.7. Quimiosíntesis

Según el tipo de molécula orgánica que oxidan para obtener la energía se distinguen diferentes tipos:

- a) Bacterias nitrificantes. Oxidan el N<sub>2</sub> de la atmósfera a ión nitrito y a ión nitrato.
- b) Bacterias sulfooxidantes. Oxidan compuestos de S
- c) Bacterias ferrooxidantes. Oxidan el ión ferroso a férrico.
- d) Bacterias oxidantes del Hidrógeno molecular. Oxidan el H<sub>2</sub> liberando H<sub>2</sub>O.

## **5. BIOSÍNTESIS DE POLISACÁRIDOS**

A partir de monosacáridos, en plantas se sintetiza almidón y celulosa, mientras que en animales, glucógeno.

Las plantas consiguen las glucosas por la fotosíntesis y los animales a través de los alimentos.

Las reacciones son de polimerización por enlaces O-glucosídicos.

## **6. GLUCONEOGÉNESIS**

Este proceso supone una síntesis de glucosa “de novo” a partir de otros compuestos, cuando se necesita y no hay disponible.

Se produce en la mitocondria y en el citoplasma a partir de intermediarios de la glucólisis pero hacia atrás con diferentes enzimas.

Supone un gasto energético de 6 ATP.

## **7. BIOSÍNTESIS DE LÍPIDOS**

En el caso de los triglicéridos se produce por esterificaciones de 3 ácidos grasos más glicerina. El precursor de los ácidos grasos es el Acetil-CoA.

Tiene lugar en el citoplasma.

## **8. BIOSÍNTESIS DE COMPUESTOS NITROGENADOS**

Hay que distinguir entre la biosíntesis de aminoácidos y la de nucleótidos:

- a) Biosíntesis de aminoácidos. En el citoplasma. Por un lado se sintetiza el esqueleto carbonado y por otro se le incorpora el grupo amino. En plantas el N se obtiene de las sales minerales del suelo y en animales de los aminoácidos de los alimentos por transaminaciones.
- b) Biosíntesis de Bases nitrogenadas. Pueden sintetizarse de novo o a partir de la recuperación de otras bases procedentes del catabolismo de ácidos nucleicos.