

## **BIOQUÍMICA**

### **TEMA II: METABOLISMO DE GLÚCUDOS, LÍPIDOS Y PROTEÍNAS.**

#### **TEMÁTICA: METABOLISMO DEL NITRÓGENO.**

**F.O.E:** Conferencia      N0:9                      **Actividad N0:** 17

**Método:** Método de trabajo con el libro de texto

**Medios:** Pizarra, diapositiva, libro de texto y materiales complementario

#### **Introducción**

Enzimas proteolíticas.

Catabolismo de aminoácidos

Descarboxilación, desaminación y transaminación

Ciclo de la Urea.

Síntesis de aminoácidos.

Mecanismo enzimático de la fijación de nitrógeno.

Síntesis de aminoácidos a partir de nitratos.

Fijación simbiótica de nitrógeno.

#### **Objetivos:**

Argumentar el papel de las enzimas proteolíticas.

Describir las principales vías involucradas en el catabolismo de las proteínas.

Describir las principales vías mediante las cuales se fija el nitrógeno en las plantas.

Describir el proceso de síntesis de amino ácidos en las plantas.

#### **Objetivos Educativos**

Desarrollar habilidades intelectuales, como resumir, redactar, a través del procesos de enseñanza.

Desarrollar la responsabilidad ante la actividad de aprendizaje a través de los métodos activos y participativos

Estimular el desarrollo de la necesidad de autoperfeccionamiento a través de los métodos activos y participativos

#### **Bibliografía:**

Bioquímica para Estudiantes de Ciencias Agropecuarias Pág. 234 - 257

Bioquímica A.L.Lehninger. Cap 27. Pág. 73 - 78, 730 - 735.

The Biochemistry of Plants: Vol I The Plant Cell Pág. 201 - 203. Vol AminoAcids and Derivatives

Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Buchanan, Gruissem and Jones. Cap. 8 Pág 358.

## INTRODUCCIÓN

Establecer nexos

Recordar el nombre del tema II

Destacar que ya hemos estudiado en metabolismo de los carbohidratos y de los lípidos y en la clase anterior estudiamos el anabolismo de los lípidos. (controlar trabajo independiente)

Compare la síntesis de ácidos grasos y el proceso de elongación de ácidos grasos atendiendo a:

- 1) Localización
- 2) Agente elongante
- 3) Agente reductor
- 4) Otras moléculas participantes
- 5) Tipos de ácidos grasos producidos

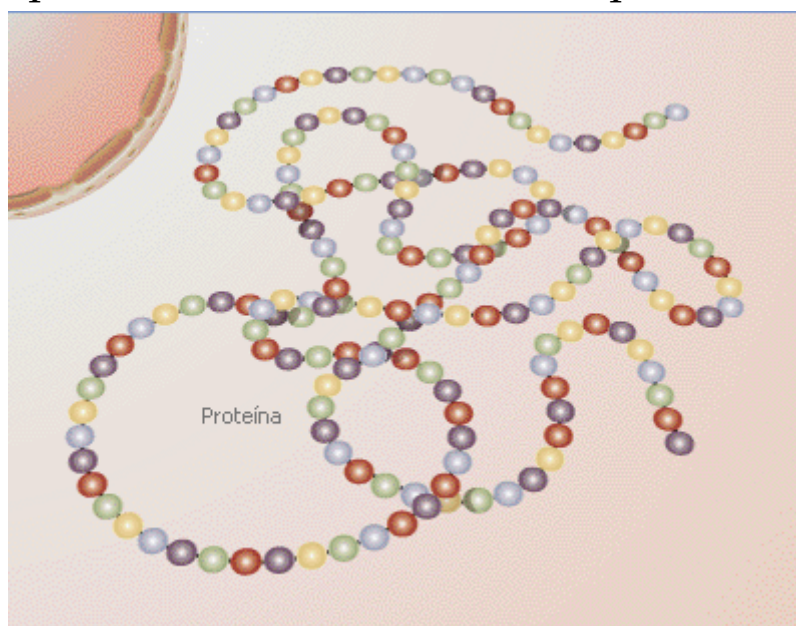
Describa las etapas necesarias para la síntesis de un dialcilglicérido formado por el ácido palmítico y el ácido esteárico.

¿El metabolismo de que biomolécula nos falta por estudiar?

Rememorar características estructurales de las proteínas y aminoácidos a través de preguntas (nexos con Q. Orgánica)

Informar que las proteínas son el 50% del peso seco de la célula.

Poner diapositiva con estructura de una proteína



¿Qué tipo de aa puede presentar la estructura de una proteína?  
¿Qué funciones realizan las proteínas en los organismos vivos?  
Para resumir poner siguiente diapositiva



Relacionar estructura función. —————> Enzimas

### ENZIMAS PROTEOLÍTICAS

Se encuentran en mayor abundancia en los animales que en los vegetales. Según su función se clasifican en Exopeptidasas y Endopeptidasas.

Exopeptidasas: Hidrolizan los enlaces peptídicos a partir del extremo terminal.

Carboxipeptidasas: Separan los amino ácidos del COOH terminal

Aminopeptidasas: Separan los aminoácidos del NH<sub>2</sub> terminal.

Dipeptidasas: Separan los amino ácidos de los dipeptidos

Endopeptidasas: Hidrolizan los enlaces peptídicos en determinados puntos del interior de las cadenas.

Entre las enzimas proteolíticas de origen vegetal se destacan por su abundancia las siguientes:

Bromelina: *Ananas comosus* (piña)

Papaína: *Carica papaya* (Fruta bomba)

Ficina: *Ficus carica* (Higo)

## DEGRADACIÓN DE PROTEÍNAS

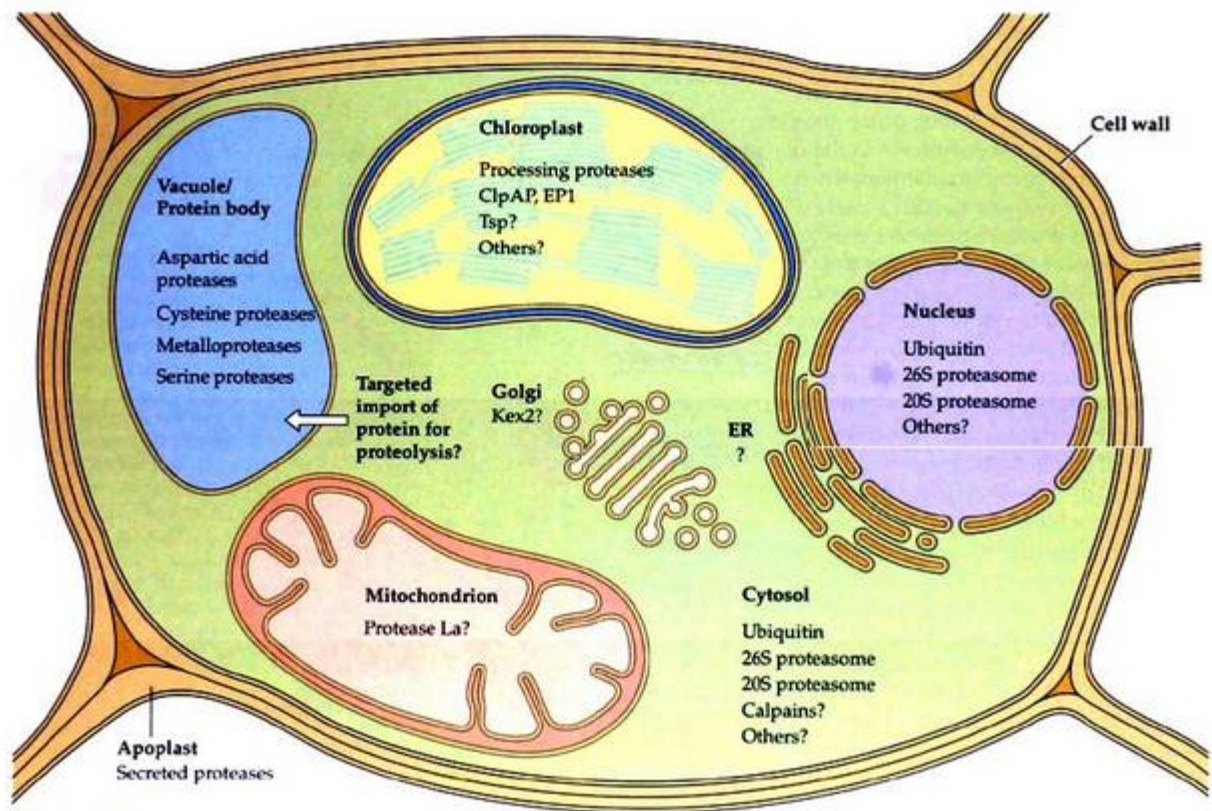
Una célula contiene más de 10,000 proteínas diferentes en cualquier momento dado. Es por tanto imperativo que la célula tenga un mecanismo preciso para controlar la actividad de proteasas y para la selección de proteínas individuales para la degradación en el momento correcto. Sin dicha regulación, las enzimas proteolíticas podrían degradar proteínas celulares esenciales indiscriminadamente.

La degradación de las proteínas en la célula se lleva a cabo por varias vías proteolíticas complejas.

La compleja vía catalizada por el proteosoma involucra productos de más de 100 genes.

Las proteasas que catalizan la degradación de las proteínas se encuentran en varios sitios de la célula.

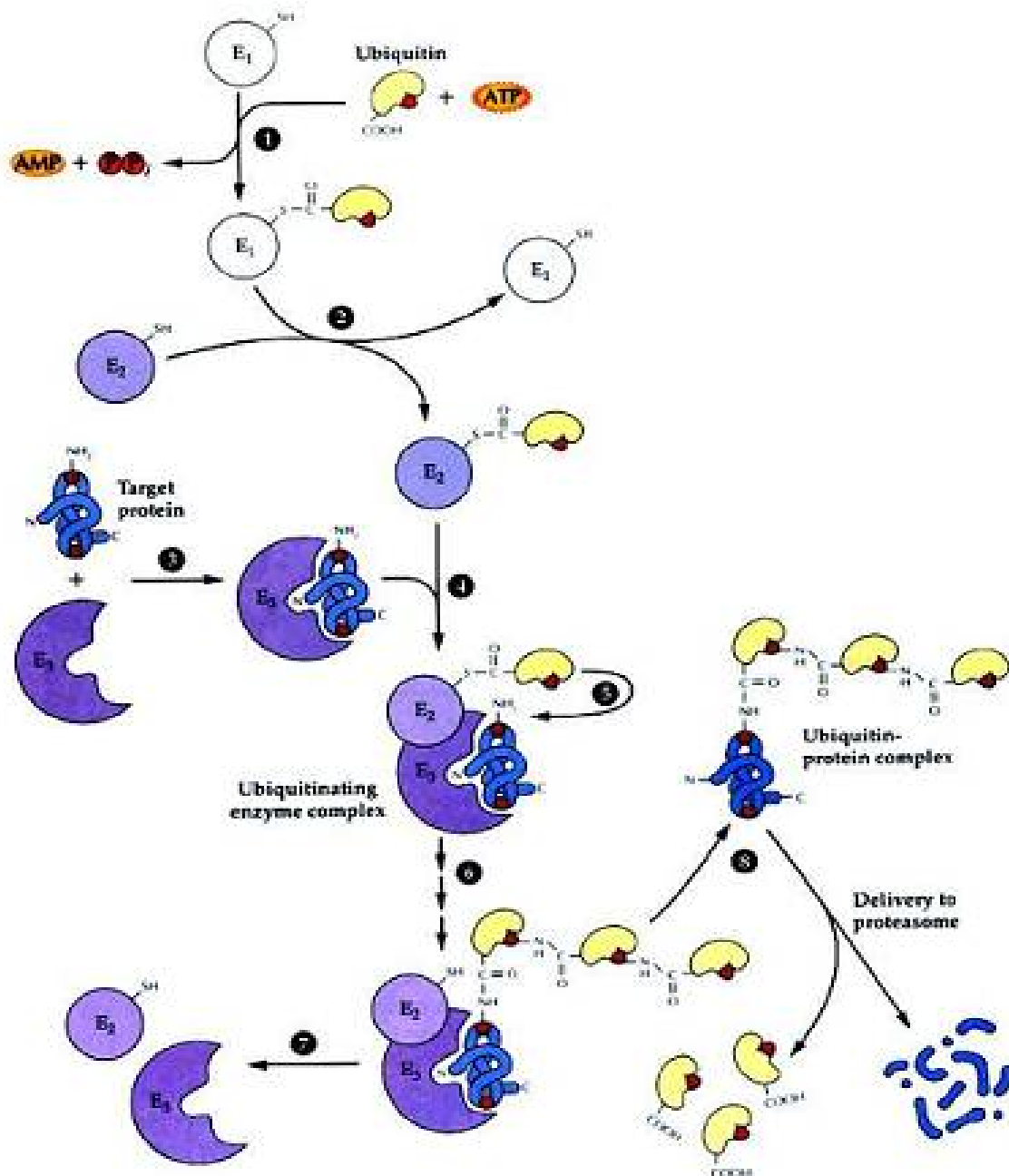
Probablemente las plantas poseen vías proteolíticas específicas en cada compartimiento celular.



La mayoría de la degradación de las proteínas en el citoplasma y el núcleo es llevada a cabo por el proteosoma, un complejo proteico extremadamente grande con una masa molecular de mas de 1.5 megadaltons (MDa).

Las proteínas destinadas para la degradación son distribuidas dentro del proteosoma después que se unen covalentemente a la ubiquitina.

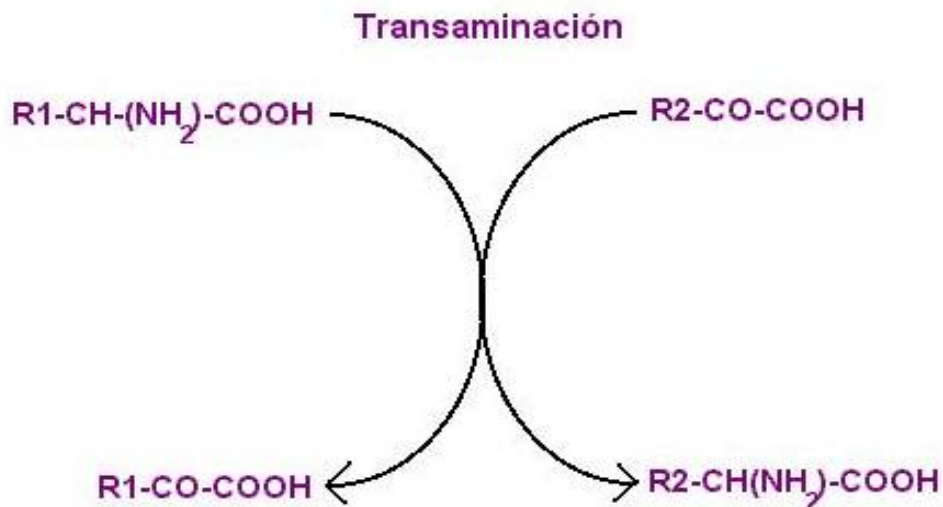
La proteína que se une a la ubiquitina se marca para la degradación. Este proceso es llevado a cabo por un complejo enzimático como se puede ver en la siguiente figura.





¿Qué destino puede tener el  $\text{NADH.H}^+$ ?

## TRANSAMINACIÓN.



Es la reacción más importante en la que participan los aminoácidos en los organismos superiores.

**Ejemplos: GPT y la GOT.**

## **DESCARBOXILACIÓN DE LOS AMINOÁCIDOS.**



### **Descá<sup>6</sup>boxilasa**

Las aminas obtenidas tienen importancia biológica y en los animales tienen propiedades farmacológicas como es la histamina y el GABA.

### **Vías de eliminación del amoníaco en animales:**

Excreción renal directa.

Síntesis de Glutamina (Tejido extrarrenales).

Síntesis de urea (Hígado).

### **CICLO DE LA UREA:**

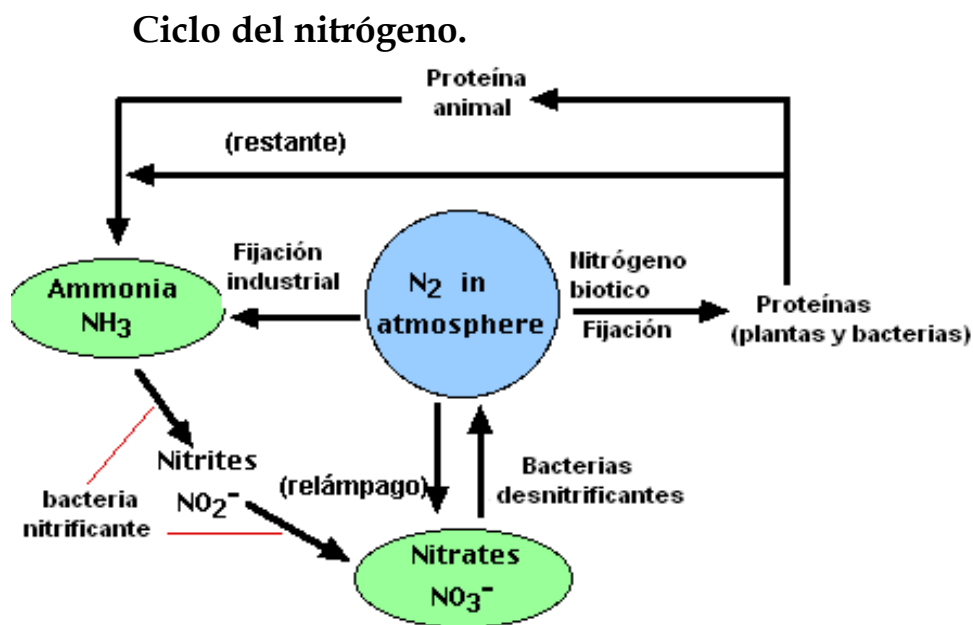
El catabolismo de los aminoácidos produce amoníaco, sustancia altamente tóxica, esta en el caso de los animales ureotélicos (incluyendo al hombre) es convertido en urea que es una sustancia inocua.

Estudio independiente:

Resumir las principales características del ciclo de la urea, teniendo en cuenta alimentador, metabolito inicial, productos, consumo de energía, interrelación con otros procesos e importancia biológica (auxíliese de un gráfico).

## ANABOLISMO DE LOS AMINOACIDOS.

El crecimiento de todos los organismos depende de la disponibilidad de los nutrientes minerales pero ninguno es tan importante como el nitrógeno. El nitrógeno está presente en las proteínas y los ácidos nucleicos, por tanto es un elemento indispensable para la vida. Por esa razón es tan importante conocer el papel del nitrógeno en la biosfera. El 79% del aire es nitrógeno gaseoso y es el principal reservorio de este elemento.



El Nitrógeno debe ser reducido a  $\text{NH}_4^+$  (amonio) para formar aminoácidos y otros componentes orgánicos. En las plantas la reducción del  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  requiere energía.

### REDUCCIÓN DEL NITRATO A AMONIO.

En la mayor parte de las plantas, tanto las raíces como las hojas son capaces de reducir nitratos, la proporción reducida en cada órgano depende entre otros factores del suministro de nitratos y de la especie.

El nitrato absorbido por las raíces de las plantas puede ser reducido a amonio o transportado sin transformar al tallo.

El amonio suministrado a las raíces (por absorción desde el suelo, reducción de nitrato y, en el caso de las leguminosas, por fijación del nitrógeno atmosférico) es incorporado a los aminoácidos.

En las raíces el nitrato es reducido por la acción de la nitrato reductasa en el citoplasma y el nitrito resultante se mueve al interior del cloroplasto donde es reducido a amonio mediante la enzima nitrito reductasa.



Diagrama de la vía de asimilación de nitrógeno en el cloroplasto:

- 1. Nitrato reductasa:**  $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$  (utiliza  $\text{NADPH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NADP}^+$ )
- 2. Nitrito reductasa:**  $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_2^-$  (utiliza  $\text{Fd red} \rightarrow \text{Fd ox}$ )
- 3. Glutamina sintetasa:**  $\text{NH}_2^- + \text{glutamato} \rightarrow \text{glutamina} + \text{H}_2\text{O}$  (utiliza  $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP}$ )
- 4. Glutamina: Alfa cetoglutarato amino transferasa:**  $\text{glutamina} + \text{2-oxoglutarato} \rightarrow \text{glutamato} + \text{2-oxoglutarato}$
- 5. Aspartato transaminasa:**  $\text{glutamato} + \text{2-oxoglutarato} \rightarrow \text{aspartato} + \text{2-oxoglutarato}$

El aspartato se transporta al hemicitoplasma y luego al citosol, donde participa en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos.

OTROS COMPARTIMENTOS: CITOPLASTO, CITOSOL, HEMICITOPLASMA.

El NADH.H<sup>+</sup> es el donador más común, aunque algunas especies como soya, maíz, cebada y arroz poseen una nitrato reductasa que opera tanto con NADH.H<sup>+</sup> como NADPH.H<sup>+</sup>

La nitrato reductasa se encuentra en el citosol, y tiene varios grupos prostéticos que incluyen FAD, citocromo y molibdeno, elemento que transfiere finalmente los electrones al nitrato.

La nitrito reductasa se encuentra en los proplastos en las raíces, y en los cloroplastos en las hojas. En las plantas  $C_4$  está ausente en los cloroplastos de la vaina vascular, teniendo lugar la reducción de nitratos exclusivamente en el mesofilo, el nitrato es reducido directamente a amonio, y en los cloroplastos los electrones son transferido desde la ferredoxina, acoplándose de este modo la reducción de los nitratos a la actividad fotosintética.

## ASIMILACIÓN DEL AMONIACO.

En las células vegetales el  $\text{NH}_4^+$  se genera no sólo en la reducción del  $\text{NO}_3$  sino también en otros procesos metabólicos tales como la fotorrespiración, el catabolismo de las proteínas o la fijación de nitrógeno molecular. Dicho  $\text{NH}_4^+$  es asimilado inicialmente en forma de glutamina. Esta es utilizada en la síntesis de otros aminoácidos o bien como metabolito transportador de nitrógeno a larga distancia.

En primer lugar el amoníaco es incorporado en una molécula de glutamato formándose glutamina. Reacción que consume una molécula de ATP, y es catalizada por la glutamina sintetasa (GS).

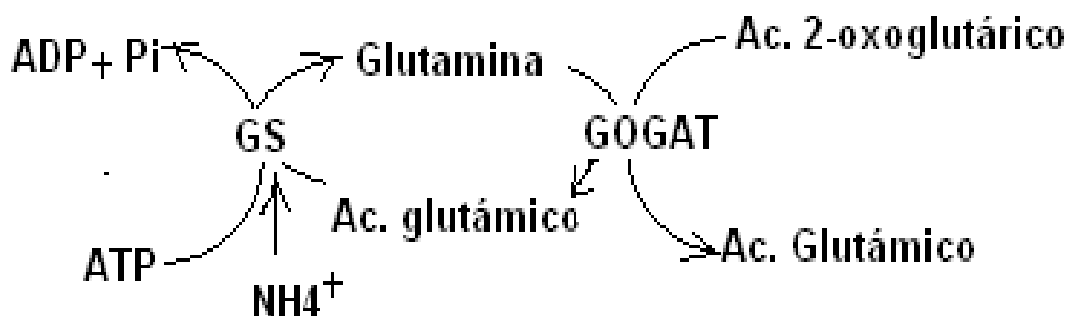
A continuación la enzima glutamato sintetasa (GOGAT), cataliza la transferencia reductiva del grupo amido de la glutamina al C-2 del 2- oxoglutarato ( $\alpha$  cetoglutarato) produciendo dos moléculas de glutamato. Al conjunto de estas dos reacciones se le denomina vía GS-GOGAT.

En las plantas existe dos formas de glutamato sintetasa, una dependiente de ferredoxina y otra dependiente de  $\text{NADH.H}^+$  como donadores de electrones (son isoenzimas). Son codificadas por una pequeña familia de genes nucleares que su expresión está regulada tanto por factores internos ( tipo de célula, grado de desarrollo del tejido, como factores externos (luz, nitrato y amonio).

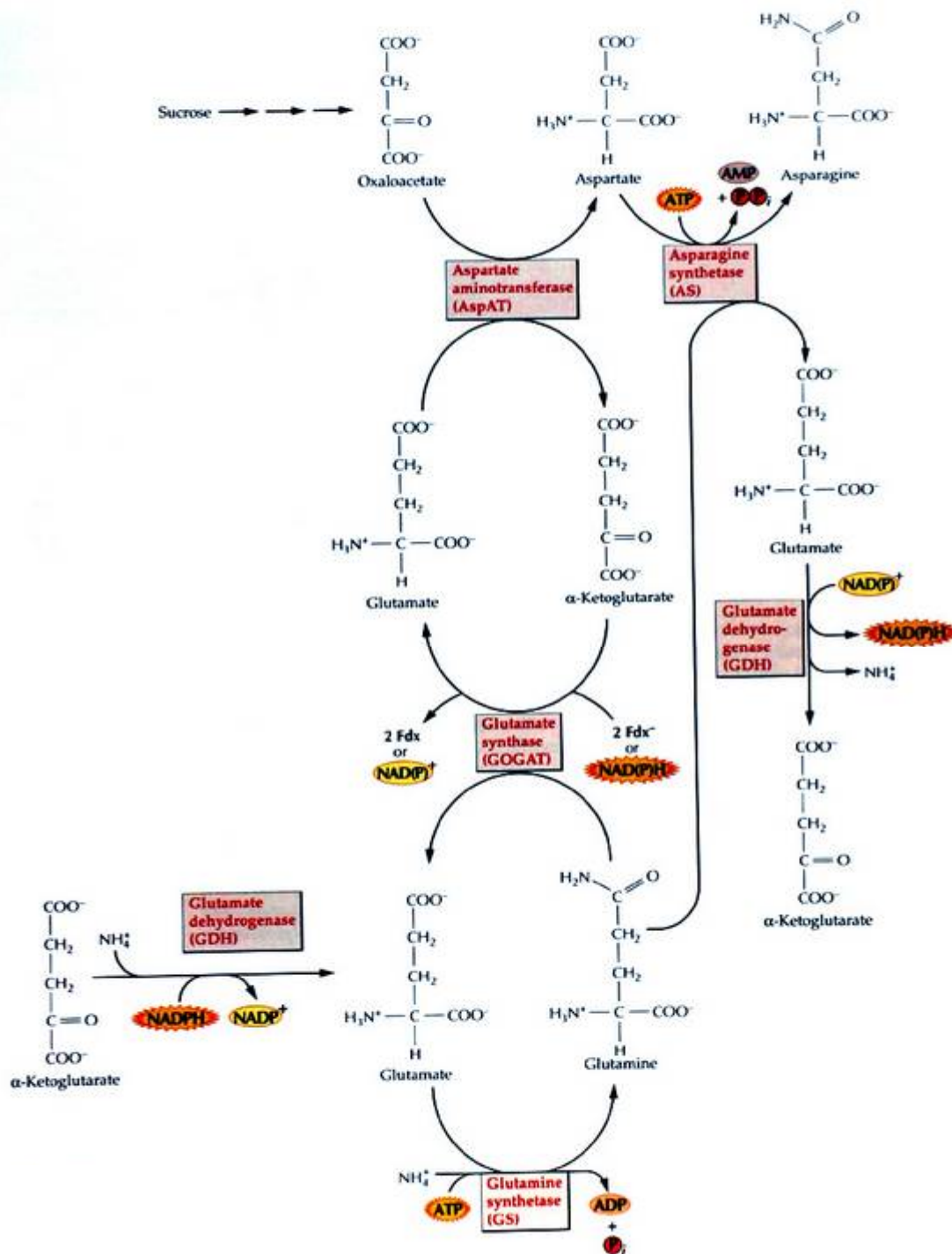
Por ejemplo, la dependiente de Fd es la más abundante en tejidos verdes. En las raíces se ha identificado también una dependiente de Fd pero sus propiedades son diferente a la de las hojas, por lo que podría ser otra isoforma.

La dependiente de  $\text{NADH.H}^+$  es especialmente abundante en raíces y nódulos, así como cotiledones y hojas jóvenes.

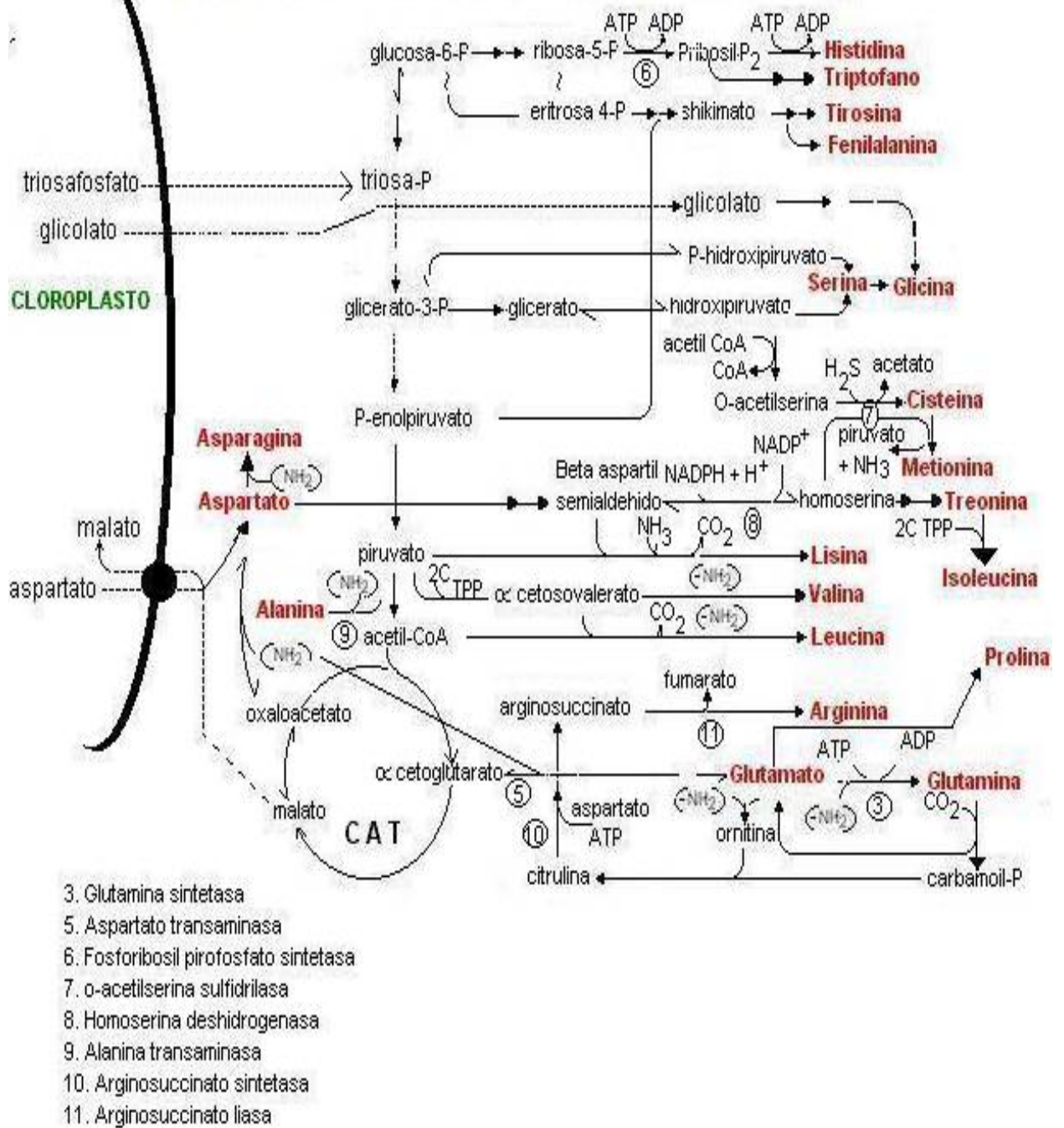
La acción conjunta de la GS-GOGAT y la transferencia de grupos aminos desde el glutámico a otros aminoácidos por las transaminasas hace posible la síntesis de nuevos aminoácidos.



## RESUMEN DE LA ACCIÓN DE LA ACCIÓN DE LA VÍA DE LA GLUTAMINA SINTETASA- GLUTAMATO SINTETASA



## SINTESIS DE AMINOACIDOS A PARTIR DE NITRATOS (II)



**Interrelación metabólica entre el metabolismo del nitrógeno con otras áreas del metabolismo .**

## FIJACIÓN SIMBIOTICA DE NITRÓGENO.

Existen plantas que son capaces de asociarse con diferentes géneros de microorganismos para fijar el nitrógeno atmosférico.

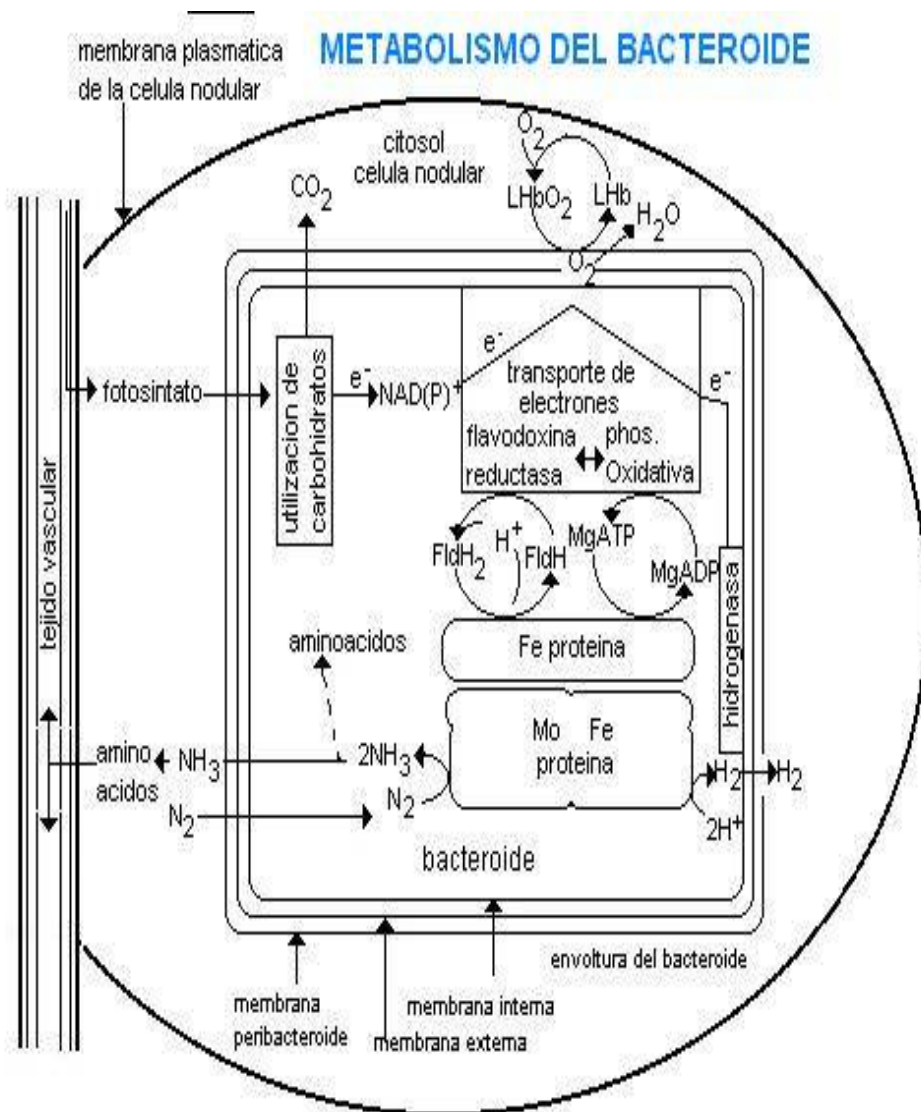


Por ejemplo: Todas las leguminosas forman una zona meristemática en la corteza de las raíces después de la infección de los pelos radicales por *Rhizobium*, posteriormente se produce el desarrollo del nódulo en el cual se produce el proceso de fijación simbiótica del  $N_2$ .

La fijación del nitrógeno en el bacteroide es catalizada por la enzima nitrogenasa y requiere energía obtenida a partir del metabolismo de los carbohidratos, en forma de un agente reductor y de ATP.

- Luego que el  $N_2$  es convertido en  $NH_3$ , este se incorpora a los ácidos orgánicos para formar aminoácidos por vías muy similares a las explicadas anteriormente.





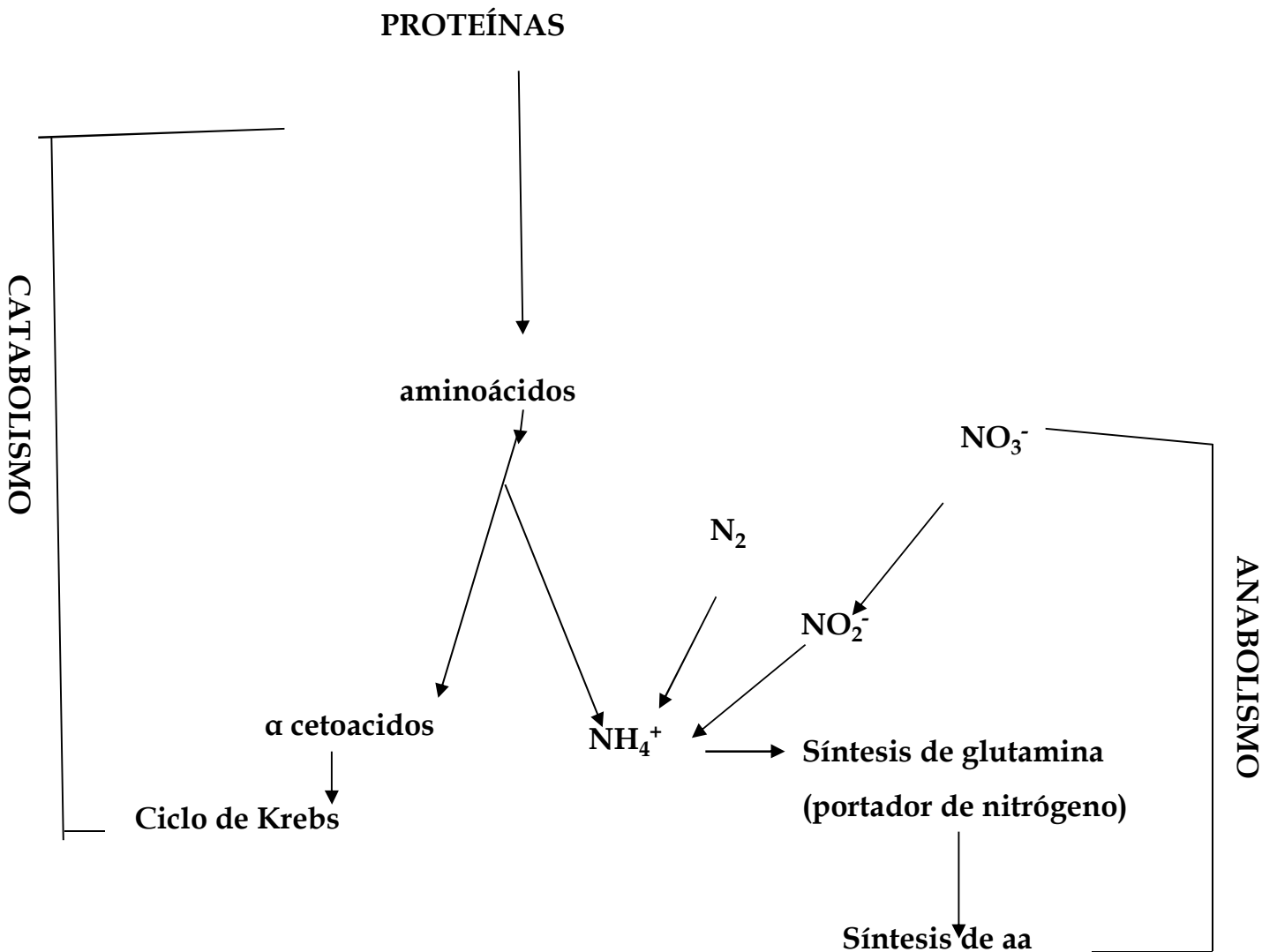
Ver conferencia de metabolismo de aminoácidos y de proteínas en página Web para profundizar.

Resumir a través de un esquema las vías de utilización del nitrógeno por las plantas.

Responder ejercicios relacionados con el asunto de la clase de hoy que aparecen en Claroline y enviar a través de la sección de trabajo del curso en Claroline.



## CONCLUSIONES



Bioquímica para Estudiantes de Ciencias Agropecuarias Pág. 234 - 257  
Bioquímica A.L.Lehninger Pág. 73 - 78, 730 - 735.

## CUESTIONARIO

Explique la importancia biológica de las proteínas.

Clasifique las proteínas según la función que realiza.

¿Qué aminoácidos son denominados esenciales? Nómbralos.

¿Son los mismos aminoácidos esenciales para todas las especies? Justifique la respuesta.

Describa las principales vías de degradación de los aminoácidos y represente la reacción general en cada caso.

¿Cuál es la importancia de transaminación para las plantas?

Explique la importancia de los ácidos  $\alpha$ -cetoglutarico, pirúvico y oxalacético.

¿Mediante qué mecanismos las plantas sintetizan aminoácidos a partir del nitrato? Explíquelos.

¿Cuál es la importancia de la nitrato reductasa?

¿Por qué tiene poca importancia metabólica la descarboxilación? Describa el proceso.

¿Qué permite a los rumiantes utilizar la urea para la síntesis proteica? Haga una breve explicación.

Explique el mecanismo de fijación simbiótica del nitrógeno por las bacterias del género *Rizobium*.

**Elija la opción correcta (s)**

**Pregunta n° 1 (Múltiple Elección): Las proteínas**

- A) Son poco abundantes en la células.
- B) Presentan funciones estructurales y dinámicas.
- C) Pueden ser catalizadores.
- D) Pueden actuar como vitaminas.
- E) Pueden actuar como hormonas.

**Pregunta n° 2 (Múltiple Elección): Las enzimas proteolíticas**

- A) Se clasifican en exopeptidasa y endopeptidasas.
- B) Se clasifican en Microbianas y vegetales.
- C) Solo se producen por los microorganismos.
- D) Degradan las proteínas.
- E) Degradan los aminoácidos.

**Pregunta n° 3 (Múltiple Elección): La degradación de las proteínas**

- A) Es un proceso no regulado.
- B) Se lleva a cabo por el ribosoma.
- C) Se lleva a cabo por el proteosoma.
- D) Involucra más de 100 genes.
- E) Ocurre en varios sitios de la células.

**Pregunta n° 4 (Múltiple Elección): El catabolismo de aminoácidos**

- A) Es importante para la obtención de energía.
- B) Puede ocurrir por transaminación.
- C) Puede ocurrir por carboxilación.
- D) Puede ocurrir por desaminación.
- E) Puede producir cetoácidos.

**Pregunta n° 5 (Múltiple Elección): La síntesis de aminoácidos en las plantas**

- A) Se produce a partir de nitratos.
- B) Se produce a partir de amonio.
- C) Se produce por incorporación de nitrato a cetoácidos.
- D) Se relaciona con el Ciclo de Krebs.
- E) Ocurre solamente en el citoplasma celular.

**Pregunta n° 6 (Múltiple Elección): La fijación simbiótica del nitrógeno**

- A) Ocurre por asociación con microorganismos.
- B) Ocurre por asociación entre plantas.
- C) Ocurre en todas las plantas.
- D) Ocurre con participación de la nitrogenasa.