**Factores que afectan a la Producción Primaria. Descripción de los fotosistemas.**

**Pigmentos fotosintéticos y fotosistemas**

Los pigmentos fotosintéticos se organizan en la membrana tilacoidal de los cloroplastos formando la unidad funcional denominada fotosistema. Estos se estructuran en un complejo antena y un centro de reacción fotoquímico. Los fotosistemas son capaces de transferir electrones a un aceptor primario y son capaces de aceptar electrones de un dador de electrones.

**Complejo antena**

Está formado por moléculas de clorofila (a y b) y de carotenoides unidas a proteínas de la membrana. Cada una de ellas absorbe luz de una determinada longitud de onda. La energía captada por el complejo antena es transferida al centro de reacción fotoquímico.

**Centro de reacción fotoquímico**

Está situado en una proteína de membrana y está constituido por dos moléculas de clorofila, de un tipo especial, P680 y P700, que se excitan cuando reciben la energía del complejo antena y transfieren electrones al aceptor primario.

Cuando el complejo antena capta un fotón, salta un electrón hacia un orbital de mayor energía. Esta energía se va transmitiendo de una molécula a otra cercana y así, mediante una reacción en cadena, esa energía llega hasta una de las moléculas de clorofila del centro de reacción, la cual responde liberando un electrón de alta energía que es captado por el aceptor primario.

El hueco electrónico que queda en la clorofila del centro de reacción es ocupado por un electrón de baja energía procedente de un dador de electrones, el agua o una molécula transportadora de electrones dependiendo de qué fotosistema sea el que se ha activado.

**Tipos de fotosistema**

Existen dos tipos de fotosistema, denominados fotosistema I (PSI) y fotosistema II (PSII). Se encuentran conectados entre sí mediante una cadena de proteínas transportadoras de electrones.

**Fotosistema I**

Se localiza en toda la membrana del tilacoide. Su centro de reacción tiene dos moléculas de clorofila que absorben luz de 700 nm de longitud de onda, por lo que se denomina P700.

Esta clorofila cede una pareja de electrones a un aceptor primario que los cede a su vez a una cadena de transporte cuyo último aceptor es el NADP+ que se reduce a NADPH.

El hueco electrónico que queda en la molécula P700 es ocupado con una pareja de electrones procedentes de la plastocianina.

**Fotosistema II**

Se localiza en las zonas donde las membranas del tilacoide se apilan para formar los grana.

Las dos moléculas de clorofila que forman su centro de reacción se denominan P680 ya absorben luz de 680 nm de longitud de onda.

**Papel de los microorganismos en los ciclos geoquímicos.**

 **Un ciclo geoquímico** describe el recorrido que sigue un bioelemento al circular desde las capas superficiales de la Tierra hasta la biosfera y viceversa. Esa circulación es el movimiento del carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre y otros elementos que, de forma permanente, conectan los componentes bióticos y abióticos de la Tierra.

 La importancia de estos bioelementos reside en el hecho de que todos ellos son necesarios para formar las biomoléculas orgánicas e inorgánicas presentes en todos los seres vivos.

 En estos ciclos juegan un papel muy importante los microorganismos, sobre todo los fermentativos, simbióticos o saprófitos, que con su metabolismo característico son capaces de reciclar la materia, y que los distintos bioelementos queden disponibles para el resto de seres vivos.

 En todos los ciclos hay asimilación y liberación del elemento en cuestión y el equilibrio entre ambos procesos será el que determine la disponibilidad del mismo.

 Los microorganismos tienen un papel destacado en los ciclos geoquímicos. En los ecosistemas, la energía entra como energía luminosa o como química -por oxidación de moléculas orgánicas o inorgánicas reducidas- y fluye unidireccionalmente de un nivel trófico a otro hasta disiparse en forma de calor.

 Por el contrario, la materia se mantiene prácticamente constante en la Tierra: los bioelementos circulan cíclicamente dentro de la biosfera, de los seres vivos a la materia mineral y viceversa, constituyendo los ciclos geoquímicos.

 En algunos casos, los únicos capaces de reciclar los elementos químicos en algunas de sus formas son los microorganismos, por lo que sin su intervención el reciclado de la materia no sería posible.

**Ciclo del carbono**

 El carbono (C) es el elemento más abundante en los seres vivos al constituir un elevado porcentaje de su peso en seco. Es muy abundante en forma de dióxido de carbono tanto en la atmósfera como disuelto en el agua. También se encuentra en las rocas calizas, el carbón y el petróleo.

 En la fijación del carbono juegan un papel importante los microorganismos autótrofos (quimioautótrofos) que fijan tanto el dióxido de carbono de la atmósfera como el disuelto en el agua. Al hacerlo, producen moléculas orgánicas que se pueden incorporar a los organismos heterótrofos mediante la ingesta de alimentos. Estos microorganismos son bacterias que como fuente de energía utilizan la obtenida de reacciones de oxidación de compuestos inorgánicos. Por ejemplo, bacterias incoloras del azufre o las bacterias del nitrógeno.

Es necesario diferenciar los procesos que ocurren en un medio aerobio de los que ocurren en un medio anaerobio

 En un medio aerobio:

1º) El carbono en forma de CO2, tanto de la atmósfera como el disuelto en agua, es absorbido y utilizado para la síntesis de moléculas orgánicas, mediante los procesos de fotosíntesis (realizado por algas, plantas verdes y cianobacterias) y quimiosíntesis (bacterias quimioautótrofas).

2º) Los compuestos orgánicos son oxidados en el proceso de respiración celular, realizado tanto por plantas como por animales y microorganismos aeróbicos, liberándose CO2 al medio acuático o aéreo.

En un medio anaerobio:

1º) Las bacterias fotosintéticas anoxigénicas transforman el CO2 en compuestos orgánicos. Estos compuestos son degradados por respiración anaerobia y fermentación que realizan las bacterias anaerobias y liberan CO2 al medio.

2º) La fermentación produce como residuo compuestos orgánicos, como ácidos orgánicos y alcoholes. Estas moléculas pueden ser transformadas en metano por bacterias metanógenas.

3º) Si el metano pasa a ambientes aerobios, es oxidado hasta CO2 por las bacterias metanótrofas, arqueobacterias y bacterias quimioautótrofas del suelo, que realizan este proceso para obtener energía.

**Ciclo del nitrógeno**

El nitrógeno gaseoso (N2) es el principal componente de la atmósfera y constituye el 78% del aire, pero, a pesar de su abundancia, es un gas inerte que solo algunas bacterias pueden incorporar a las moléculas orgánicas; los demás organismos autótrofos solo pueden incorporarlo en las sales disueltas en el agua, en forma de nitratos, nitritos o ion amonio. El nitrógeno es un componente esencial de proteínas y ácidos nucleicos.

La desnitrificación supone la pérdida de nitrógeno en el suelo, que es un nutriente esencial en los suelos de cultivo. Al remover el suelo mediante el arado, se airea y se evita que se den condiciones anaeróbicas que favorezcan la desnitrificación.

Los microorganismos desempeñan un papel fundamental en el ciclo del nitrógeno (Figura 4.3.2), ya que son los únicos que pueden realizar algunas de sus etapas:

1) Fijación del nitrógeno: solo ciertas bacterias fotosintéticas del género Rhizobium (asociadas a raíces de leguminosas), Azotobacter y algunas Cianobacterias que viven en el suelo, pueden absorber directamente el N2 atmosférico y reducirlo a NH4+, que es asimilado por estas bacterias para formar grupos amino de los aminoácidos.

2) Nitrificación: el NH3 del suelo es oxidado por bacterias quimiosintéticas nitrificantes, como Nitrosomonas que oxidan el NH4+ a nitritos (NO2-); Nitrobacter oxida los nitritos a nitratos (NO3-), los cuales son utilizados, entre otros, por microorganismos autótrofos y plantas que los reducen para formar los grupos amino. Estos pasarán posteriormente al resto de la cadena trófica.

3) Amonificación: las bacterias descomponen restos de animales y plantas muertas, tanto de forma aerobia como anaerobia, de modo que los grupos amino son liberados como NH4+, que vuelve al suelo. Microorganismos de este tipo son bacterias de los géneros Bacillus y Clostridium y hongos del género Penicillium.

4) Desnitrificación: bacterias anaerobias como Pseudomonas que habitan en zonas profundas del suelo realizan respiración anaerobia usando los NO3- de suelo aceptor de electrones, transformándolo en N2 que se libera a la atmósfera. Una parte de este N2 puede ser fijado por bacterias fotosintéticas anaeróbicas (Clostridium), que lo reducen a NH4+, a partir del cual se forman los grupos amino de los aminoácidos.