



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA



Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“La fotosíntesis y sus etapas en el proceso de producción de
glucosa en las plantas”

AUTORA:

Rocío Katherine Cordero Ocampo

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon López Izurieta, Msc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA



Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“La fotosíntesis y sus etapas en el proceso de producción de
glucosa en las plantas”

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MBA

PRESIDENTE

Ing. Agrop. Álvaro Pazmiño Pérez, M.Sc.

PRIMER VOCAL

Ing. Agr. Dalton Cadena Piedrahita, MBA

SEGUNDO VOCAL

La responsabilidad por la investigación, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas y sustentadas en este componente práctico del examen complejo son de exclusividad de la autora

ROCIO KATHERINE CORDERO OCAMPO

DEDICATORIA

Se lo dedico a Dios por permitirme llegar a cumplir esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres Juana Ocampo Ríos y Néstor Cordero Cepeda ya que ellos son mis pilares fundamentales en la vida y siempre me han apoyado forjando una mujer de bien; muchos de mis logros se los debo a ellos.

Se lo dedico también a mis hermanos y a mi novio por todo su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por permitirme culminar mi carrera universitaria, a mis padres Juana Ocampo Ríos y Néstor Cordero Cepeda, por ser el principal motivo para salir adelante y ser una mujer de éxito, a mis hermanos por apoyarme siempre.

A mi novio por su apoyo incondicional, sus consejos y confianza.

A el ingeniero Marlon López Izurieta, tutor de mi tesina por ser una persona de calidad, excelente docente e impartirme sus conocimientos y confiar en mí.

A el ingeniero Guillermo García Vásquez por ser uno de los docentes de calidad que antes de ser un docente es amigo y sabe escuchar y ayudar a sus estudiantes.

A mi amiga Melissa Morán Herrera por brindarme su apoyo incondicional, lealtad y amistad en todo el transcurso de vida institucional.

A los docentes de la FACIAG por sabernos brindar los conocimientos respectivos en el transcurso académico.

A la Universidad Técnica de Babahoyo (FACIAG) por haberme abierto sus puertas y permitido formarme como profesional.

RESUMEN

La fotosíntesis y sus etapas en el proceso de producción de glucosa en las plantas

El objetivo del presente trabajo final correspondiente al componente práctico del examen complejo se realizó con la finalidad de fortalecer los conocimientos referentes a la fotosíntesis y sus etapas en el proceso de producción de glucosa en las plantas, con luz, las plantas pueden capturar dióxido de carbono y liberar oxígeno durante el día, pero por la noche, las plantas experimentan otro cambio: absorben oxígeno y liberan dióxido de carbono. Se describieron procesos como: la fase lumínica, fase oscura, fijación del carbono. Además del concepto y la importancia de la fotosíntesis también se analizaron los procesos y etapas respectivas para la obtención de la glucosa a través de la fotosíntesis. Donde se llevan a cabo dos fases: la fase lumínica y la fase oscura mismas que tienen diversos procesos y son distintivas ya que la fase lumínica se produce únicamente aprovechando la luz solar lo que nos brindará oxígeno ATP, NADH₂ y la fase oscura es independiente de luz es decir que puede ocurrir de día y de noche y es donde se lleva a cabo el ciclo de Calvin y dentro de este ciclo es donde se produce la glucosa aprovechando el ATP, NADH₂, CO₂ para producirla. El conjunto de estas reacciones se sintetiza en esta ecuación: 6 CO_2 (dióxido de carbono) + $6 \text{ H}_2\text{O}$ (agua) + luz = $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glucosa) + 6 O_2 (oxígeno).

Esta evidencia que la fotosíntesis es un proceso fundamental para llevar a cabo la formación de la glucosa ya que mediante las diversas fases y etapas que esta cumple se puede generar como producto final la glucosa.

Palabras Claves: fotosíntesis, glucosa, energía solar, ciclo de Calvin, fijación de carbono, oxígeno.

SUMMARY

Photosynthesis and its stages in the process of glucose production in plants

The objective of this final work corresponding to the practical component of the complex test was carried out with the purpose of strengthening the knowledge concerning photosynthesis and its stages in the process of glucose production in plants. With light, plants can capture carbon dioxide and release oxygen during the day, but at night, plants experience another change: they absorb oxygen and release carbon dioxide. Processes were described as: light phase, dark phase, carbon fixation. In addition to the concept and importance of photosynthesis, the respective processes and stages for obtaining glucose through photosynthesis were also analyzed. Where two phases are carried out: the light phase and the dark phase that have different processes and are distinctive because the light phase is produced only by taking advantage of sunlight which will provide us with oxygen ATP, NADH₂ and the dark phase is independent of light that is, it can occur during the day and night and is where the Calvin cycle takes place and within this cycle is where glucose is produced by taking advantage of ATP, NADH₂, CO₂ to produce it. The set of these reactions is synthesized in this equation: 6 CO_2 (carbon dioxide) + $6 \text{ H}_2\text{O}$ (water) + light = $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glucose) + 6 O_2 (oxygen).

It is evident that photosynthesis is a fundamental process to carry out the formation of glucose since through the various phases and stages that it fulfills can be generated as a final product glucose.

Keywords: photosynthesis, glucose, solar energy, Calvin cycle, carbon fixation, oxygen.

INDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	2
MARCO METODOLOGICO.....	2
1.1. Definición del tema caso de estudio.....	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivo General	3
1.5. Objetivos Específicos	3
1.6. Fundamentación teórica	4
1.6.1. Importancia de la Fotosíntesis.....	5
1.6.2. Proceso de la Fotosíntesis	7
1.6.3. Etapas de la Fotosíntesis.....	8
1.6.4. Fase luminosa	9
1.6.5. Fase Oscura	9
1.6.6. Fijación del Carbono	10
1.7. Hipótesis.....	14
1.8. Metodología de la investigación.....	14
CAPITULO II	15
RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.1. Desarrollo del caso	15
2.2. Situaciones detectadas	15
2.3. Soluciones planteadas	16
2.4. Conclusiones.....	16
2.5. Recomendaciones	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18

INTRODUCCION

Las investigaciones en fotosíntesis presentan un desarrollo histórico ordenado que lleva a la comprensión actual del proceso. Aristóteles pensaba que la luz era necesaria para el crecimiento de las plantas, pero fue Stephen Hales, en 1727, el primero que reconoció con claridad que la luz es necesaria para el proceso por el cual las plantas adquieren nutrientes del aire (previamente se había pensado que las plantas obtienen sus sustancias solamente del agua y del suelo) (Curtis y Barnes 2007).

El proceso de la fotosíntesis se desarrolla en las plantas terrestres y acuáticas del planeta, también algas y algunas bacterias, son imprescindibles para la vida en la tierra. El reino vegetal al absorber la energía solar y el dióxido de carbono y devolver el oxígeno y carbohidratos se transforma en una pieza primordial en los ciclos naturales de la energía, el carbono y oxígeno.

La fotosíntesis es el proceso en el cual la energía de la luz se convierte en energía química en forma de azúcares. En un proceso impulsado por la energía de la luz, se crean moléculas de glucosa (y otros azúcares) a partir de agua y dióxido de carbono, mientras que se libera oxígeno como subproducto (Academy 2016).

Mediante el proceso de fotosíntesis la glucosa es elaborada por las plantas. Realizadas por pequeñas fábricas de energía denominados cloroplastos que son los encargados de la absorción de la energía de la luz y fabrican moléculas de glucosa.

La glucosa es una de las principales moléculas que sirven como fuentes de energía para las plantas y los animales. Se encuentra en la savia de las plantas y en el torrente sanguíneo humano, donde se conoce como "azúcar en la sangre" (Olmo y Nave 2010).

CAPITULO I

MARCO METODOLOGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre la fotosíntesis y sus etapas en la producción de glucosa en las plantas.

La fotosíntesis es un proceso de anabolismo autótrofo. Constituye no solo la forma de nutrición del reino vegetal si no por la base de alimentación de todas las cadenas tróficas. Está compuesta por dos fases: una luminosa y otra oscura.

1.2. Planteamiento del problema

Las plantas pueden fabricar su propia materia orgánica, misma que es utilizada para sus funciones vitales, a esto se le denomina nutrición autótrofa y para poder lograrlo realizan la fotosíntesis. Entonces, para poder formar la materia orgánica necesitan de agua (H₂O), dióxido carbono (CO₂), luz solar y sales minerales.

La glucosa, es uno de los alimentos que producen esos organismos, se sintetiza a partir del dióxido de carbono y el agua que toman del ambiente. La energía lumínica desencadena todo el proceso y el oxígeno es un desecho que se libera al ambiente (Fundación 2015).

Gracias a la fotosíntesis se puede elaborar materia orgánica a partir de la inorgánica. La materia orgánica es procesada y transmitida de unos seres vivos a otros a través de las cadenas tróficas. En la fotosíntesis, el CO₂ que producen los animales y los procesos de putrefacción pueden ser reutilizados y sintetizados. Siendo diferente si el CO₂ o dióxido de carbono saturaría el planeta, lo que provocaría consecuencias fatales para la vida en el planeta.

1.3. Justificación

La fotosíntesis es un proceso fundamental para la obtención de glucosa en las plantas, además de producir la clorofila que facilita el desempeño de las funciones de defensa de las células del sistema inmunológico.

En las células de las hojas normalmente ocurren las reacciones en un orgánulo llamado cloroplasto. Estos son orgánulos teñidos por pigmentos llamados clorofila, encargados de ayudar a tomar la energía que proviene de la luz solar y utilizarla para activar las reacciones.

Las plantas pueden fabricar su propia materia orgánica misma que es utilizada para sus funciones vitales, a esto se le denomina nutrición autótrofa y para poder lograrlo realizan la fotosíntesis. Entonces, para poder formar la materia orgánica necesitan de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), luz solar y sales minerales.

1.4. Objetivo General

Conocer sobre la fotosíntesis y sus etapas en el proceso de producción de glucosa en las plantas

1.5. Objetivos Específicos

- Determinar cómo se producen los componentes resultantes de la fotosíntesis en la fase lumínica
- Conocer el proceso metabólico que realiza la planta para la formación de glucosa en las hojas de las plantas.

1.6. Fundamentación teórica

La fotosíntesis es un proceso de anabolismo autótrofo. Constituye no sólo la forma de nutrición del reino vegetal sino por la base de la alimentación de todas las cadenas tróficas. Consta de dos fases: una luminosa y otra oscura. En ellas se produce la transformación no sólo de materia inorgánica en orgánica, sino también de energía luminosa en energía química de enlace (Fernández 2014).

La fotosíntesis es el proceso metabólico que ocurre en las plantas terrestres, las algas de aguas dulces, marinas o las que habitan en los océanos, y que permite la transformación de la materia inorgánica en materia orgánica y al mismo tiempo convierten la energía solar en energía química. Este proceso reviste gran importancia para la vida en la Tierra, ya que los organismos heterótrofos dependen de estas conversiones energéticas y de materia para su subsistencia. También a la eliminación de oxígeno fotosintético a la atmósfera obedecen la mayoría de los seres vivos (Ripa 2008).

La fotosíntesis es la reacción química donde el dióxido de carbono (CO_2) y el agua forman azúcares y producen oxígeno en presencia de energía lumínica. Las plantas utilizan los azúcares producidos en la fotosíntesis como fuente de alimento que es energía para la planta (López Chen 2018).

(Pérez Porto y Merino 2014) indica:

La fotosíntesis es un proceso metabólico que llevan a cabo algunas células de organismos autótrofos para sintetizar sustancias orgánicas a partir de otras inorgánicas. Para desarrollar este proceso se convierte la energía luminosa en energía química estable.

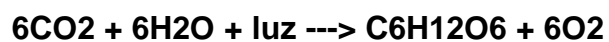
La fotosíntesis es un proceso mediante el cual las plantas producen sustancias orgánicas a partir de dióxido de carbono y agua en presencia de clorofila (captadora de la energía solar). El proceso de fotosíntesis

como tal, lo descubrieron los científicos hace más de 200 años. Joseph Priestly (químico, físico y teólogo británico) publicó en 1772 un trabajo donde hace referencia al papel depurador de la vegetación en la naturaleza: “Por estos descubrimientos estamos seguros de que los vegetales no crecen en vano, sino que limpian y purifican nuestra atmósfera” (Adrián 2020).

Se define fotosíntesis como un proceso físico-químico por el cual las plantas, las algas y las bacterias fotosintéticas utilizan la energía de la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos. En plantas, algas y en algunos tipos de bacterias fotosintéticas el proceso conlleva la liberación de oxígeno molecular y la utilización de dióxido de carbono atmosférico para la síntesis de compuestos orgánicos. A este proceso se le denomina fotosíntesis oxigénica. Sin embargo, algunos tipos de bacterias utilizan la energía de la luz para formar compuestos orgánicos, pero no producen oxígeno. En este caso se habla de fotosíntesis anoxigénica (Carril y Pérez 2009).

(Sánchez 2020) explica que:

La fotosíntesis es un proceso químico mediante el cual las plantas transforman la energía lumínica del Sol, dióxido de carbono y agua en carbohidratos. La ecuación general de la fotosíntesis es la siguiente:



1.6.1. Importancia de la Fotosíntesis

Gracias a la fotosíntesis se pudo expandir la vida sobre la tierra hace millones de años en la evolución y perpetuarse a través de los siglos hasta la actualidad al:

- Proporcionar alimentación para los organismos heterótrofos.
- Proporcionar biomasa.
- Proporcionar combustibles fósiles.

- Generar el oxígeno requerido para la actividad respiratoria de todos los organismos multicelulares y muchos organismos unicelulares (Zita 2020).

La fotosíntesis es un proceso vital y central en el ecosistema mundial, debido a múltiples razones. La primera y más evidente es que produce oxígeno (O₂), un gas indispensable para la respiración tanto en el agua como en el aire. Sin plantas, la mayoría de los seres vivos (incluyendo el ser humano) sencillamente no podría sobrevivir.

Por otro lado, al absorberlo del medio circundante, las plantas ayudan a fijar el dióxido de carbono (CO₂) en sus cuerpos convertido en materia orgánica, quitando dióxido de carbono del ambiente. Este gas, que exhalamos al respirar, es potencialmente tóxico si no se mantiene dentro de ciertos límites (Raffino 2020).

La fotosíntesis es el proceso químico más importante en la Tierra y es completamente imprescindible para la supervivencia de los seres vivos. Los animales, incluidos los seres humanos, viven porque las plantas existen y éstas viven gracias a la fotosíntesis. Debido a que las plantas pueden nutrirse por medio de este proceso, otros organismos obtienen alimento de ellas: raíces, tallos, corteza, hojas, flores y frutos. Por otra parte, el proceso libera uno de los productos más importantes para la respiración: el oxígeno. Durante los últimos tiempos la presencia de las plantas se ha reconsiderado por su capacidad para reducir los gases nocivos que las industrias y los automóviles liberan a la atmósfera. Es por eso que los bosques frondosos son una especie de “pulmones” para la Tierra (BioEnciclopedia 2015).

Por el otro lado, el oxígeno que producen las plantas es necesario para que toda la vida en la Tierra, incluyendo los humanos, pueda sobrevivir. La fotosíntesis también es responsable para mantener estables los niveles de oxígeno y dióxido de carbono de la atmósfera. Sin la fotosíntesis, la vida en la Tierra no sería posible (Cajal 2017).

1.6.2. Proceso de la Fotosíntesis

El proceso de fotosíntesis que se desarrolla en las plantas consiste en la transformación de la energía captada del sol (luz solar) en energía química. Esta energía es utilizada por todas las plantas para la reducción del gas carbónico y la producción de hidratos de carbono mediante la intervención de sustancias inorgánicas y agua. Generalmente se trata de un conjunto de reacciones bioquímicas que dan la función a las plantas iluminadas de poder producir materia orgánica constituyendo de esta manera un proceso esencial para la vida (Sánchez Barajas 2016).

La fotosíntesis es un proceso de oxido-reducción biológico, es decir, una transferencia de electrones de un donante a un aceptor. En la mayoría de los seres fotoautotróficos, el dióxido de carbono es el aceptor de electrones y el agua es el donante (Zita 2020).

El proceso de fotosíntesis es fundamental para el ecosistema y para la vida tal y como los conocemos, dado que permite la creación y circulación de la materia orgánica y la fijación de materia inorgánica. Además, durante la fotosíntesis oxigénica se produce el oxígeno que necesita la mayor parte de los seres vivos para su respiración (Raffino 2020).

Los productos de la fotosíntesis son la glucosa y el oxígeno. Esto significa que son producidos al final de la fotosíntesis. La Glucosa, la comida de las plantas, puede ser usada para almacenar energía en forma de grandes moléculas de carbohidratos. La glucosa es una molécula de azúcar simple que puede ser combinada con otras moléculas de glucosa para formar carbohidratos grandes como el almidón. El oxígeno es un producto de desperdicio de la fotosíntesis. Es liberado a la atmósfera a través de las estomas (Foundation 2007).

1.6.3. Etapas de la Fotosíntesis

La fotosíntesis ocurre en dos etapas: las reacciones dependientes de la luz y las reacciones que fijan carbono. (a) En las reacciones dependientes de la luz, la absorción de la energía lumínica por las moléculas de clorofila en la membrana del tilacoide inicia un transporte de electrones y la formación de un gradiente de protones a partir del cual se produce ATP. Durante este proceso, la molécula de agua se escinde y se liberan moléculas de oxígeno gaseoso. Los electrones son finalmente absorbidos por el NADP⁺ y se forma NADPH. (b) En las reacciones que fijan carbono, que ocurren en el estroma del cloroplasto, se sintetizan glúcidos a partir del CO₂ y el hidrógeno que transporta el NADPH. Este proceso utiliza la energía del ATP y el NADPH producidos en la etapa dependiente de la luz y, como veremos más adelante, implica una serie de reacciones que constituyen el ciclo de Calvin (Curtis y Barnes 2007).

Reacciones lumínicas: es un proceso dependiente de la luz (etapa clara), requiere de energía de la luz para fabricar ATP y moléculas portadoras de energía NADPH reducido, a usarse en la segunda etapa. Ciclo de Calvin- Benson: es la etapa independiente de la luz (etapa oscura), los productos de la primera etapa más CO₂ son utilizados para formar los enlaces C-C de los carbohidratos. Las reacciones de la etapa oscura usualmente ocurren en la oscuridad si los transportadores de energía provenientes de la etapa clara están presentes. Evidencias recientes sugieren que la enzima más importante de la etapa oscura esta estimulada indirectamente por la luz, de ser así el termino no sería correcto denominarla "etapa oscura". La etapa clara ocurre en la grana y la oscura en el estroma de los cloroplastos (Rosman y Gonzales 2000).

1.6.4. Fase luminosa

Fase luminosa, en esta etapa, la luz solar llega hasta los cloroplastos, de forma que las clorofilas convierten esta energía en energía química. La energía química y poder reductor acumulados serán fundamentales para la siguiente fase. La energía que se genera proviene de la rotura de la molécula de agua (H_2O), de forma que libera oxígeno (O_2) a la atmósfera y aprovecha los protones de hidrógeno ($4H^+$) generados que serán los que dentro de la maquinaria celular acaben dando lugar a otra molécula llamada ATP, que es la forma en la que la célula acumula la energía (Hidden 2019).

Durante la etapa dependiente de la luz, la planta capta la energía solar por medio de la clorofila en las células de las hojas y fabrica una molécula llamada adenosín trifosfato o trifosfato de adenosina (ATP), que almacena la energía. Para hacerlo, cada molécula de clorofila absorbe un fotón de luz y al hacerlo pierde un electrón. Este electrón pasa a la cadena de transporte de electrones que produce el NADPH y el ATP. La molécula de clorofila recupera el electrón perdido cuando una molécula de agua que se absorbe del suelo, es dividida en un proceso llamado fotólisis que libera una molécula de oxígeno a la atmósfera como desecho del proceso (BioEnciclopedia 2015).

1.6.5. Fase Oscura

(Sensi 2019):

La fase oscura de la fotosíntesis es un proceso complejo donde NADPH y ATP se usan para producir moléculas de carbohidratos (o azúcares).

La energía que la planta obtuvo durante la fase luminosa es usada para sintetizar la glucosa a partir del agua y el dióxido de carbono captado de la atmósfera terrestre. Se le llama fase oscura porque a diferencia de

la anterior, no necesita la luz solar. La enzima RuBisCO captura el dióxido de carbono de la atmósfera y en otro proceso llamado ciclo de Calvin, usa el NADPH y el ATP creados en la fase luminosa y libera azúcares de tres carbonos que pueden convertirse luego en sacarosa o almidón. Se utilizan seis moléculas de dióxido de Carbono para generar una molécula de Glucosa (Fundación 2015).

El nombre de fase "oscura" de la fotosíntesis puede prestarse a confusión, ya que las reacciones de esta etapa ocurren en todo momento, de día o de noche. El adjetivo se refiere a que las reacciones químicas que suceden en esta etapa son independientes de la luz; sin embargo, sí requiere de dos moléculas producidas en la fase luminosa: el ATP y el NADPH (poder reductor). Estos dos compuestos se utilizan para fijar el CO₂ de la atmósfera (incorporándolo en moléculas orgánicas presentes en la planta) y producir carbohidratos simples en el estroma (Sánchez 2020).

La fase oscura se realiza en los cloroplastos. Estos son estructuras celulares que se encuentran en los organismos eucariotas, y tienen una forma oval o esférica. Su función principal es la transformación de energía del sol en energía química, algo que ocurre durante la fotosíntesis y, para ser más exactos, durante su fase oscura. Está compuesto por una envoltura compuesta por dos membranas las cuales contienen pigmentos como la clorofila, así como otras sustancias esenciales para que pueda cumplir con su función (Sánchez 2020).

1.6.6. Fijación del Carbono

En las reacciones de fijación del carbono que ocurren en el estroma, el NADPH y el ATP, producidos en las reacciones de captura de energía, se usan para reducir un compuesto de tres carbonos, el gliceraldehído fosfato. A esta vía en la que el carbono se fija por medio del gliceraldehído fosfato se la denomina vía de los tres carbonos o C₃. En este caso, la fijación del carbono se lleva a cabo por medio del ciclo de

Calvin, en el que la enzima ribulosa bifosfato (RuBP) carboxilasa combina una molécula de dióxido de carbono con el material de partida, un azúcar de cinco carbonos llamado ribulosa bifosfato (Netto 2000).

En cada ciclo completo, ingresa una molécula de dióxido de carbono. El número requerido para elaborar dos moléculas de gliceraldehído-fosfato, que equivalen a un azúcar de seis carbonos, son seis vueltas. Se combinan seis moléculas de RuBP, un compuesto de cinco carbonos, con seis moléculas de dióxido de carbono, produciendo seis moléculas de un intermediario inestable que pronto se escinde en doce moléculas de fosfoglicerato, un compuesto de tres carbonos. Estos últimos se reducen a doce moléculas de gliceraldehído fosfato. Diez de estas moléculas de tres carbonos se combinan y se regeneran para formar seis moléculas de cinco carbonos de RuBP. Las dos moléculas "extra" de gliceraldehído fosfato representan la ganancia neta del ciclo de Calvin. Estas moléculas son el punto de partida de numerosas reacciones que pueden implicar, por ejemplo, la síntesis de glúcidos, aminoácidos y ácidos grasos (Netto 2000).

El Ciclo de Calvin es el método más común de fijación de carbono. Dicho Ciclo, también conocido como el Ciclo de Calvin- Benson o la "fase de fijación del CO₂ de la fotosíntesis", consiste en procesos biológicos y químicos que se llevan a cabo en el estroma de los cloroplastos de los organismos que realizan fotosíntesis. Su nombre se debe a que fue descubierto por Melvin Calvin y Andy Benson de la Universidad de California Berkeley mientras trabajaban con los isótopos radiactivos del Carbono (O'Loughlin 2009).

Desde un punto de vista bioquímico, el ciclo de Calvin se divide en tres etapas: carboxilación, reducción y regeneración.

En la carboxilación, el CO₂ se une a un compuesto de 5 carbonos, para formar 2 moléculas de 3 carbonos. Por lo tanto, en esta etapa se reduce el CO₂. En la siguiente fase tiene lugar la reducción, al intervenir la coenzima NADPH y el ATP, reduciéndose de este modo el PGA (ácido

fosfoglicérico, la molécula de 3 carbonos obtenida en la fase anterior) (Paxala 2018).

- Primera Fase del ciclo de Calvin: Carboxilación.
- La enzima que une el CO₂ a la RuBP (Ribulosa 1,5-bifosfato) es llamada rubisco, esta adición de CO₂ produce un intermediario inestable de carbono 6 que se descompone en dos moléculas de PGA. Cuando se utiliza un método de marcado radiactivo, se observa radioactividad en una de las moléculas PGA.
- Segunda Fase del Ciclo de Calvin: Reducción.
- Esta etapa consta de dos pasos. En el primero, una cinasa (enzima fosforiladora) convierte el fosfoglicerato en bisfosfoglicerato, consumiendo una molécula de ATP. En el segundo paso, la gliceraldehído-3-P deshidrogenasa reduce el bisfosfoglicerato mediante la obtención de glicerol-3-fosfato (GAP) y el consumo de NADPH. Esta fase es la más costosa del ciclo energético y es en sí misma un punto de control, ya que la gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa tiene una función reguladora.
- Tercera Fase del ciclo de Calvin: Regeneración.
- Esta última etapa es la más larga: de las 13 enzimas involucradas en el ciclo, 2 son exclusivas de esta etapa y del ciclo (obviamente, excluyendo la enzima rubisco, que es otra enzima exclusiva de Calvin pero que no actúa en la regeneración, sino en la carboxilación). Estas dos enzimas son la Sedoheptulosa-1,7-bisfosfatasa y la fosforibuloquinasa (Paxala 2018).

Las principales características que podemos observar en el ciclo de Calvin son las siguientes:

- Es considerado como una ruta metabólica cíclica que ocurre en el estroma del cloroplasto.
- Durante el ciclo se utiliza el ATP y el NADPH que son obtenidos durante la fase luminosa, y son utilizados para transformar sustancias inorgánicas oxidadas en moléculas

orgánicas reducidas que sintetizaran moléculas orgánicas complejas.

- Se conoce como fase oscura porque se observó que cuando la luz era apartada, las reacciones del carbono siempre sucedían durante algunos segundos después.
- Cuenta con tres enzimas Una de ellas, la RuBisCO, participa en la primera etapa y genera 2 moléculas de PGA.
- Cuando hablamos de rendimiento podemos decir que el ciclo de Calvin es eficiente si lo comparamos con otros eventos metabólicos ya que tiene un rendimiento del 90%.
- El ciclo posee auto catálisis, en otras palabras, el ciclo es capaz de auto re acelerarse porque es capaz de regenerar más aceptor del que consume invirtiendo todo el GAP en la producción de RuBP a expensas de la producción de hexosas.
- Es capaz de regularse para asegurar unos niveles adecuados de intermediarios y evitar que se produzcan ciclos fútiles.
- El principal factor regulador del ciclo de Calvin es la luz y en segundo lugar encontramos el sistema ferredoxina-tiorredoxina (Briceño 2018).

(significados.com 2018) expresa que:

El ciclo de Calvin produce en seis vueltas una molécula de glucosa de seis carbonos y regenera tres RuBP que serán nuevamente catalizados por la enzima RuBisCo con moléculas de CO₂ para el reinicio del ciclo de Calvin.

El ciclo de Calvin necesita de seis moléculas de CO₂, 18 ATP y 12 NADPH producidos en la fase luminosa de la fotosíntesis para producir una molécula de glucosa y regenerar tres moléculas de RuBP (significados.com 2018).

1.7. Hipótesis

H0 = La fotosíntesis no es importante en el proceso de obtención de glucosa en las plantas.

H1 = La fotosíntesis es importante en el proceso de obtención de glucosa en las plantas.

1.8. Metodología de la investigación

El presente trabajo practico del componente de examen Complexivo para proceder al título de Ingeniera Agropecuaria se recopilo información de revistas, libros, periódicos, congresos, ponencias, información de sitios web, artículos científicos. La información que se obtuvo fue sometida a la técnica de síntesis, resumen y parafraseo concerniente a la fotosíntesis y sus etapas en el proceso de producción de glucosa en las plantas, tratando de que sea comprendida por el lector.

CAPITULO II

RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El actual trabajo correspondió al componente práctico del examen de grado de carácter Complexivo, previo a la obtención del título de ingeniera Agropecuaria, elaborado a través de investigación bibliográfica, en diferentes sitios web, referente al tema de estudio “La fotosíntesis y sus etapas en el proceso de producción de glucosa en las plantas”.

2.2. Situaciones detectadas

Las situaciones detectadas en la fotosíntesis y las etapas del proceso de la glucosa en las plantas, se da a conocer lo siguiente:

La fijación del nitrógeno no se puede realizar sin energía solar, debido a que se encuentra regulada indirectamente por ella.

Algunas enzimas que se encuentran implicadas en este proceso de asimilación de carbono son dependientes de la luz y por esta razón no se produce el proceso en ausencia de ella.

La glucosa es una molécula orgánica compuesta por carbono, hidrógeno y oxígeno cuya fórmula es $C_6H_{12}O_6$.

La glucosa es el carbohidrato más abundante en la tierra.

2.3. Soluciones planteadas

Para la elaboración de la glucosa es necesario que la planta disponga de nutrientes esenciales y en cantidades adecuadas para que se realice la fotosíntesis, en especial fuentes de magnesio y nitrógeno.

Los factores ambientales son muy importantes dentro de este proceso, en especial la luminosidad u horas luz, debe haber en cantidades adecuadas dependiendo del tipo de planta que se disponga, no es lo mismo una planta C3 que una C4 en la producción de fotosíntesis, por eso es muy importante las horas sol en la producción de los cultivos.

Es necesario manifestar que para que se produzca la fijación del carbono debe intervenir la enzima rubisCO que es muy importante dentro de este proceso fisiológico en la generación de del metabolismo secundario dentro de la planta.

Para producir una molécula de glucosa y regenerar tres moléculas de RuBP se necesita de seis moléculas de CO₂, 18 ATP y 12 NADPH producidos en la fase luminosa de la fotosíntesis

2.4. Conclusiones

Una vez culminado el presente trabajo se determinaron las siguientes conclusiones:

- La fotosíntesis y sus etapas en el proceso de glucosa en las plantas es un proceso fundamental mediante el cual depende la mayor parte de vida en la tierra.
- Para la producción de la glucosa el ciclo de Calvin da 6 vueltas en el proceso e inicia nuevamente.
- El ATP, NADH₂ Y CO₂ son aprovechados por el ciclo de Calvin para producir la glucosa.

2.5. Recomendaciones

Las recomendaciones que se plantean son las siguientes:

Para el proceso de fotosíntesis en su fase oscura es muy importante la absorción del carbono que se encuentra en el ambiente para la generación de glucosa, por lo tanto, es necesario tener en consideración la reforestación o siembra de árboles u otro tipo de planta para disminuir el CO₂ del ambiente que tanto perjudica el planeta, además extraer el CO₂ del ambiente, la fotosíntesis en la fase lumínica expulsa el oxígeno que nosotros respiramos diariamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Academy, K. 2016. Introducción a la fotosíntesis (artículo) (en línea, sitio web). Consultado 20 ago. 2020. Disponible en <https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/introduction-to-stages-of-photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis>.
- Adrian, R. 2020. ¿Qué es Fotosíntesis?» Su Definición y Significado [2020] (en línea, sitio web). Consultado 23 ago. 2020. Disponible en [//conceptodefinicion.de/fotosintesis/](https://conceptodefinicion.de/fotosintesis/).
- BioEnciclopedia, S el A. 2015. Fotosíntesis, Definición y Características - BioEnciclopedia (en línea, sitio web). Consultado 23 ago. 2020. Disponible en <https://www.bioenciclopedia.com/fotosintesis/>.
- Briceño, G. 2018. Ciclo de Calvin | Qué es, en qué consiste, características, fases, explicación (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2020. Disponible en <https://www.euston96.com/ciclo-de-calvin/>.
- Cajal, A. 2017. Las 3 Etapas de la Fotosíntesis y sus Características (en línea, sitio web). Consultado 20 ago. 2020. Disponible en <https://www.lifeder.com/etapas-fotosintesis/>.
- Carril, E; Pérez, U. 2009. Fotosíntesis: Aspectos Básicos. (Serie Fisiología Vegetal) :47.
- Curtis, S; Barnes, M. 2007. Capítulo 6. Fotosíntesis, luz y vida | Biología, 7ma edición (en línea). s.l., Medica Panamericana. Consultado 20 ago. 2020. Disponible en <http://www.curtisbiologia.com/node/96>.
- Fernández, N. 2014. Fotosíntesis (en línea, sitio web). Consultado 20 ago. 2020. Disponible en https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/bachillerato/documentos/2014/LECT110.pdf.

- Foundation, C-12. 2007. Reacciones lumínicas de la fotosíntesis | CK-12 Foundation (en línea, sitio web). Consultado 20 ago. 2020. Disponible en [https://www.ck12.org/book/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-vida-grados-6-8-en-espa%
c3%b1ol/section/2.12/](https://www.ck12.org/book/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-vida-grados-6-8-en-espa%c3%b1ol/section/2.12/).
- Fundación. 2015. FOTOSINTESIS, ¿COMO SE PRODUCE? (en línea, sitio web). Consultado 20 ago. 2020. Disponible en <https://fundacioncajaruralburgos.es/fotosintesis-como-se-produce/>.
- Hidden, N. 2019. La fotosíntesis: Fase luminosa y oscura (en línea). Hidden Nature. Consultado 20 ago. 2020. Disponible en <https://www.hidden-nature.com/dodociencia/1o-eso/biologia-y-geologia/la-biodiversidad-en-el-planeta-tierra/la-fotosintesis-fase-luminosa-y-oscura/>.
- López Chen, J. 2018. Conceptos básicos de la fotosíntesis (en línea, sitio web). Consultado 23 ago. 2020. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/conceptos-basicos-de-la-fotosintesis/>.
- Netto, DV. 2000. Fijación de carbono. (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2020. Disponible en <https://www.fisicanet.com.ar/biologia/metabolismo/ap12-fijacion-de-carbono.php>.
- O'Loughlin, P por L. 2009. Biotecnología de la producción de algas (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2020. Disponible en <http://biotecprodalgas.blogspot.com/2009/04/definicion-fijacion-co2.html>.
- Olmo, R; Nave, M. 2010. Sugars (en línea, sitio web). Consultado 20 ago. 2020. Disponible en <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Organic/sugar.html>.
- Paxala. 2018. Resumen del Ciclo de Calvin: etapas e importancia (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2020. Disponible en <https://www.paxala.com/el-ciclo-de-calvin/>.

- Pérez Porto, J; Merino, M. 2014. Definición de fotosíntesis — Definicion.de (en línea, sitio web). Consultado 23 ago. 2020. Disponible en <https://definicion.de/fotosintesis/>.
- Raffino, ME. 2020. Fotosíntesis - Concepto, fases, características y ecuación (en línea, sitio web). Consultado 20 ago. 2020. Disponible en <https://concepto.de/fotosintesis/>.
- Ripa, MI. 2008. FOTOSÍNTESIS.pdf (en línea, sitio web). Consultado 20 ago. 2020. Disponible en http://agrarias.unlz.edu.ar/archivos_descargables/rvmaterialdebiologaparaelccf/FOTOS%C3%8DNTESIS.pdf.
- Rosman, J; Gonzales, AM. 2000. Fotosíntesis I (en línea, sitio web). Consultado 20 ago. 2020. Disponible en <http://www.biologia.edu.ar/plantas/fotosint.htm>.
- Sánchez Barajas, V. 2016. Importancia de la Fotosíntesis para la Vida en la Tierra (en línea). Jaén, UNIVERSIDAD DE JAÉN. Centro de Estudios de Postgrado. 75 p. Consultado 23 ago. 2020. Disponible en <http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/2331/1/S%c3%81NCHEZ%20BARAJAS%2c%20V%c3%8dCTOR.pdf>.
- Sánchez, M. 2020. BiologíaSur - 2.5.5.5.2. Etapas de la fotosíntesis y su localización. (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2020. Disponible en <https://www.biologiasur.org/index.php/139-apuntes-de-biologia/celula-eucariotica-iii/306-2-5-5-5-2-etapas-de-la-fotosintesis-y-su-localizacion>.
- _____. 2020. Fase oscura – Planeta Planta (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2020. Disponible en <http://www.edumovil.com/planetaplanta/23-2/fotosintesis/foscura/>.
- Sensi, SB. 2019. Fotosíntesis: ¿Qué Ocurre Durante la Fase Oscura? (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2020. Disponible en <https://sensiseeds.com/es/blog/fotosintesis-que-ocurre-durante-la-fase-oscura-y-la-fotorrespiracion/>.

significados.com. 2018. Significado de Ciclo de Calvin (en línea, sitio web).
Consultado 31 ago. 2020. Disponible en
<https://www.significados.com/ciclo-de-calvin/>.

Zita, A. 2020. ¿Qué es la fotosíntesis? Proceso y fases (en línea, sitio web).
Consultado 20 ago. 2020. Disponible en
<https://www.todamateria.com/fotosintesis/>.