



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

TESIS

**MODELO PRESA- DEPREDADOR DEL COMPORTAMIENTO FOTOSÍNTETICO Y
METABÓLICO DE LA PLANTA CARNIVORA “*Dionaea muscipula*”
EN INVERNADEROS.**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE: QUÍMICA FARMACOBIOLOGA

PRESENTA: LLERALDIN JUÁREZ AYALA

**DIRECTOR DE TESIS: MAESTRO EN CIENCIAS FISICO MATEMATICO GABINO
ESTEVEZ DELGADO**

MORELIA, MICHOACAN, JULIO 2114.

REVISORES

D.C JOAQUIN ESTEVEZ DELGADO

D.C JOSÉ OCTAVIO RODILES LÓPEZ

D.C RAÚL CORTÉS MARTÍNEZ

I.Q ARTURO CHÁVEZ ESQUIVEL

Q.F.B OSCAR CASTRO HERNÁNDEZ

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a **Dios** por ser la luz que ilumina mi vida brindándome fortaleza, salud, bienestar, seguridad, responsabilidad y confianza para lograr los objetivos que me he plan tanteado a lo largo de ella. Dándome la fortuna de tener los padreas más maravillosos del mundo que me han impulsado a ser mejor persona cada día y así vivir en una familia llena de armonía, creciendo en un ambiente rodeada de amor y cariño, el cual me ha permitido el logro de culminar mi educación a nivel licenciatura en químico Farmacobiología.

Agradezco a mis Padres; **Miguel Ángel Juárez Valencia y María Elena Ayala Echevarría** por haberme dado el don de la vida, que es el regalo más maravilloso del mundo, el cariño, amor, comprensión que me han brindado en el trascurso de mi vida y los momentos felices que me han hecho vivir a su lado, pero lo más importante es por el apoyo y la confianza incondicional que me han brindado para llevar a cabo el termino de mi licenciatura de químico Farmacobiología.

Agradezco a mi asesor de tesis **M.C. Gabino Esteves Delgado** por el apoyo, tiempo y dedicación que me brindo en el trascurso de la elaboración de mi Proyecto ya que con la aportación de sus conocimientos se a echo posible concluir la presente investigación y por la gran persona que es.

Agradezco a mi sinodal el **D.C Joaquín Esteves Delgado** por la aportación de sus conocimientos con el objetivo de mejorar la presente tesis, por el apoyo y tiempo que me dedico durante la revisión de tesis.

Agradezco a la **Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo** por haberme brindado la oportunidad de llevar acabo el término de mis estudios en la Facultad de Químico Farmacobiología.

DEDICATORIAS.***A MI PAPA MIGUEL ÁNGUEL JUÁREZ VALENCIA***

Por ser el uno pilar importante en la familia y el mejor papa, mi gran ejemplo a seguir ya que siempre me ha brindado su protección, cariño, amor y por los grandes momentos de alegrías que me ha hecho muy feliz en el transcurso de mi vida, he inculcándome los valores morales para ser mejor cada día, y así tener una buena formación personal como profesional y sobre todo brindarme su confianza y apoyo incondicional durante el transcurso de mis estudios, ya que con tu esfuerzo me ha proporcionado los recursos necesarios para que no me faltara nada y así poder lograr el termino de mi licenciatura, sus consejos que me han ayudado a ver la vida de diferente manera y ser responsable de mis actos. Ya que en mis momentos de felicidad y tristeza siempre has estado a mi lado. Papi te agradezco por haberme dado la oportunidad de terminar mi licenciatura ya que cuando estuve realizando el análisis experimental de mi tesis siempre estuviste al pendiente, aportándome tus conocimientos sobre los instrumentos de medición que utilice y viniendo a visitarme para ver cómo me encontraba tanto emocionalmente como económicamente te quiero mucho eres el mejor papa, le doy gracias a dios por haberme mandado un gran padre, me siento muy orgullosa de ser tu hija.

A MI MAMÁ MARÍA ELENA AYALA ECHEVARRIA

Por ser uno de los pilares más importante en la familia brindándome todo tu cariño, protección y amor a si mismo enseñando a confiar en mi persona y poder resolver los obstáculos que se me presenten en el trascurso de mi vida, cada uno de tus consejos que me han motivado para seguir adelante con esfuerzo, responsabilidad y dedicación , ya que siempre te has preocupado por mi bienestar en el trascurso de toda mi vida, y el apoyo que siempre me has brindado en los momentos más importantes de ella y por obsequiarme uno de los regalos más bonitos que es darme la vida, y así compartir conmigo mis momentos de alegrías y tristeza, eres la mejor mamá gracias por todas la llamadas que me has realizado durante el transcurso de mi estancia en Morelia las cuales me impulsaban a portarme bien y también por qué en el transcurso del

análisis experimental de mi tesis siempre estuviste preocupada por que cuidara bien mis plantas y no me quedara dormida durante las mediciones y cuando iba a Zacapu los fines de semana me realizabas mis comidas favoritas, Le doy gracias a dios por haberme mandado una mama tan linda y tierna como tú, te quiero mucho eres lo más importante que tengo en la vida.

A MI HERMANA MARÍA DE JESÚS JUÁREZ AYALA

Por todo el amor, cariño, confianza y comprensión que me has brindado en el transcurso de mi vida, ya que además de ser la mejor hermana del mundo es mi mejor amiga, siempre me has brindado tu apoyo incondicionalmente y hemos compartido momentos de alegrías, triunfos y tristeza juntos, eres uno de mis ejemplos a seguir ya que siempre me ha impulsado a ser mejor cada día, tus consejos que me han hecho comprender cada una de las situaciones que suceden en mi vida, Gracias por esta siempre pendiente de mí, ya que cuando te he necesitado siempre estas presente para ayudarme, por todas las desveladas ya fueran de estudio o de que platicando de todo lo que nos sucedía en el día, por ser uno de mis grandes apoyos cuando me vine a Morelia ya que siempre me esperabas para comer juntas y no me sintiera sola, por llevarme a la facultad mi primer día de clases brindando la confianza y fortaleza, también por el apoyo que me has brindado en el transcurso de mi licenciatura explicándome lo que yo no entendía de mis materias, en el análisis experimental de mi tesis, en mis mediciones y por formar parte de mi vida te quiero mucho.

A MI HERMANO MIGUEN ÁLGUEL JUÁREZ AYALA.

Por ser una gran persona ya que siempre me has brindado tu cariño, amor y apoyo incondicional en el transcurso de mi vida, estando presente en mis momentos de alegría, triunfos y tristezas, contagiándome de tu sentido del humor que te caracteriza poniendo una sonrisa en mi rostro, gracias por todos los momentos lindos que hemos compartido juntos, los consejos que me has dado los culés me han hecho mejor persona y por preocuparte por mi bienestar durante mi estancia en Morelia, en el transcurso de mis estudios, le agradezco a dios por haberme dado la fortuna de tener un súper hermano como tú eres muy importante en mi vida te quiero mucho.

A MI HERMANO OSCAR GUADALUPE JUÁREZA AYALA.

Por ser el más pequeñito y la alegría de la familia, ya que me ha brindado todo su cariño y amor, siempre te ha preocupado por mí durante mi licenciatura, realizando llamadas telefónicas, mandándome whats Apss para preguntarme cómo me encontraba y como me había ido en mi día, ya que cuando me siento triste siempre me contagias de tu alegría y tu entusiasmo que te caracteriza y por todos los momentos lindos y felices que hemos compartido juntos en el transcurso de nuestra vida, te quiero mucho hermanito le doy gracias a dios por haberme dado la oportunidad de tenerte a mi lado formando parte de mi vida.

ÍNDICE	PÁGINA
CAPÍTULO I. FUNDAMENTO ANALÍTICO DE LA ACTIVACION FISIOLÓGICA Y METABÓLICA DE LA PLANTA CARNÍVORA “<i>Dionaea Muscipula</i>”.	1
1. FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.1.1. MECANISMO DE CAPTURA Y METABOLISMO DE “ <i>Dionaea Muscipula</i> ”	6
1.2. HIPÓTESIS	8
1.3. OBJETIVO ESPECIFICO	8
1.4. VARIABLES	8
1.4.1. VARIABLES DEPENDIENTES	8
1.4.2. VARIABLES INDEPENDIENTES	8
1.5. DELIMITACIÓN DEL TEMA	9
1.6. ESPACIO DE ESTUDIO	9
 CAPÍTULO II. ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE LA PLANTAS CARNÍVORAS.	 11
2. INTRODUCCIÓN	12
2.1. MARCO REFERENCIAL	15
2.1.1. FOTOSÍNTESIS	15
2.1.1.1. ESTRUCTURA DEL CLOROPLASTO	16
2.1.1.2. ABSORCIÓN DE LA LUZ POR EL CLOROPLASTO	17
2.1.1.3. REACCIONES DE FOTORESPIRACIÓN	19
2.1.2. METABOLISMO	20
2.1.3. PLANTAS CARNÍVORAS	23
2.1.3.1. FAMILIA “ <i>Cephalotaceae</i> ”	23
2.1.3.2. FAMILIA “ <i>Nepenthaceae</i> ”	24
2.1.3.3. FAMILIA “ <i>Lentibulariaceae</i> ”	25
2.1.3.4. FAMILIA “ <i>Sarraceniaceae</i> ”	27

2.1.4. “ <i>Tenebrio Molitor</i> ”	28
2.1.4.1. CICLO DE VIDA DEL “ <i>Tenebrio Molitor</i> ”	28
2.1.5. MODELO PRESA –DEPREDADOR DE LOTKA VOLTERRA.	30
2.1.5.1. CURVAS EQUIPOTENCIALES	33
2.2. MARCO HISTÓRICO	34
2.2.1. PLANTAS CARNÍVORAS MAS GRANDES DEL MUNDO	35
2.2.2. LEY DE MALTHUS	36
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y MATERIALES.	38
3. INTRODUCCIÓN	39
3.1. MUESTRAS	41
3.1.1. TRES PLANTAS CARNÍVORAS “ <i>Dionaea Muscipula</i> ”	41
3.1.1.1. CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS “ <i>Dionaea Muscipula</i> ”	42
3.1.2. TRES LARVAS DE “ <i>Tenebrio molitor</i> ”	42
3.1.2.1. CARACTERISTICAS DE LAS LARVAS DE “ <i>Tenebrio molitor</i> ”	42
3.2. SOFTWARE E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CADA UNA DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES	43
3.2.1. SOFTWARE	43
3.2.2. MATERIAL	43
3.3. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL POTENCIAL ELÉCTRICO	44
3.4. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1})	45
3.5. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LA TEMPERATURA (T_{IN-OUT}) Y HUMEDAD(H_{IN-OUT})	46
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	45
3.7. APLICACIÓN DEL MODELO PRESA – DEPREDADOR	45

<i>CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS</i>	48
4. INTRODUCCION	49
4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA	49
4.1.1. PRUEBA DE ERROR NORMALIZADA.	50
4.1.2. ANALISIS DE VARIANZA	51
4.2. RESULTADOS DEL ANALISIS EXPERIMENTAL DE LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”(Planta No. 1, Planta No. 2)	52
4.2.1. PRUEBA DE ERROR NORMALIZADO	52
4.2.2. ANALISIS DE VARIANZA	53
4.2.2.1. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}) DE LA TIERRA EN LA ETAPA II DE LA PLANTA No. 1 RESPECTO A LA PLANTA No. 2 EN PROCESO DE ADAPTACION	53
4.2.2.2. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}) DE LA TIERRA DE LA ETAPA II DE LA PLANTA No. 1 RESPECTO A LA PLANTA No. 2 DEL PROCESO METABOLICO	54
4.2.2.3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}) DE LA PLANTA No.1 EN LOS PROCESOS DE ADAPTACIÓN, METABOLISMO E INICIO DE HIBERNACIÓN	55
4.2.2.4. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL [%] DE HUMEDAD _[IN] , REALIZADO PARA LA EVALUACIÓN DE LA ATMOSFERA INTERNA DEL SISTEMA INVERNADERO, PARA LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” (PLANTA No.1; PLANTA No.2), EN LOS PROCESOS DE ACLIMATACIÓN, METABOLISMO E INICIO DE HIBERNACIÓN.	56
4.2.2.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ECUACIONES DEL LOTKA VOLTERRA.	57

4.2.2.5.1. ECUACION SINUSOIDAL.	58
4.3. COMPARACION DE RESULTADOS DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA” RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”	66
4.3.1. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES ([%] DE HUMEDAD _[IN] , TEMPERATURA _[IN] , [%] CO ₂ , CONDUCTANCIA (Ω^{-1})) DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA” CON RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE ACLIMATACIÓN	66
4.3.2. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES ([%] DE HUMEDAD _[IN] , TEMPERATURA _[IN] , [%] CO ₂ , CONDUCTANCIA (Ω^{-1})) DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA” CON RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL PROCESO METABÓLICO	68
<i>CAPITULO V CONFRONTACION DEL FUNDAMENTO HIPOTETICO.</i>	71
5. CONFRONTACION DEL FUNDAMENTO HIPOTETICO.	72
5.1. TRABAJO A FUTURO	76
5.2. CONCLUSIÓN	77
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79

ÍNDICE	PÁGINA
FIGURA 1.1.1. PLANTA CARNÍVORA “ <i>Dionaea muscipula</i> ” EN ETAPA DE FLORACIÓN.	3
FIGURA 1.1.2. ESTRUCTURA DE LA TRAMPA DE LA PLANTA CARNÍVORA “ <i>Dionaea muscipula</i> ”.	5
FIGURA 1.1.3. MECANISMO DE CAPTURA Y METABOLISMO DE LA PLANTA CARNÍVORA “ <i>Dionaea muscipula</i> ”.	7
FIGURA 2.1.1.1.1 ESTRUCTURA DEL CLOROPLASTO.	17
FIGURA 2.1.2.1 CICLO DE LOS ÁCIDOS TRICARBOXÍLICOS O CICLO DE KREBS	21
FIGURA 2.1.3.1.1 PLANTA CARNÍVORA “ <i>Cephalotus Follicularis</i> ”	24
FIGURA 2.1.3.2.1 PLANTA CARNÍVORA “ <i>Nepenthes alata</i> ”.	25
FIGURA 2.1.3.3.1 PLANTA CARNÍVORA “ <i>Pinguicula Grasilla</i> ”	26
FIGURA 2.1.3.4.1 PLANTA CARNÍVORA “ <i>Sarracenia Purpurea</i> ”	27
FIGURA 2.1.4.1.1 CICLO DE VIDA DEL “ <i>Tenebrio molitor</i> ”	29
FIGURA 2.1.5.5.1 FAMILIA DE CURVAS EQUIPOTENCIALES ANALISADAS EN UN CONTENEDOR.	34
FIGURA 2.2.1 PLANTAS CARNÍVORAS “ <i>Nepenthes Attenboroughii</i> ”	35
FIGURA 2.2.2 PLANTA CARNÍVORA “ <i>Nepenthes rajah</i> ”	36
FIGURA 3.1.1 PLANTAS CARNÍVORAS “ <i>Dionaea muscipula</i> ”.	41
FIGURA 3.1.2 LARVAS DE “ <i>Tenebrio molitor</i> ”.	42
FIGURA 3.1.3 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE CADA UNA DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL	46

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

TABLA I.- VALOR NUTRICIONAL DE LA LARVA DE “ <i>Tenebrio molitor</i> ”	30
TABLA 4.1.2.1 ANOVA DE LA TEMPERATURA _[IN] , RESPECTO A LA TEMPERATURA _[OUT] DEL SISTEMA INVERNADERO EN PROCESO DE ADAPTACION.	51
TABLA 4.2.2.1.1 ANALISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}) DE LA TIERRA, DEL PROCESO DE ADAPTACION DE LA PLANTA No. 1 RESPECTO A LA PLANTA No. 2.	54
TABLA 4.2.2.2.1 ANALISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}) DE LA TIERRA DE LA PLANTA No.1 RESPECTO A LA PLANTA No. 2 EN PROCESO METABÓLICO.	55
TABLA 4.2.2.3.1 ANALISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}) DE LA TIERRA DE LA PLANTA No.1 RESPECTO A LOS PROCESOS DE ADAPTACIÓN, METABÓLISMO E INICIO DE HIBERNACION DE LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”.	56
TABLA 4.2.2.4.1 ANALISIS DE VARIANZA DEL [%] DE HUMEDAD _[IN] , DEL SISTEMA INVERNADERO DE LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” EN EL PROCESO DE ADAPTACIÓN, METABÓLICO, E INICIO DE HIBERNACIÓN.	57
TABLA 4.3.1.1. ANALISIS DE VARIANZA DE LA HUMEDAD _[IN] DEL SISTE INVERNADER LA ETAPA I “PLANTA AISLADA” RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”.	67
TABLA 4.3.1.2. ANALISIS DE VARIANZA DE LA TEMPERATURA _[IN] DEL SISTE INVERNADER LA ETAPA I “PLANTA AISLADA” RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”.	68
TABLA 4.3.2.1 ANALISIS DE VARIANZA DE LA HUMEDAD _[IN] DEL SISTE INVERNADER EN EL PROCESO METABÓLICO DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA” RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”.	69
TABLA 4.3.2.2. ANALISIS DE VARIANZA DE LA TEMPERATURA _[IN] DEL SISTE	

INVERNADER EN EL PROCESO METABÓLICO DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA”
RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”.

70

ÍNDICE DE GRAFICAS	PÁGINA
GRAFICA 2.1.5.1 EXTINCIÓN DEL DEPREDADOR EN AUSENCIA DE LA PRESA.	32
GRAFICO 2.1.5.2. CRESIMIENTO EXPONECIAL DE LA PRESA EN AUSENCIA DEL DEPREDADOR	33
GRÁFICA 4.1.1 CURVA DE CALIBRACION DEL POTENCIAL ELÉCTROCO EN FUNCION DEL [%] CO ₂	49
GRAFICA 4.2.2.5.1 [%] CO ₂ SINTETIZADO POR LAS PLANTAS No.1 y No.2 DE LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” CON RESPECTO AL TIEMPO EN PROCESO DE ADAPTACIÓN.	57
GRAFICA 4.2.2.5.2 DE AJUSTE SINUSOIDAL RESTANDO LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE $y_{teórica}$ Y DE $y_{exponencial}$ DE [%] CO ₂ LIBERADO POR LAS PLANTAS No. 1 y No. 2 DE LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” CON RESPECTO AL TIEMPO EN PROCESO DE ADAPTACIÓN.	58
GRAFICA 4.2.2.5.2 COMPORTAMIENTO OSILATORIO DEL [%] CO ₂ LIBERADO POR LAS PLANTAS No. 1 y No. 2 DE LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” CON RESPECTO AL TIEMPO EN PROCESO DE ADAPTACIÓN.	60
GRAFICA 4.2.2.5.2 AJUSTE SINUSOIDAL [%] CO ₂ SINTETIZADO POR LAS PLANTAS No.1 y No.2 DE LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” CON RESPECTO AL TIEMPO EN PROCESO METABÓLICO.	61
GRAFICA 4.2.2.5.3 COMPORTAMIENTO OSILATORIO DEL [%] CO ₂ SINTETIZADO POR LAS PLANTAS No.1 y No.2 DE LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” CON RESPECTO AL TIEMPO EN PROCESO METABÓLICO.	62
GRAFICA 4.2.2.5.4 CICLO LIMITE ATRACTOR DEL [%] CO ₂ CON RESPECTO A LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}).	65

RESUMEN

En la presente investigación, se propone determinar la relación funcional existente entre el proceso fotosintético y metabólico, en base al [%] CO₂, sintetizado por las plantas carnívoras “*Dionaeamuscipula*”, a través de la digestión de la larva de “*Tenebrio molitor*”, liberado a la atmósfera interna del sistema invernadero, además de su interacción, con el Modelo Presa – Depredador, se utilizó un método inductivo e indirecto, basado en el uso de un sensor de CO₂ ($\lambda_{Máxima} = 4.26 \mu n$), acoplado a un multímetro con interface a la computadora (MUL-600), que determina el potencial eléctrico del CO, el [%] CO₂, es obtenido a través de la ecuación de la recta, de la curva de calibración (**GRAFICO 4.1.1.**), la cual, nos representa gráficamente la señal de mediciones correspondientes al potencial eléctrico en función del [%] CO₂. La conductancia (Ω^{-1}) de la tierra se determinó mediante el uso de un multímetro digital (FLUKE -87), a través, de la determinación de las curvas equipotenciales, la cual, se encuentra asociada de forma indirecta con la absorción del agua, por los pelos radiculares del sistema de raíces de las plantas, requerida para llevar a cabo el proceso fotosintético. Para la identificación de las variaciones de la temperatura [IN] y humedad [IN], se colocó dentro del sistema invernadero un termo higrómetro, debido a que en base a la literatura, se debe mantener una temperatura [IN] en un intervalo de 20 – 35 °C y la humedad [IN] de 80 [%] – 90 [%] y así obtuvimos los parámetros que nos permitirán determinar el comportamiento metabólico y termodinámico, dentro del proceso metabólico ante la ingesta de insecto. El efecto invernadero generado en el proceso metabólico de la digestión de la larva de “*Tenebrio molitor*” por las plantas carnívoras “*Dionaeamuscipula*” durante un periodo de 9 días una vez realizada la ingesta del insecto, al llevar a cabo su proceso de digestión establece un relación modelo Presa – Depredador, obteniendo un sistema a tractor (**GRÁFICO 4.4.1**) donde podemos observar que una vez realizado su proceso digestivo el sistema invernadero, vuelve a tomar las características que ofrece la mayoría de las plantas dentro del proceso de la fotosíntesis, se monitoreo de manera paralela la determinación de temperatura [IN] y [%] humedad [IN], para realizar una prueba de error normalizado y un análisis de varianza tanto de temperatura [IN] como de [%] humedad [IN], la cual, nos indica una variación significativa permitiendo observar que las plantas carnívoras se acoplan para tener un ecosistema adecuado para su supervivencia manteniendo una homogeneidad tanto de temperatura [IN] como [%] humedad [IN].

Palabras claves; Metabolismo, Fotosíntesis, Modelo Presa-Depredador, “*Dionaea Muacipul*”

ABSTRACT

In the present investigation aims to determine the functional relationship between the photosynthetic and metabolic process, based on the [%] CO₂ synthesized by the carnivorous plant "Dionaea Muscipula" through digestion larva "Tenebrio molitor", released the internal atmosphere of the greenhouse system, and its interaction with the Model Prey - Predator, an inductive approach was used and indirectly, based on the use of a sensor CO₂ ($\lambda_{M\acute{a}xima} = 4.26 \mu n$), coupled to a multimeter with interface to computer (MUL-600), determining the electrical potential of the CO, the [%] CO₂, is obtained through the equation dela straight calibration curve (Figure 4.1.1.) which we plotted signal measurements corresponding to the electric potential as a function of [%] CO₂. Conductance (Ω^{-1}) was determined from the earth by using a digital multimeter (Fluke -87) through, for determining the equipotential contours, which, is associated indirectly with water absorption, root hairs by the root system of plants required to carry out the photosynthetic process. To identify changes in the [IN] temperature and humidity [IN], was placed inside the greenhouse system hygrometer thermo, because that based on the literature, it should maintain a temperature [IN] in a range of 20 - 35 ° C and humidity [iN] 80 [%] - 90 [%] and so we obtained parameters that allow us to determine the metabolic and thermodynamic behavior within the metabolic process to intake insect. The greenhouse effect generated in the metabolic process of digestion larva "Tenebrio molitor" by carnivorous plants "Dionaea muscipula" for a period of nine days once the intake of the insect, in carrying out their digestion process establishes a Prey-Predator model, relating to obtaining a system tractor (Figure 4.4.1) where we can observe that once made your digestive system process the greenhouse, retakes the features offered by most of the plants in the process of photosynthesis, is parallel monitoring of temperature determination [IN] and [%] humidity [IN], to perform a normalized error test and analysis of variance both temperature [IN] and of [%] humidity [IN], where , indicates significant variation noted that allowing carnivorous plants mate to have an adequate ecosystem for their survival keeping both homogeneity temperature [IN] as [%]humidity [IN].

Keywords ; Photosynthesis, Metabolism, Prey - Predator Model, Dionaea Muscipula , [%] CO₂

CAPÍTULO I

***FUNDAMENTO ANALÍTICO DE LA ACTIVIDAD FISIOLÓGICA
Y METABÓLICA DE LA PLANTA CARNÍVORA “Dionaea muscipula”.***

***“LA ENERGÍA NO SE CREA, SIEMPRE EXISTE Y NO SE DESTRUYE, SOLAMENTE SE
TRANFORMA POR MEDIO DEL PENSAMIENTO O LA VOLUNTAD DE QUIEN LA
MANEJA”.***

Albert Einstein.

1. FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN.

La selección natural es caracterizada por ser una lucha entre dos o más especies, en la cual únicamente sobreviven aquellos organismos que tengan la capacidad de desarrollar las características más apropiadas para su adaptación a diversas circunstancias biológicas y ambientales. Lo que ha conducido a los organismos que habitan en los ecosistemas, a formar complejas relaciones de interacción, basadas en la competencia para lograr a corto plazo la supervivencia y la evolución a largo plazo, donde cada una de las especies depende directa o indirectamente de la presencia o ausencia de otra especie. El Modelo Presa - Depredador de Lotka Volterra representa la interacción entre dos especies, que conviven dentro de un Mismo hábitat, el cual, Sintetiza la dinámica de las poblaciones en este caso la presa, es la especie cazada por el depredador, y depredador, es el que se alimenta de la especie presa, consistiendo en un sistema de dos ecuaciones diferenciales [1.1] y [1.2] para cada una de ellas siendo las siguientes:

$$\frac{dN}{dt} = rN - aPN, \quad [1.1]$$

$$\frac{dP}{dt} = faPN - qP. \quad [1.2]$$

En nuestro estudio se considera presa a la absorción del agua, realizada por la planta, a través de sus pelos radiculares de sus raíces por lo tanto nuestras variable a determinar es la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, debido a que se encuentra asociada de manera indirecta con la absorción del agua.

El CO_2 es liberado por nuestra planta en señal de que está llevando a cabo su proceso metabólico (Ciclo de Krebs; $\text{Acetil-CoA} + 3 \text{NAD}^+ + \text{FAD} + \text{GDP} + \text{P}_i + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CoA-SH} + 3 \text{NADH} + 3 \text{H}^+ + \text{FADH}_2 + \text{GTP} + 2 \text{CO}_2$), por la digestión de la presa, debido a que por cada molécula de CO_2 que se utiliza en el proceso fotosintético, la cual, ingresa a través de los estomas al interior de la hoja, se liberando una molécula de vapor de H_2O , permitiendo la refrigeración de la hoja y la captación de agua por su sistema de raíces, este

proceso es llamado transpiración, el incremento de la concentración de vapor de H₂O modifica el [%] humedad [IN] en el sistema invernadero. La variación de la temperatura [IN] del sistema se debe, a la energía cinética asociada a los movimientos de traslación del O₂ y rotación o vibración del CO₂ y CH₄, los cuales, son productos fotosintéticos ($6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{L}_{\text{UZ}} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{12} + 6 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ O}_2$) y metabólicos de la larva de “*Tenebrio molitor*”, sintetizados por la planta carnívora “*Dionaea muscipula*”, a medida de que incrementa la concentración de O₂, CO₂ y CH₄, en la atmosfera interna del sistema invernadero, también aumenta la energía cinética debido al movimiento de la moléculas, generando calor, por lo que la temperatura [IN] se modifica y será mayor, ya que la concentración de gases en la atmósfera interna del sistema invernadero es directamente proporcional a la temperatura [IN], por este motivo, en el análisis experimental, de la presente investigación, denominamos depredadores al [%] CO₂, temperatura [IN] y humedad [IN] ya que son procesos acoplados.

1.1. INTRODUCCIÓN.



FIGURA 1.1.1. Planta carnívora “*Dionaea muscipula*” en etapa de floración.

La planta carnívora "*Dionaea muscipula*" Fue descrita por el naturalista británico John Ellis en el año de 1769 mediante una carta titulada "*A botanical description of the Dionaea muscipula, or venus's frytrap. A newly- discovered sensitive planet*", Es un de las más conocida y maravillosas del mundo debido a la capacidad única de capturar pequeños insectos, es originaria de la costa de los Estados Unidos en California Norte y Sur, en el cual, el clima no es demasiado extremo, se localizada en zonas pantanosas de suelos pobres en nutrientes y ácidos los cuales, presentan un pH 5.5 o pH 6, requieren una temperatura de 20°C a 30°C en verano, 0°C a 10 °C en invierno (1; 2). Fue objetivo de la investigación moderna ya que contiene una gran cantidad de metabolitos secundarios bioactivos potentes con propiedades terapéuticas o quimiopreventivos para la cura y prevención del cáncer, los cuales son: naftoquinonas, que actúan como bactericidas, insecticida, fungicida, y agentes alelopáticos, los flavonoides como los ácidos fenólicos, funcionan como protectores solares UV, son los factores de crecimiento de las plantas y las protege contra hongos, bacterias, insectos y nematodos.

Los metabolitos secundarios presentes en la planta carnívora "*Dionaea muscipula*" son;

1. Plumbagina: es una naftoquinona amarilla con propiedades anti-bacterianas, anti-hongos, anti-inflamatoria y anti - cáncergenias, con tiene un efecto antitumoral potente en KB y las líneas celulares de cáncer de HeLa y Wish,
2. El ácido elágico; es una molécula polifenolica sintetizada por "*Dionaea muscipula*", el cual, Por su sabor astringente, juegan un papel en la defensa de la planta contra los herbívoros y plagas, Es un agente quimiopreventivo que reduce la proliferación celular, inhibe NF-kB por interferir con la unión del factor de transcripción al ADN. El compuesto desencadena la apoptosis de células de cáncer pancreático (3).

La planta "*Dionaea muscipula*", está formada por una roseta, la cual, contiene de 4 a 7 hojas con un peciolo plano de forma acorazonada con la capacidad de llevar a cabo el proceso fotosintético y un par de lóbulos simétricos de forma ovalada los cuales conforman las trampas, contiene pigmentos rojos de antocianina, localizado en las glándulas digestivas, en los bordes de sus trampas se encuentra unas prolongaciones parecidas a las cilios los cuales se entrelazan y evitan que la presa escape, en su interior existen finas estructuras denominadas pelos sensoriales,

los cuales, tienen la capacidad de activar el mecanismo de captura, esta hojas emergen de un corto tallo subterráneo de tipo rizoma, sus raíces son pequeñas (4). Flórese en mayo y junio por medio de un tallo largo de flores blancas y pequeñas con 5 sépalos, pétalos iguales, el cual, sobresale de las trampas para que los insectos polinizadores no sean atrapados (5).

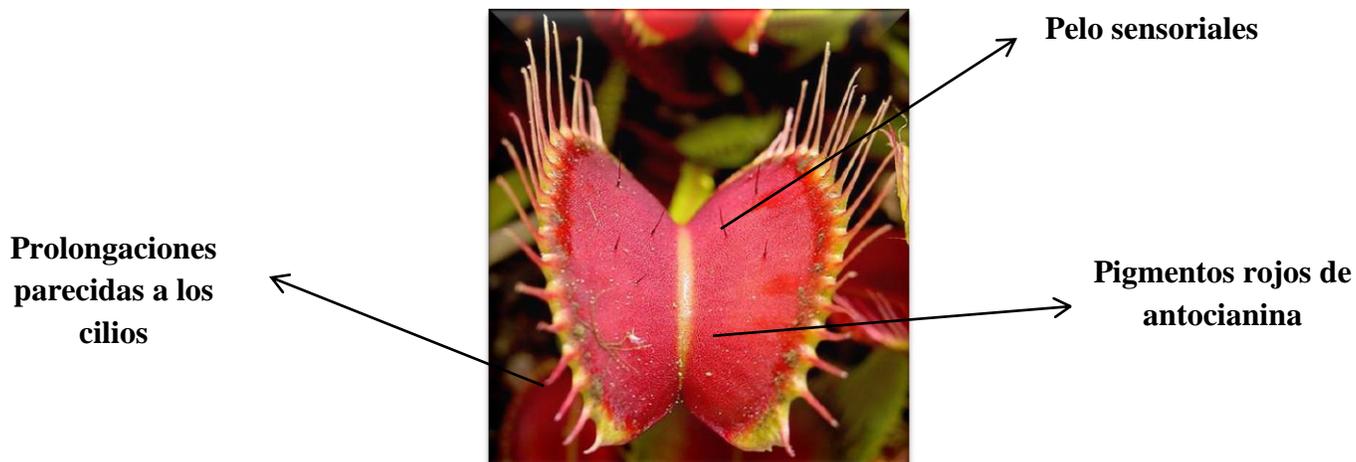


FIGURA 1.1.2. Estructura de la trampa de la planta carnívora “*Dionaea muscipula*”.
Fuente: Propia.

La planta carnívora “*Dionaea muscipula*” lleva acabo su reproducción de dos tipos:

- a) **SEXUAL**; Se lleva acabo cuando la planta florece. Durante el transcurso de uno a dos días las flores se abren, lo cual, permite que el pistilo sea receptible para la fertilización, se caerán los pétalos quedando la vaina que es el fruto de la flor libre, la cual, madurara abriéndose para mostrar las semillas.
- b) **ASEXUAL**; sucede a través de la separación foliar, es un método de reproducción artificial, en el cual, la planta de la especie “*Dionaea muscipula*” tiende a separase lo que le permite producir nuevas plantas en su base del rizoma separándose de la planta madre para la producir nuevo individuos (4).

1.1.1. MECANISMO DE CAPTURA Y METABOLISMO “*Dionaea Muscipula*”.

La planta carnívora “*Dionaea muscipula*” Posee un mecanismo de captura activo, el cual, es inducido por la estimulación mecánica de los pelos sensoriales, provocado por el insecto, la planta atrae a su presa con el olor de un néctar producido por las glándulas localizadas en el lado interior de la trampa y la exposición de un patrón de rayos UV. Cuando el animal toca un pelo sensorial sensible, se genera un movimiento de iones, lo cual, induce la producción de un gradiente osmótico que cambia el tamaño y la forma de las células especializadas de la trampa que dan como resultado el cierre de ella, en un tiempo de 300 milisegundos (6). La trampa captura pequeños insectos volátiles de la Familia *Araneae*, *Formicidae*, y no volátiles del Orden Coleoptera y Diptera.

Los insectos son atraídos por su color rojo producido por el pigmento de antocianina y por su néctar, con olor a frutas y flores, lo cual, está compuesto por compuestos orgánicos volátiles siendo estos; Sesquiterpenos, los cuales, son Humuleno, Óxido de Cariofileno, β - Guaiene, Benzenoides como Alcohol Bencílico y Feniletil Benzaldehído, Alifáticos como lo son; Decanal Nonanal, Acetona, Pentadecano, Undecanal, Ácido Acético, Octanal y Monoterpenos que se encuentran en mayor cantidad entre ellos Limoneno, Isometano, Sabineno Triciclono, p - cimeno, 3- Carene, α - Felandrenose, Trans - Bervenova, Canfeno, Isomentol, β - Linalol.

Estos compuestos orgánicos volátiles actúan como moléculas de señalización **Planta - Animal** y **Planta - Planta**, también relacionados con la reproducción de la planta especialmente con la atracción de los polinizadores de las flores (7). Al capturar la presa la trampa de la planta libera hormonas como el Ácido 12- Oxophytodieno, precursor del Ácido Jasmónico, Fitormonas táctiles, mediante el estímulo mecánico, activado por la presa al momento de intentar escapar, asociado a la inducción del flujo digestivo, presentado un pH ácido en un intervalo de 4 - 3, proteínas con un peso molecular de 40.000 aproximadamente relacionadas con la patogénesis así como su mecanismo de defensa al igual que familia de plantas carnívoras “*Nepenthes*” las cuales son: Peroxidasas, β - 1, 3 - Glucanasa, Dionain I y Dionain II, que poseen un efecto antimicrobiano, Quitinasa y la Dionaeasina - 2 y el Aspártico Proteínasa (Dionain III) actúan en la degradación.

El ciclo digestivo presenta un periodo de 9 días, La secreción del flujo digestivo comienza en las primeras 24 horas, la máxima secreción de las enzimas es a los 3 días y las proteínas alcanzan su máximo a los 4 días del ciclo, después de estos días comienza a disminuir debido a que la planta abrirá de nuevo su trampa (8; 9). Las trampas de la planta carnívora "*Dionaea Muscipula*", tienen la capacidad de realizar tres capturas debido a que necesita la mayor cantidad de nitrógeno, el cual, es obtenido mediante la digestión de la presa, después de esto solo es utilizado para llevar a cabo el proceso fotosintético.

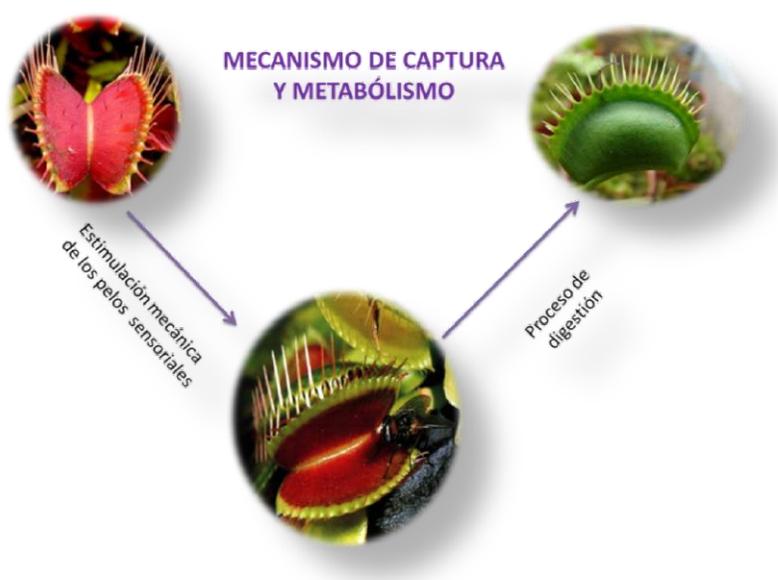


FIGURA 1.1.3. Mecanismo de captura y metabolismo de la planta carnívora "*Dionaea muscipula*". Fuente: propia

1.2. HIPÓTESIS.

En el proceso metabólico las plantas carnívoras "*Dionaea Muscipula*" establecen una relación Modelo Presa – Depredador, en los parámetros (0,0), del ciclo límite a tractor, los cuales, ocurren en corto tiempo, para posteriormente abandonar dicho comportamiento e iniciar su proceso fotosintético.

1.3. OBJETIVO ESPECIFICO.

Determinar la relación funcional existente entre el proceso fotosintético y metabólico, en base al [%] CO₂, sintetizado por las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*", a través de la digestión de la larva de "*Tenebrio molitor*", liberado a la atmósfera interna del sistema invernadero, además de su interacción, con el Modelo Presa – Depredador.

1.4. VARIABLES.

Para el estudio de nuestra investigación se requiere determinar las variables clasificadas como dependientes e independientes las cuales podremos sustituir en nuestras ecuaciones del Modelo Presa- Depredar y así poder observar la relación existente.

1.4.1. VARIABLES DEPENDIENTES.

- I. Humedad Interna del Sistema.
- II. Temperatura Interna del Invernadero.
- III. Conductancia (Ω^{-1}).
- IV. Potencial Eléctrico.
- V. Razón de Cambio de Temperatura con Respecto al Tiempo.

1.4.2. VARIABLES INDEPENDIENTES.

- I. Tiempo.
- II. Humedad Externa del Sistema.
- III. Temperatura Externa al Invernadero.

1.5. DELIMITACION DEL TEMA.

Para la determinación del objetivo se utilizó un método inductivo e indirecto, basado en el uso de un sensor de CO₂ ($\lambda_{\text{Máxima}} = 4.26 \mu\text{n}$), acoplado a un multímetro con interface a la computadora (MUL-600), que determina el potencial eléctrico del CO₂, el [%] CO₂, es obtenido a través de la ecuación de la recta, de la curva de calibración (**GRAFICO 4.1.1.**), la cual, nos representa gráficamente la señal de mediciones correspondientes al potencial eléctrico en función del [%] CO₂. El CO₂ es sintetizado por las plantas carnívoras “*Dinaea muscipula*” (Planta Aislada, Modelo Presa- Depredador) de un año de edad, a través del metabolismo de la larva de “*Tenebrio molitor*” el cual, es requerido para llevar a cabo el poseso fotosintético. La conductancia (Ω^{-1}) de la tierra se determinó mediante el uso de un multímetro digital (FLUKE -87), a través, de la determinación de las curvas equipotenciales, la cual, se encuentra asociada de forma indirecta con la absorción del agua, por los pelos radiculares del sistema de raíces de las plantas, requerida para llevar a cabo el proceso fotosintético. En la atmosfera interna del sistema invernadero se colocó un termo higrómetro (ws-1117), el cual, nos permite determinar el análisis de variación de la atmosfera interna con respecto a la temperatura [IN] y [%] humedad [IN], las cuales nos permitirán utilizar el Modelo Lotka Volterra para establecer la relación Modelo Presa - Depredador del proceso metabólico.

1.6. ESPACIO DE ESTUDIO.

El análisis experimental fue llevado a cabo en el instituto de biofísica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, donde se realizó la fase experimental basada en dos etapas, **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, realizada por un periodo de 16 días la frecuencia del análisis se realiza cada 30 minutos en 2 intervalos de tiempo los cuales comprende los siguiente horarios: 10:00 a.m. a 12:30 p.m., 2:00 a.m. a 6:00 a.m. (28/Agosto/2013 a 18/septiembre/2013), **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” (Planta No. 1; Planta No. 2)**, fue realizada por un periodo de 9 días la frecuencia del análisis fue de 30 minutos en un intervalo de tiempo que comprende las 24 horas del día, (08/octubre/2013 a 14/octubre/2013).

En la presente investigación de tesis el objetivo planteado es determinar la relación funcional existente entre el proceso fotosintético y metabólico, en base al [%] CO₂, sintetizado por las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*", a través de la digestión del "*Tenebrio molitor*", en etapa larvaria, liberado a la atmósfera interna del sistema invernadero, además de su interacción, con el Modelo Presa – Depredador. Las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*" llevan a cabo el proceso metabólico del "*Tenebrio molitor*" en estado larvario, el cual, es generador de energía (NADPH, ATP) para la síntesis de biomoléculas, además del CO₂ y CH₄, eliminándose en la atmósfera interna del sistema invernadero como productos metabólicos, mediante el intercambio de gases los cuales generaran el [%] CO₂, determinado mediante un sensor CO₂ ($\lambda_{\text{Máxima}} = 4.26 \mu\text{n}$), acoplado a un multímetro con interface para la computadora, el cual, nos ayudara a determinar el potencial eléctrico del CO₂, se determinó el [%] CO₂ mediante la realización de una curva de calibración a través de la ecuación de la recta, la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra de las plantas se determinó mediante un multímetro digital debido a que se encuentra asociada de manera indirectamente con la absorción del agua por los pelos radiculares de las raíces de las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*". Siendo requerida para que lleven su proceso fotosintético y metabólico con los cuales se determina la relación modelo Presa – Depredador de sus procesos fisiológicos y biológicos de las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*".

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE LA PLANTAS CARNÍVORAS.

“LA FORTUNA JUEGA A FAVOR DE UNA MENTE PEREPARADA”

Luis Pasteur.

2. INTRODUCCIÓN.

El hábitat de las plantas carnívoras, son los suelos que carecen de nutrientes y minerales como lo es el Nitrógeno, el cual, es esencial para su desarrollo, crecimiento y supervivencia, con baja fertilidad, demasiado húmedos para fijar nutrientes y minerales, como lo es los pantanos y Ciénegas, a causa de la ausencia de nutrientes en los suelos, las plantas carnívoras evolucionaron desarrollando hojas especializadas con mecanismos y sistemas de captura o trampas, utilizadas para atraer pequeños insectos como fuente de nitrógeno, ocupando un nicho ecológico muy pequeño (10).

Debido a que su crecimiento y distribución geográfica es afectada por el medio ambiente principalmente por factores abióticos, sin vida, elementos que conforman el clima de una región como lo es la luz, humedad, temperatura, pH, agua, el suelo y la nutrición.

Las plantas deberán lograr obtener su grado máximo de selectividad ya que les otorga la capacidad de reproducción, solo podrán vivir en aquellos medios en los que todos los factores que lo define estén dentro de sus límites de tolerancia, cada especie posee:

1. Valor o Intervalo Óptimo: en el cual la especie alcanza un máximo desarrollo.
2. Factor Limitante: es el que sobrepasa o encuentra debajo de la amplitud de tolerancia en donde no presenta desarrollo la especie.
3. Rango de Tolerancia: en el cual ha un desarrollo eficaz.
4. Límites de Tolerancia: cuando las especies se encuentra en determinados valores de los factores bióticos en los cuales pueden sobrevivir.

A las especies con límites de tolerancia amplios se les denomina Euricocas, a las de estrecho margen de límites de tolerancia se les denomina Estenoicas (11).

Los valores de tolerancia fueron determinados mediante pruebas de estrés, es todo factor externo que afecta negativamente produciendo cambios o daños a nivel celular con la capacidad de afectar la reproducción, crecimiento y supervivencia de la planta.

Lichtenthaler en 1988 decía que “el estrés moderado puede activar el metabolismo celular incrementando la actividad fisiológica de la planta sin causar ningún efecto negativo a un a lo largo del tiempo resultando dicho estrés favorable”, él es tres es caracterizado por la expiación de la

planta a factores abióticos externos al valor de tolerancia el cual genera una reacción de respuesta contractiva a la tensión originada por los cambios del funcionamiento bioquímico y fisiológico de la planta. La mayoría de las enfermedades y plagas por insectos como pulgas, cochinillas y pequeños escarabajos son relacionadas con el estrés de las plantas ya que la debilita y la hace más susceptible al daño.

El estrés se clasifica en tres grupos:

a) ESTRÉS AMBIENTAL.

- 1) Estrés hídrico.
- 2) Estrés por alta y baja temperatura.
- 3) Estrés por alta y baja irritabilidad.
- 4) Estrés por alta y baja radiación UV.
- 5) Estrés por salinidad.
- 6) Estrés nutricional.
- 7) Estrés por toxicidad de metales pesados.

b) ESTRÉS FISIOLÓGICO O HORMONAL

Es producido por fitohormonas o reguladores del crecimiento, relacionado directamente con Fotorrespiración y Asimilación del CO₂, Fundamental para llevar a cabo la fotosíntesis, la concentración del CO₂ es de 340 ppm por volumen en el aire ambiental a este nivel es observado un crecimiento óptimo en las plantas, durante el proceso de fotosíntesis el consumo del CO₂ es variable dependiendo de la intensidad de la luz, temperatura, etapa de desarrollo y cantidad de nutrientes presentes, el estrés fisiológico es clasificado en 5 grupos los cuales son: (12; 13).

1. AUXINAS: su significado griego es “crecer” es localizada en todas las plantas, su más alta concentración, varía entre 1 a 100 mg/kg peso fresco, es localizada en las regiones meristematicas en crecimiento activo, se encuentra involucrada en cada aspecto del crecimiento celular y desarrollo de la planta.

2. GIBERELINAS: son compuestos diterpenoides sintetizados en los primordios apicales de las hojas en puntas de raíces semillas en desarrollo, su principal función es incrementar la tasa de división celular mitosis, son localizadas en el floema y aisladas de exudados del xilema el cual sugiere un movimiento más generalmente bidireccional de la molécula en la planta, controlan la germinación de la semilla, expansión de la hoja, desarrollo de tricomonas, flores y frutos. El Ácido giberélico GA3 es la primera de esta clase de hormonas en ser descubierta.
3. CITOQUININAS: son producidas en la zona del crecimiento como los meristemas en la punta de la raíz las cuales son trasladadas a través de xilema hasta el borde, derivadas de la Adenina encargadas principalmente de controlar la proliferación de las células madre en los meristomas, poseen la capacidad de activar la división celular induciendo a su activación al ciclo celular.
4. ÁCIDO ABSCÍSICO (ABA): es un terpenoide conocido anteriormente como dormina o abscisina, inhibe el crecimiento celular y la fotosíntesis. ha sido propuesto un papel regulador en respuestas fisiológicas tan diversas como el letargo, abscisión de hojas y frutos y estrés hídrico y por lo tanto tiene efectos contrarios a las de las hormonas de crecimiento, auxinas, giberelinas y citocininas.

Es localizado en todas las partes de la planta pero se encuentra en concentraciones elevadas en semillas, frutos jóvenes y en la base del ovario es entre 0.01 y 1 ppm.

5. ETILENO: es producido esencialmente por todas las partes vivas de las plantas superiores, y la tasa varía con el órgano y tejido específicos y su estado de crecimiento y desarrollo, es un hidrocarburo gaseoso desencadena la respuesta a los factores externos del estrés y presencia de patógenos por lo que las plantas aumentan la concentración de este para inducir reacciones de defensa (14).

- c) **ESTRÉS BIOQUÍMICO:** causado por factores abióticos se debe a la necesidad comprende los efectos que desempeñan estos factores sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, acumulación de metabolitos nitrogenados, Síntesis de polioles, Absorción y compartimentalización de iones, Cambios en la permeabilidad del agua, Estrés por factores bióticos, Genes de resistencia, Resistencia sistemática adquirida (SAR), Resistencia sistemática inducida (RSI), Choque oxidativo, Plantas transgénicas con mayor resistencia al estrés oxidativo, Bases transgénicas resistentes a oxidación, Aumento del fenotipo resistente al estrés oxidativo (12).

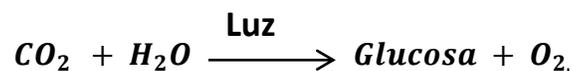
2.1. MARCO REFERENCIAL.

2.1.1. FOTOSÍNTESIS.

Es el proceso mediante el cual los organismos fotoautótrofos son capaces de transformar la energía de la luz solar en energía química como ATP Y NADPH (15).

Es llevada a cabo en la hoja de la planta, en las estructuras especializadas llamadas cloroplastos los cuales tienen la capacidad de absorber la energía solar en forma de fotones, ya que tienen la capacidad de excitar determinados electrones a energías más elevadas con un mayor poder reductor .

REACCIÓN FOTOSINTÉTICA:



En esta ecuación, es llevada a cabo una reacción de óxido - reducción en la que el H₂O actúa como donador de electrones (H⁺) y el CO₂ es reducido para realizar la síntesis de los hidratos de carbono (CH₂O)_n y eliminar el CO₂ de la atmosfera.

La fotosíntesis es condicionada por cinco factores principales:

1. Luz, que se captura en forma de fotones, para llevar a cabo el inicio de la activación de los procesos de fotosíntesis.
2. AGUA (H_2O), es el medio necesario para poder llevar a cabo la disolución de los elementos químicos del suelo que las plantas utilizan para la construcción de sus tejidos.
3. Dióxido de Carbono (CO_2), es fijado con el H_2O , mediante la energía de la luz, permitiendo a la planta llevar a cabo el proceso de la síntesis de hidratos de carbono (CH_2O).
4. pigmento verde, Clorofila. es la encargada de llevar a cabo la absorción de la luz en forma de fotones para producir las reacciones
5. Temperatura, es considerada ideal para llevar a cabo la reacción comprendiendo (16).

Existen dos Tipos de Procesos Fotosintéticos:

- a) **Fotosíntesis Oxigénica;** es característica de las plantas superiores como lo son las algas y cianobacterias en la cual el donador de electrones es el H_2O por lo que existe una eliminación de oxígeno (O_2).
- b) **Fotosíntesis Anoxigénica;** conocida también como fotosíntesis bacteriana, es llevada a cabo por las bacterias purpúreas y verdes del azufre en donde el donador de electrones es el sulfuro de hidrogeno, liberando azufre el cual en ocasiones es acumulado en el interior de la bacteria o se expulsa al agua.

2.1.1.1. ESTRUCTURA DEL CLOROPLASTO.

El cloroplasto es la unidad estructural de la fotosíntesis su forma normal mente es biconvexa. Presenta una membrana doble, externa e interna, y existe un espacio intermembranal entre ellas, su interior se encuentra relleno de un gel llamado estroma proteico en donde se localiza las enzimas que catalizan la fijación del CO_2 . En el estroma existen unos sacos aplanados denominados tilacoides o lamelas. Los tilacoides se extiende por toda el área del el estroma para apilarse formando paquetes denominados granum, en la membrana de los granum se ubican los sistemas que captan la energía del sol y efectuar el transporte de electrones para formar ATP. También contiene ADN y ribosomas (17).

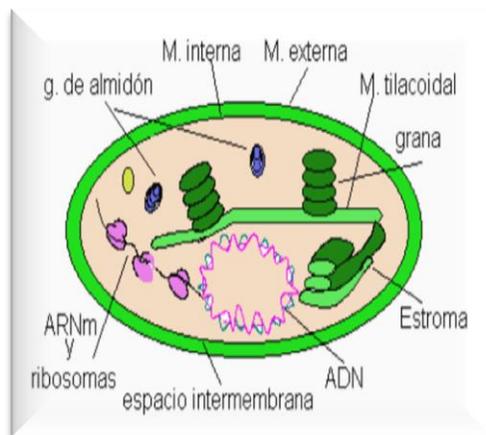


FIGURA 2.1.1.1.1. Estructura del cloroplasto.

Fuente:[online][Cited:Agosto 31,2013]

http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos_informaticos/concurso1998/accesit6/cloropla.html

2.1.1.2. **ABSORCIÓN DE LA LUZ POR EL CLOROPLASTO.**

La absorción de la luz es llevada a cabo por la clorofila encontrada en el cloroplasto. La clorofila ($C_{20}H_{39}OH$), es una molécula compuesta por cuatro anillos pirrólicos, un átomo de magnesio y una cadena de fitol larga, tiene la capacidad de absorción de todas las longitudes de onda de la luz visible excepto el verde. Induce la excitación de un electrón que pasa de su estado basal a un nivel energético superior, por lo tanto es más inestable, si se encuentra disponible el aceptor de electrones adecuado, el electrón que se encuentra en el nivel energético superior puede ser transferido desde la molécula excitada al aceptor (18; 19).

LA FOTOSÍNTESIS ES LLEVADA A CABO EN DOS FASES:

a) FASE FOTOQUÍMICA.

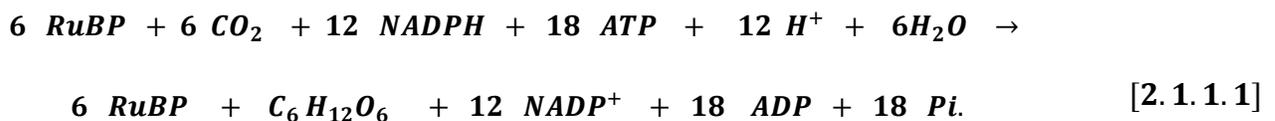
Es llevada a cabo en presencia de luz, ocurriendo dos procesos bioquímicos que son necesarios para la síntesis de glucosa, la reducción de NADP a NADPH.H con los hidrógenos de las moléculas de agua y la síntesis de ATP (20). Donde se captada la energía a la membrana del tilacoide, por los pigmentos fotosintéticos, clorofila, carotenos y xantofilas, que se encuentran dentro de ella, absorbiendo así la energía de la luz para transformarla en ATP y NADP. Se

transfieren electrones del interior del tilacoide hacia el estroma y de este se transfieren protones hacia el interior del tilacoide, elevándose la concentración de NADPH, Ferredoxina reducida (Fd) y Mg^{2+} en el estroma en presencia de la luz. La fotosíntesis depende de dos clases de complejos fotosensibles que se acoplan a la membrana, se activan de manera conjunta: el fotosistema I (PS I) y el fotosistema II (PS II), el PSI, absorbe la luz requiere de una longitud de onda inferiores a 700nm, capaz de reducir $NADP^+$ a NADPH en el estroma debido a la acción de una ferredoxina (fd) y una flavoproteína Ferredoxina-NADP reductasa(FNR). Los electrones utilizados para sintetizar una molécula de NADPH proceden de dos moléculas de agua, y son arrancados por el PSII, que absorben las longitudes de onda inferiores a 680 nm, produciendo una oxidación fuerte que es capaz de oxidar el agua, como producto lateral se sintetiza una molécula de O_2 , liberando protones al lumen del tilacoide. A través del citocromo b_{6f} reciben electrones del PSII y los cede al PSI, es un complejo unido a la membrana, homólogo del complejo III en la fosforilación oxidativa, en la cual, se utiliza la energía liberada de los electrones, para bombear los protones desde el estroma hasta el espacio tilacoidal. El citocromo b_{6f} se encarga de producir el gradiente de protones a través de la membrana tilacoidal dando la formación de ATP. Así, la producción de NADPH y ATP (21).

b) FASE OSCURA

Es lleva acabo en estroma del cloroplasto en ausencia de luz, utilizando la energía química obtenida en la fase luminosa para sintetizar la conversión CO_2 a nivel de una hexosa la cual requiere de 3 moléculas de ATP y 2 NADPH, Nitratos y Sulfatos y asimilar los bioelementos C, H, y S, a través del ciclo de Calvin, este proceso también es denominado como el ciclo de la asimilación del carbono. Las plantas obtiene el CO_2 del aire a través de las estomas de sus hojas. El proceso de reducción del carbono es cíclico, Ciclo de Calvin.

Ecuación [2.1.1.1] Ciclo de Calvin.



En el ciclo C3 o ciclo de Calvin, el CO_2 atmosférico ingresa a través de los estomas de la hoja, el cual se une a la ribulosa 1,5 bifosfato que actúa como aceptor, mediante la reacción de carboxilación o fijación de CO_2 , por la acción de la enzima ribulosa 1,5 bifosfato carboxilasa oxigenasa, o enzima rubisco, considerada como la proteína más abundante en la naturaleza, y constituye aproximadamente el 50 % de las proteínas del cloroplasto. Después de la carboxilación, se obtiene el ácido 3 fosfoglicérico (3 PGA), como primer producto estable, es un compuesto de 3 carbonos, por lo que, se le denomina ciclo C3. En “un ciclo” 6 moles de CO_2 son fijados a 6 moles del aceptor ribulosa 1,5 bifosfato, para sintetizar 12 moles de 1,3 PGA, con un consumo energético de 12 moles de ATP.

2.1.1.3. REACCIONES DE FOTORRESPIRACIÓN.

En la fotorrespiración participan tres orgánulos, el cloroplasto, peroxisoma y la mitocondria, es necesaria la luz para llevarse a cabo, se produce CO_2 y se consume el O_2 . Se inicia cuando existe una concentración de CO_2 menor a la concentración de O_2 en la hoja, por lo que la enzima rubisco,

Cataliza la reacción de oxigenación la cual oxigena a la ribulosa 1,5 bifosfato, para la síntesis de fosfoglicolato, la cual será desfosforilado a glicolato para ser transportado a los peroxisomas, donde se transforma a glioxilato mediante la presencia del O_2 y la acción de la enzima oxidasa, generando agua. El glioxilato lleva a cabo su proceso de transnominación, para la formación de glicina y salir del peroxisoma, el cual es transportado hacia la mitocondria donde se oxida a serina liberando O_2 y NH_4^+ , la serina regresa al peroxisoma, para transformarse en hidroxipiruvato en la cual mediante la acción del NADH en glicerato para así regresar al cloroplasto donde se transformara en 3- fosfoglicerato por el ATP e ingresar nuevamente al ciclo de Calvin. Por cada 2 moléculas de oxígeno que unen a la rubisco se obtienen un NH_3 y un PGA y por cada dos glicolatos (molécula de 2 átomos de carbono), se recuperan 3 átomos de carbono perdiéndose uno en forma de CO_2 . De tal forma se reducen las pérdidas de la oxigenación a un 25%. Pero además de esta pérdida por CO_2 , se produce una pérdida por re asimilación de NH_3 . La fotorrespiración es caracterizada debido a que los estomas de las hojas se cierran automáticamente, lo cual, permite prevenir la deshidratación, cuando el ambiente es cálido y seco por lo que el O_2 sintetizado en el proceso de la fotosíntesis comienza a alcanzar concentraciones atmosféricas altas.

El ciclo de Calvin funciona sin la fotorrespiración, pero la fotorrespiración no funciona sin el ciclo de Calvin, por lo que no se realiza durante la noche además de que necesita de ATP y poder reductor que llega desde la fotosíntesis. Mientras que el ciclo de Calvin y el transporte de electrones suponen ganancia de carbono, la fotorrespiración supone una pérdida de carbono (22).

2.1.2. METABÓLISMO.

El metabolismo es un conjunto de reacciones químicas catalizadas enzimáticamente, que permite a las células la capacidad de adquirir y utilizar la energía libre localizada en el entorno, ATP y NADPH, la cual, es requerida para sintetizar los compuestos fundamentales de sus macromoléculas a través de las reacciones enzimáticas o de los reactantes intermedios y productos participantes en esta reacción denominados metabolitos.

El metabolismo en dos vías metabólicas que son clasificadas como:

a) CATABOLISMO.

Fase degradativa, en la cual, el proceso en el que los nutrientes, Hidratos de Carbono, Proteínas y lípidos, metabólicos complejos provenientes del medio ambiente, son degradados a sus unidades manométricas.

Se lleva a cabo en cuatro etapas:

1. ETAPA I: lípidos, Proteínas y polisacáridos son fragmentados en sus componentes precursores como lo es glucosa, aminoácidos, ácidos grasos.
2. ETAPA II: degrada las moléculas de la etapa I a números más pequeños de intermediarios comunes los cuales son piruvato y la acetil-CoA.

En estas dos primeras etapas es liberada una pequeña cantidad de energía útil de los nutrientes.

3. ETAPA III: está constituida por la ruta del ciclo de Krebs o ciclo de ácido tricarbónico, en donde los intermediarios de la ruta I y II son oxidados completamente a CO₂, los electrones son transferidos a NAD⁺ y FAD⁺ con liberaciones pequeñas de energía.

4. ETAPA IV: los electrones incorporados en NADH y FADH₂ durante las etapas I y II son reducidos por el CO₂ liberando la mayor cantidad de energía útil por la cadena de transporte de electrones, Y el proceso de fosforilación oxidativa utiliza la energía para la producción de ATP Y H₂O (23).

El ciclo de Krebs, es llevado a cabo en la mitocondria tiene la capacidad de proporcionar precursores para la síntesis de biomoléculas, por lo que es considerado una vía anfibiótica, es decir catabólica y anabólica al mismo tiempo, es capaz de degradar y proveer el poder reductor (24).

Ecuación [2.1.1.2] Ciclo de Krebs.

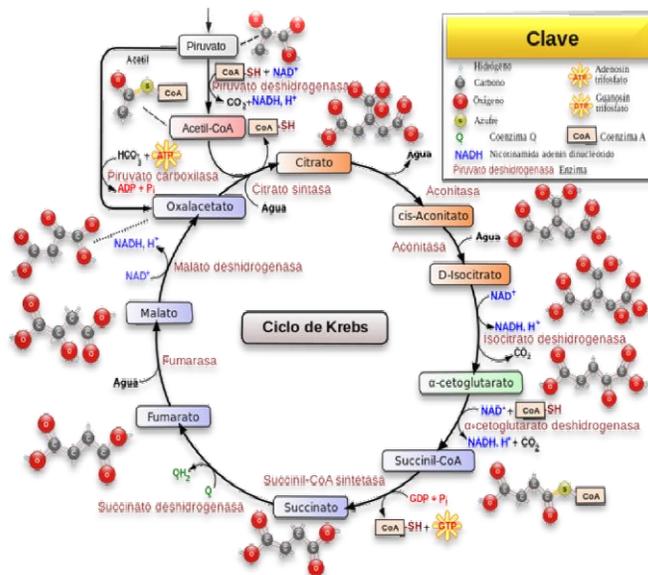
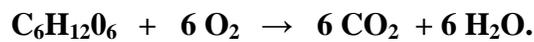


FIGURA 2.1.2.1 Ciclo de los ácidos tricarbónicos o ciclo de krebs (25).

Fuente: [Online] [Cited: Enero 8, 2014.] http://www.naturalmed.es/efectos_beneficiosos.htm.

La respiración celular es sucesión de reacciones químicas intracelulares las cuales tiene como propósito la degradación las moléculas orgánicas, siendo un ejemplo del catabolismo a través del cual se libera energía de un hidrato de carbono es decir se oxida. Este proceso puede llevarse a cabo en presencia o ausencia de O₂ por lo que es clasificado en la siguiente forma:

- a) **RESPIRACIÓN CELULAR AERÓBICA:** Se lleva a cabo su proceso en la mitocondria, las moléculas de hidratos de carbono requieren la presencia de O₂ para desintegrarse y así generar CO₂ y H₂O y energía mediante tres etapas las cuales son la glucólisis, ciclo de Krebs y cadena de transporte de electrones. Este proceso representa la siguiente reacción:



- b) **ANABOLISMO,** conjunto de reacciones, en la cual, se sintetizan moléculas más complejas a partir de compuesto sencillos ya sean inorgánicos u orgánicos, creando nuevos enlaces por lo que requieren aporte de energía proveniente del ATP, las proteínas son sintetizadas a partir de aminoácidos y el glucógeno de la glucosa, sus reacciones sintéticas requieren de energía originada de la hidrólisis del ATP la cual es sintetizada en el catabolismo (26).

Las reacciones de las rutas metabólicas requieren de 4 moléculas específicas para llevar a cabo la producción de la síntesis final del producto los cuales son: **Metabolitos** son el producto de las reacciones metabólicas, los cuales, se encargan de ingresar a la ruta metabólica para su degradación o participar en la síntesis de moléculas con mayor complejidad. **Nucleótidos** son sustancias biológicamente ubicuas las cuales participan en la mayoría de los procesos bioquímicos las cuales son las responsables de que las reacciones de óxido-reducción de los metabolitos se lleven a cabo. **Moléculas Energéticas** **ATP**, **GTP** y la coenzima A que al momento de fosforilarse o desfosforilarse, confieren la capacidad de liberar energía y finalmente son las **Moléculas Ambientales:** **O₂**, **H₂O**, **CO₂** ya que son requeridas para desencadenar el inicio del proceso metabólico (27).

2.1.3. PLANTA CARNÍVORAS.

Las plantas carnívoras fueron utilizadas durante cientos de años en la medicina tradicional, en Europa utilizaban a las plantas "*Pinguicula vulgaris*" y "*Pinguicula alpina*" para el tratamiento de la heridas, se realizaban decocciones de estas plantas incluyendo a "*Dorcera rotundifolia*" eran administradas por sus propiedades expectorantes y antitusivos para la personas con enfermedades respiratorias, tos ferina, bronquitis, asma, para tratar el dolor de estómago y de la tuberculosis. Hoy en día este tipo de plantas es utilizado en la industria farmacéutica moderna, en la preparación de jarabes y el jugo fresco secretado del rocío de las hojas, es utilizado para la eliminación de las verrugas y juanetes. En América del norte se utilizaron las raíces y las hojas de la planta "*Sarracenia purpurea*", debido a que presentan propiedades diuréticas y laxantes, también era utilizada para el tratamiento de enfermedades infecciosas, escarlatina, viruela, sarampión, se realizaban decocciones, las cuales, se les daba a las mujeres embarazadas para aliviar en trabajo de parto y prevenir enfermedades después del parto y tratar la ausencia del ciclo menstrual. En Asia en India los nativos utilizan como planta carnívora "*Nepenthes khasiana*", Utilizaron el jugo de las flores y de los lanzadores jóvenes sin abrir o polvo lanzador aplastado para tratar el dolor de estómago y trastornos de los ojos, dolor, cataratas, ceguera nocturna, problemas urinarios, enfermedades de la piel. Los preparativos también se les dieron los enfermos de malaria, lepra y el cólera (3).

Hasta ahora se han estudiado alrededor de 625 especies de plantas carnívoras pero actualmente 5 familias de ella son las más reconocidas (*Cephalotaceae*, *Droseraceae*, *Lentibulariaceae*, *Sarraceniaceae* y *Nepenthaceae*).

2.1.3.1. FAMILIA "*Cephalotaceae*".

Del género "*Cephalotus*" es distribuida en una área pequeña exclusivamente en el sudoeste de Australia es una planta terrestre en forma de roseta, posee únicamente una especie "*Cephalotus Follicularis*". La planta en primavera e invierno produce jarros que no son carnívoros ya que durante el verano y el otoño se producen los jarros carnívoros los cuales se encuentran formados por una tapa semitransparente, que puede llegar a tener una altura de 15cm y sus jarros

solamente pueden alcanzar a medir 7 cm estos jarros salen de rizomas que son soportados por un tallo que termina en la parte trasera del jarro su diámetro dependerá del rizoma siendo sus trampas de tipo pasiva con digestión activa, las cuales requieren una temperatura de 20 a 30 °C en verano y para el invierno oscila entre 5 a 15°C con una humedad por encima del 60 % (28).



FIGURA 2.1.3.1.1 Planta carnívora “*Cephalotus Follicularis*”.

Fuente: [online] [cited: octubre 19, 2013] <http://www.foxoles.dsl.pipex.com/>

2.1.3.2. FAMILIA “*Nepenthaceae*”.

Es una familia monotípica del género “*Nepenthes*” proveniente del griego (*ne*; no, *Penthos*; dolor) que significa “exento del dolor”, por el líquido contenido en sus urnas, nombrada así por la antigua droga *Nepenthe*, cuenta con 90 especies las cuales se localizan en las regiones tropicales del viejo mundo se extienden desde el sur de China, Indonesia, Malasia y las Filipinas, al este Madagascar y Seychelles al sur Australia y Nueva Caledonia al norte India y Sri Lanka, pero la mayoría es encontrada en Borneo, Sumatra. Las cuales presentan una longevidad de 2 a 5 años en galerías. El género “*Nepenthes*” también conocido como plantas jarro o copas de mono presentan hojas laminares que se estrechan en forma de zarcillo que son prolongaciones de nervios medios, en el extremo del zarcillo se encuentra ahuecado e hinchado formando un ascidio con forma de jarro, en él se localiza una estructura denominada reborde en la abertura y un

ensanchamiento del limbo que actúa como tapa para protección de la lluvia. En la parte inferior de su tapa se encuentran glándulas nectarinas las cuales segregan un edulcorante y aromatizante llamado taumatina ya además del color rojo intenso es lo que atrae al insecto para su captura, y llevar a cabo la digestión (29; 30).



FIGURA 2.1.3.2.1 Planta carnívora “*Nepenthes alata*”.

Fuente: [online][cited: octubre 22, 2013]http://www.pitcherplant.com/image_folder1/nalata.html.

2.1.3.3. FAMILIA “*Lentibulariaceae*”

Está compuesta por 3 géneros (*Genlisea*, *Pinguicula*, *Utricularia*), los cuales incluyen más de 300 especies son plantas herbáceas anulares las cuales pueden ser terrestres, acuáticas o epífitas.

Son cosmopolitas y se distribuyen en las regiones tropicales y árticas posee hojas que se encuentran en formas alternas las cuales pueden estar enteras o divididas sus flores se localizan agrupadas o solitarias. Desarrolladas en climas tropicales únicamente el género “*Pinguicula* y *Utricularia*” se encuentran presentes en México (31). El género “*Genlisea*” se compone de 20 especies estas suelen ser anulares, semiacuáticas o terrestres su distribución es en latitudes tropicales de África, Madagascar y Sudamérica, es la una del reino vegetal especializada en protozoos que atrae de forma química, consisten de un tallo con una pequeña roseta (1 a 5 cm de diámetro) de hojas (32).

Del género "*Pinguicula*" existen alrededor de 80 especies que son localizadas por Siberia, Europa, Norteamérica y algunas en Sudamérica. En México existen más de 40 especies, Son plantas herbáceas terrestres, rupícolas epifitas en forma de roseta a simple vista sus hojas suelen tener una apariencia normal pero de cerca se aprecia que se encuentran cubiertas de pequeños pelitos los cuales segregan gotas de una sustancia pegajosa, la cual hace que los insectos queden adheridos a ella y así las glándulas comienzan a segregan ácidos y enzimas digestivas las que permiten que se disuelvan las partes más blandas de los insectos. Ellas requieren un humedad de 50 % que sería la ideal sin embargo hay otras especies que exigen más del 80 %. (33). Género "*utricularia*" constituye el 42 % de todas las plantas carnívoras conformada por más de 213 especies conocidas son producidas en todo el mundo incluyendo el círculo polar ártico la mayoría de estas especies viven en zonas tropicales y subtropicales en zonas estacionalmente húmedas. Son acuáticas presentan vejigas planas o utriculos de forma óvala o circular con cerdas o tricomas en los rizoides estolones o segmentos foliares lo cual les permite la captura de pequeños organismos subacuáticos rotíferos, copépodos y cladóceros (34).



FIGURA 2.1.3.3.1 Planta carnívora "*Pinguicula Grasilla*" (35).

Fuente: infojardin.[online][cited: Enero 2, 2014] <http://fichas.infojardin.com/plantas-carnivoras/pinguicula-grasillas.htm>.

2.1.3.4. FAMILIA “*Sarraceniaceae*”

Familia de las plantas jarra pertenece al orden Ericales, nativas de Norte y Sur de América, está compuesta por tres géneros los cuales son: *Sarracenia*, trompeta de pitcher, con nueve especies, *Darlingtonia Californiana*, lirio cobra, formada por ser especies existentes, estos dos géneros nativos de Norteamérica, *Heliamphora*, pitcher soleado, solo con una especie, nativa de Sudamérica. Sus hojas son tubulares huecos los cuales forman una trampa con la que atrapan a los insectos atraídos por el néctar liberado ella, sus bordes se encuentran rodeadas de pelos en la punta rígidos los cuales evitan que el insecto se arrastre y no pueda salir una vez entrando, las proteínas digeridas por las enzimas y nitratos son absorbidos por la planta para así completar el suministro de nutrientes (36).



FIGURA 2.1.3.4.1 Planta carnívora “*Sarracenia Purpurea*”.

Fuente: [online][cited: Enero 6, 2014] www.araflorea.com.

La “*Sarracenia Purpurea*” es la especie más distribuida geográficamente la cual presenta el aspecto más primitivo. Creciendo al ras del suelo formando una roseta de ascidios inclinados, a diferencia de los tubos erectos de las demás especies, una de sus características que la distingue es que no produce enzimas digestivas, por lo que es necesario que sus jarros se llenen de agua de lluvia para que las presas se precipiten en su interior se ahogue, ya cuando las bacterias descompongan al insecto ellas podrán absorber sus nutrientes (37).

2.1.4. “*Tenebrio Molitor*”.

El “*Tenebrio molitor*”, del orden coleóptera, denominado comúnmente como gusano de harina es un insecto hexápodo, 6 patas, que pertenece al orden de coleptera o escarabajo, una de sus características principales es que vive en medios húmedos y ricos en materia de fácil descomposición, avena, trigo, harina, pedazos de madera, y es lucífugo, hábitos nocturnos.

2.1.4.1. CICLO DE VIDA DEL “*Tenebrio molitor*”

Es aproximadamente de 6 a 12 meses, se divide en cuatro etapas las cuales se llevan a cabo aproximadamente en 4 o 5 meses a una temperatura de 28°C.

1. Etapa de huevecillo; requiere de 5 a 7 días de incubación se caracteriza por ser de color blanco, Midiendo aproximadamente 1.5 mm.
2. Etapa Larvaria; al inicio de esta etapa su tamaño es aproximadamente de 1.6 a 2 mm, posee un color amarillento que a sus dos semanas de vida comienza a oscurecerse a la cuarta semana miden alrededor de 1.5cm creciendo aceleradamente, tiene la capacidad de cambiar de piel de 9 a 12 veces, hasta alcanzar su tamaño de madures de 3.5 cm ocurriendo durante el transcurso de 6 a 7 semanas.
3. Etapa de Ninfa o Capullo; esta etapa dura de 6 a 10 días, donde adquiere una forma triangular curvada, de color blanco y con poca movilidad.
4. Etapa de Escarabajo; su tiempo de vida es aproximadamente de 2 a 3 meses, al nacer tiene un color marfil y en el transcurso de 2 días adquieren una coloración negro-marrón en la parte superior de su cuerpo y una coloración negra rojiza en la parte inferior.

Después del transcurso de 10 a 12 días del nacimiento son sexual mente madura comenzando su ovoposición después de 8 días, en la cual las hembras llegan a poner cerca de 160 huevos. En un criadero su tiempo de vida es de 3 meses, su temperatura requerida es de 4°C – 6°C.

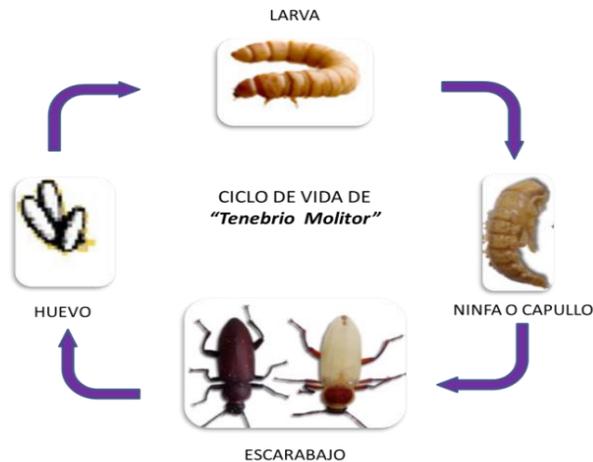


FIGURA 2.1.4.1.1 Ciclo de vida del "*Tenebrio molitor*"

Fuente: propia.

En un criadero su tiempo de vida es de 3 meses, su temperatura requerida es de 4°C – 6°C, su alimentación está basada en una mezcla de: 25% de harina de trigo o maíz, 25% de harina de avena, 15% de alimento para pollo, 35% salvado. Aportando contenidos adecuados de proteínas, fósforo y calcio para Adquirir un valor nutricional elevado.

El "*Tenebrio Molitor*" tiene un elevado nivel nutricional ya que contiene: 50% de proteína, 0.22g/100g de calcio y 0.71g/100g de fósforo, que se encuentra asociado con el estímulo del metabolismo, disminución de los periodos de convalecencia de recién nacidos además de contener el 75,36 % (UI/100) vitamina A indispensable para el crecimiento y buen funcionamiento del sistema nervioso. Valor nutricional de "*Larva de Tenebrio Molitor*".

Es considerado como un complemento alimentario para insectos de todo tipo debido a los efectos fisiológicos que presentan sobre el crecimiento, desarrollo y fertilidad, altamente benéficos, presentando un contenido de proteínas, alpha amilasa animal, y aminoácidos esenciales para la nutrición de las especies que lo consuman (38; 39; 40).

VALOR NUTRICIONAL	
Humedad	58,02 %
Proteína	20,23 %
Grasa	16,00 %
Fibra Cruda	4,28 %
Extracto libre Nitrógeno	0,47 %
Cenizas	1,00 %
Calcio	57,37 Ppm
Fosforo	0,27

TABLA I.- Valor nutricional de la larva de “*Tenebrio molitor*”.

Es considerado como un complemento alimentario para insectos de todo tipo debido a los efectos fisiológicos que presentan sobre el crecimiento, desarrollo y fertilidad, altamente benéficos ya que presenta un contenido de proteínas, alpha amilasa animal, y aminoácidos esenciales para la nutrición de las especies que lo consuman (38; 39; 40).

2.1.5. MODELO PRESA – DEPREDADOR DE LOTKA VOLTERRA.

El modelo presa- depredador es un sistema de ecuaciones diferenciales de una especie que se alimenta de otra, determinando la velocidad del crecimiento de cada una de la población. En este modelo se lleva a cabo la interacción entre dos especies que conviven dentro de una misma habitad, basado principalmente en el estudio de los seres vivos y la relación entre ellos, adaptación biológica y ambiental.

El modelo de Lotka-Volterra, establecen dos observaciones que explican lo que ocurre con las presas y depredadores, enunciados como:

- a. La tasa de crecimiento de la presa es directamente proporcional a la diferencia de la tasa de crecimiento de la presa en ausencia del depredador y la tasa de mortalidad debida a la presencia del depredador.

- b. La tasa de crecimiento del depredador es directamente proporcional a la diferencia de la tasa de crecimiento del depredador en ausencia de la presa y el incremento de la tasa del crecimiento debida a la presencia del depredador (41).

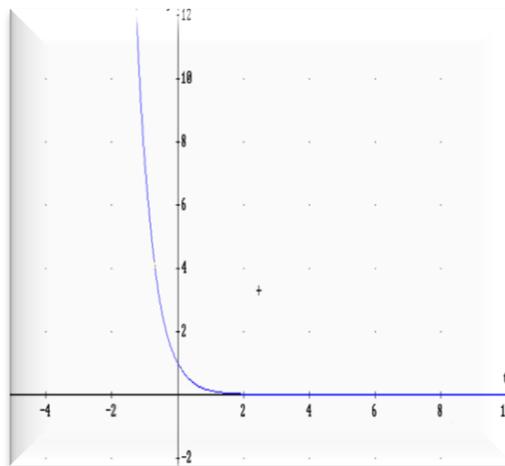
Es la evolución de dos especies, un Depredador y una Presa, de la cual, fue designado por $P(t)$ al número de individuos de la especie depredador y el número de individuos de la especie presa se designó por $N(t)$.

Por lo cual se presentan las siguientes ecuaciones:

$$\frac{dP}{dt} = bP, \quad [2.1.5.1]$$

$$\frac{dN}{dt} = aP. \quad [2.1.5.2]$$

Si las dos poblaciones evolucionaran por separado en el hábitad, la especie depredador decrece en forma exponencial hasta llegar a su extinción como se observa en la **GRAFICA 2.1.5.1**



GRAFICA 2.1.5.1 Extinción del depredador en ausencia de la presa.

Fuente: propia.

La especie presa también se encuentra viviendo aislada en esa hábitad crecería de forma exponencial hasta saturar la capacidad de carga como se observa en el **GRAFICO 2.1.5.2**.

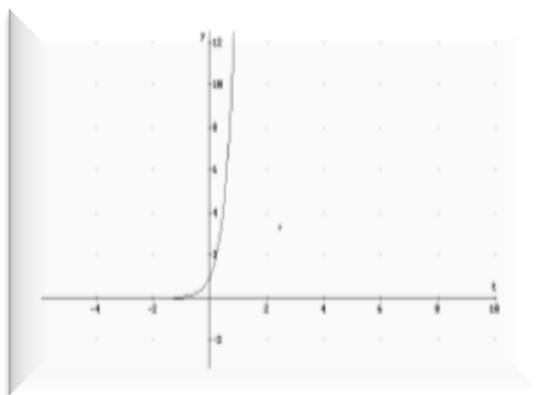


GRAFICO 2.1.5.2. Crecimiento exponencial de la presa en ausencia del depredador.

Fuente: propia

Si las dos especies comparten la misma habiada, aumentara la tasa de crecimiento de los depredadores en una cantidad proporcional al número de presas existente en ese momento, por lo tanto las presa presentan una disminución en su tasa de crecimiento proporcional al número de depredadores en ese mismo instante debido a esto ambas ecuaciones [2.1.5.1.1] y [2.1.5.1.2] fueron modificadas de tal manera que existiera una interacción entre ambas especies, por ello se les integro un término de interacción siendo este (PN).

Por lo tanto se obtuvieron las ecuaciones del Modelo Presa – Depredador de Lotka Volterra [1.1] y [1.2]

LEY DE LA PERIODICIDAD DE VOLTERRA.

Dice que el cambio de los tamaños poblacionales de ambas especie, presa y depredadora, es periódico y el periodo depende solamente de las características especiales de la especie y del tamaño inicial de las dos especies.

LEY DE CONSERVACIÓN DE LOS PROMEDIOS.

Ley los promedios de los tamaños poblacionales de la especie presa (x) y de la depredadora (y) son independientes de su tamaño inicial.

LEY DE LA PERTURBACIÓN DE LOS PROMEDIOS.

Conocida como el “*Principio de Volterra*”, dice que si las poblaciones de ambas especies son destruidas a una razón proporcional a su tamaño poblacional, el promedio de las presas aumenta, mientras que el de los predadores disminuye (42).

CICLO LÍMITE A TRACTOR.

Ciclo Límite es una trayectoria cerrada simple en el plano de fases a la cual converge para $t \rightarrow \pm \infty$ las trayectorias del sistema a partir de determinadas condiciones, trayectoria correspondiente a una solución periódica aislada del sistema, se denomina a tractor a un conjunto de puntos en el espacio de la fase de un sistema dinámico, evoluciona con el tiempo, hacia el cual evoluciona su trayectoria para un tiempo suficientemente largo (43).

2.1.5.1. CURVAS EQUIPOTENCIALES.

Una superficie equipotencial es definida como aquella superficie o curva que mantiene el mismo potencial eléctrico, generalmente para la obtención de una superficie equipotencial en el interior de un contenedor, el cual, contiene un líquido homogéneo, se coloca un electrodo en el interior del contenedor dejándolo fijo para poder mover el otro electrodo que nos permite medir el potencial eléctrico entre dos electrodos, es decir si busca en la ecuación del potencial eléctrico los puntos que satisfacen la Ec. (2.1.5.5.1) siguiente y que mantengan el mismo potencial eléctrico.

$$v = k \frac{q}{r^2}. \quad [2.1.5.1.1]$$

El radio se define a partir del punto potencial relacionado con el punto fijo para los dipolos, dentro del desarrollo experimental. La carga deberá mantenerse fija a fin de garantizar curvas estables y superficies equipotenciales que mantengan la isotropía al momento de realizar las mediciones.

La k es la constante eléctrica, cada curva equipotencial se define de la de cualquier otra curva equipotencial obteniéndose en diagramas como el siguiente:

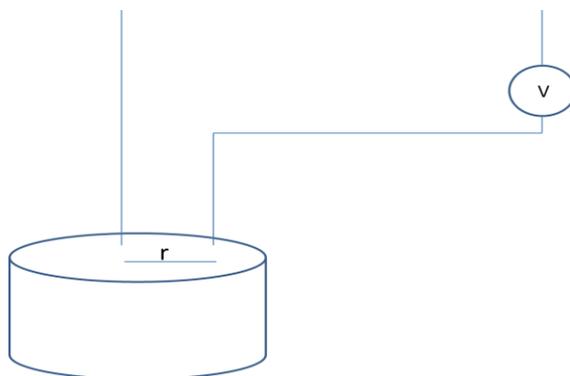


FIGURA 2.1.5.5.1 Esquema de colocación de electrodos conectados a un voltímetro dentro de un contenedor. **Fuente:** propia.

2.2. MARCO HISTÓRICO.

El estudio de las plantas carnívoras, fue iniciado por el naturalista inglés Charles Darwin en el año 1875, escribiendo el primer tratado de las plantas carnívoras de más de 400 páginas el cual es basado en la realización de los experimentos ingeniosos para llevar a cabo el estudio de su comportamiento y su evolución (44).

Se han desarrollado en suelos de pH ácido, húmedos como lo son los pantanos, turberas, que carecen de nutrientes y minerales, Nitrógeno, Calcio y fósforo. Por lo que ellas buscan la obtención de sus nutrientes mediante los insectos lo que las llevó a evolucionar, desarrollando hojas especializadas con adaptaciones morfológicas las cuales les permitían el desarrollo de diferentes técnicas de captura y digestión de las presas, llevando a cabo la producción de carbohidratos por medio de sus hojas verdes. Las plantas carnívoras tienen como característica que sus hojas tienen la capacidad de llevar a cabo su nutrición mediante el proceso fotosintético comparándose como organismos autótrofos y además, realizar su nutrición heterótrofa para complementar sus requerimientos nutricionales por lo que es vital para ellas de tener la capacidad de atraer, atrapar y digerir a sus presas (45).

2.2.1. PLANTAS CARNÍVORAS MÁS GRANDES DEL MUNDO.

La planta “*Nepenthes Attenborough*”, Jarra de Attenborough, nombrada así en honor al periodista y naturalista británico Sir David Attenborough, fue descubierta en el Monte Victoria en una montaña de roca ultra básica en el centro de Palawa, Filipinas, en junio de 2007 durante una expedición científica. Crece en un rango altitudinal estrecho, de 150 m por debajo de la cima del Monte Victoria hasta, 1726 m, en suelos de níquel ricos en magnesio y sobre todo en zonas de arbustos a alta altitud, La especie es dioica, es decir, existen plantas masculinas y femeninas. Es considerada la planta más grande de la especie “*Nepenthes*” ya que tiene la capacidad de atrapar y devorar ratas además de los insectos, tiene unas enormes jarras con la capacidad de almacenar más de 2 L en volumen, se caracteriza por sus grandes odres distintivas, acampanadas y acotadas hacia arriba llenas de un líquido viscoso que se encuentra localizado en la parte inferior de la jarra con agua arriba, formando dos fracciones inmiscibles (46; 47).



FIGURA 2.2.1 Plantas carnívoras “*Nepenthes Attenboroughii*” (48).

Fuente: BB Ciencia. *Planta carnívora que come ratas*. [Online] Agosto 18, 2009. [Cited: Enero 20, 2014.] http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia/2009/08/090818_planta_carnivora_men.shtml. 15:56 GMT.

La planta carnívora “*Nepenthes rajah*” es la segunda planta más grande existente, crece en Bornea, Malasia la cual posee una trampa o jara de una estructura con una capacidad de almacenamiento de 2 litros de agua. Se realizaron estudios por Charles Clarke, de la universidad Monash en Malasia, que publica la revista *New Phytologist*, son ubicadas en zonas altas, normalmente en altitudes que van desde los 1500 hasta los 2500 metros sobre el nivel del mar.

Donde los insectos y artrópodos son escasos lo que llevo a este tipo de plantas a evolucionar e incrementar su tamaño para atraer a las musarañas por el néctar que segregaban en el interior de su trampa con el objetivo de alimentarse del excremento ya que así ella adquiere el nitrógeno que requiere.

Por lo que afirmo Charles Clanker “Ciento cincuenta años después del descubrimiento de la *Nepenthes rajah*, finalmente tenemos una explicación para el gran tamaño de una de las mayores plantas carnívoras del mundo (49).



FIGURA 2.2.2 Planta carnívora “*Nepenthes rajah*”.

Fuente: [Online] Cited: Enero 20, 2014.,captivexotics.com.au.

2.2.2. LEY DE MALTHUS.

La ley del crecimiento de las poblaciones de Malthus nos dice que en condiciones favorables toda población crece exponencial mente al número de individuos puede escribirse como:

$$\frac{dx}{dt} = k p(t). \quad [2.2.2.1]$$

Dónde:

$p(t)$ = Población.

k = Constante de Crecimiento.

La constante k dependerá de la propia población siendo la que marca el ritmo del crecimiento.

$$\frac{dx}{dt} = k p(t), \quad [2.2.2.2]$$

$$p'(t)/p(t) = k,$$

$$\ln p(t) = (k \times t) + c, \quad [2.2.2.3]$$

$$p(t) = C e^{kt},$$

$$p(t) = p_0 e^{kt},$$

Esta ley nos indica que las poblaciones crecen exponencial mente por lo tanto si $K > 0$ la población tiende a infinito y si $K < 0$ la población tiende a desaparecer esta ley es utilizada para tiempos pequeños. Considerado el modelo más elemental de la dinámica de poblaciones (50).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y MATERIALES.

*“EL SABIO NO DICE TODO LO QUE PIENSA, PERO SIEMPRE PIENSA
TODO LO QUE DICE”.*

Aristóteles.

3. INTRODUCCIÓN.

En el capítulo presente se indica la metodología utilizada para llevar a cabo nuestra investigación y análisis experimental, el cual, parte de una posición hipotética: En el proceso metabólico las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*" establecen una relación modelo Presa – Depredador en los parámetros (0,0), del ciclo limite a tractor, los cuales, ocurren en corto tiempo para posteriormente abandonar dicho comportamiento e iniciar su proceso fotosintético. Que tiene como objetivo: Determinar la relación funcional existente entre el proceso fotosintético y metabólico, en base al [%] CO₂, sintetizado por las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*", a través de la digestión del "*Tenebrio molitor*", en etapa larvaria, liberado a la atmósfera interna del sistema invernadero, además de su interacción, con el modelo Presa – Depredador. Se utilizó un método inductivo e indirecto, basado en el uso de un sensor de CO₂ ($\lambda_{\text{Máxima}} = 4.26 \mu\text{m}$), para su detección, acoplado aun multímetro con interface para la PC (MUL - 600), con el propósito de determinar el [%] CO₂, a través de la ecuación de la recta, de la curva de calibración, que presenta gráficamente la señal de medición correspondiente al potencial eléctrico como función del [%] CO₂, utilizado en el procesos fotosintético y sintetizado en el proceso metabólico en la etapa catabólica de las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*". Por cada molécula de CO₂, utilizada para llevar acabo la fotosíntesis, que ingresa al interior de la hoja, a través de los estomas, es liberada una molécula de vapor de H₂O, permitiendo la refrigeración de la hoja y la captación de agua por sus pelos radiculares de su sistema de raíces, este proceso es llamado transpiración, el incremento de la concentración de vapor de H₂O modifica el [%] humedad [IN] en el sistema invernadero. La variación de la temperatura [IN] del sistema se debe a la energía cinética asociada a los movimientos de traslación del O₂ y rotación o vibración del CO₂ y CH₄, los cuales, son productos fotosintéticos ($6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{Luz} \rightarrow \text{C}_6 \text{ H}_{12} \text{ O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ O}_2$) y metabólicos del "*Tenebrio molitor*" en etapa larvaria, sintetizados, por la planta carnívora "*Dionaea muscipula*", a medida de que incrementa la concentración de O₂, CO₂ y CH₄, en la atmosfera interna del sistema, también aumenta la energía cinética debido al movimiento de la moléculas generando calor, por lo que la temperatura [IN] se modifica. Para la identificación de las variaciones de la temperatura [IN] y humedad [IN], se colocó dentro del sistema invernadero un termo higrómetro, debido a que en base a la literatura, se debe mantener una temperatura [IN] en un intervalo de 20 – 35 °C y la humedad [IN] de 80 % - 90 %, para garantizar el desarrollo y

supervivencia de la tres plantas carnívoras, Planta Aislada; Modelo Presa - Depredador [**Planta No.1, Planta No. 2**], "*Dionaea muscipula*". La conductancia (Ω^{-1}) de la tierra se determinó mediante el uso de un multímetro digital (FLUKE -87), a través, de la determinación de las curvas equipotenciales, la cual, se encuentra asociada de forma indirecta con la absorción del agua, por los pelos radiculares del sistema de raíces de las plantas, requerida para llevar a cabo el proceso fotosintético.

El análisis experimental se llevó a cabo en dos etapas:

a. **ETAPA I "PLANTA AISLADA"**: es utilizada una planta carnívora "*Dionaea muscipula*", para la determinación de las variables dependientes e independientes, temperatura [IN], [%] CO₂, [%] humedad [IN], Conductancia (Ω^{-1}). El análisis experimental de la presente etapa inicio, el día 28/AGO/2013, en un periodo de 24 horas, con frecuencia de análisis de 30 minutos, con el propósito de determinar los intervalos de tiempo, en los cuales, los proceso biológicos y fisiológicos de la planta carnívora "*Dionaea muscipula*" se encuentran activos, en la cual, la planta se encuentran sin alimentación, obteniendo como resultado dos intervalos que comprenden los siguientes horarios; 10:00 a.m. - 12:30 p.m. y 2:00 a.m. – 6:00 a.m., determinados durante siete días. Posteriormente el día lunes 09/SEP/2013, la planta carnívora "*Dionaea muscipula*", es alimentada a las 10:00 a.m. con una larva de "*Tenebrio molitor*", con las siguientes características; longitud = 1 cm, Peso = 0.0526 g. para determinar las variables dependientes e independientes, temperatura [IN], [%] CO₂, [%] humedad [IN], Conductancia (Ω^{-1}), el análisis se llevó a cabo en un periodo de 24 horas con frecuencia de análisis de 30 minutos, transcurrido este tiempo, como la planta se encuentra en un proceso metabólico, el análisis experimental se realiza en dos intervalos de tiempo que oscilan de; 10 : 00 p.m. – 2 :00 a.m. y 6:00 a.m. a 12:00 p.m., con frecuencia de análisis de 30 minutos para ambos, el periodo finalizo después de 9 días, debido a que en la trampa donde se fue colocada la larva de "*Tenebrio molitor*", se abrió, lo cual, indica que ha finalizado su proceso metabólico.

- b. **ETAPA II “MODELO PRESA - DEPREDADOR” (Planta No. 1 , Planta No. 2):** se utilizaron 2 plantas carnívoras “*Dionaea muscipul*”, a las cuales, se les determinaron las variables dependiente e independientes, temperatura [IN], [%] CO₂, [%] humedad [IN], la conductancia (Ω^{-1}) fue obtenida de forma individual para la **Planta No.1** y **Planta No. 2**. El análisis experimental de la etapa presente inicio, el día 08/OCT/ 2013, en un periodo 3 días con una frecuencia de análisis de 30 minutos, en las cuales, las plantas se encuentran sin alimentación. Posteriormente el día 12/OCT/2013, a la 6:00 p.m. las plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*” fueron alimentadas con un larva de “*Tenebrio molitor*” cada una de ellas, presentando las siguientes características para la **Planta No. 1**; longitud = 1,5 cm, Peso = 0.0564g, para nuestra **Planta No. 2**; longitud = 1,6 cm, Peso = 0.0546g. El análisis continuó durante un periodo de 9 días con una frecuencia de análisis de 30min, finalizando en el momento que la trampa se abrió de nuevo indicando que ha terminado su proceso metabólico.

3.1.MUESTRAS.

3.1.1. TRES PLANTAS CARNÍVORAS “*Dionaea muscipula*”.



FIGURA 3.1.1 Plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*”.

Fuente: propia.

3.1.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS CARNIVORAS

“*Dionaea muscipula*”.

Se utilizaron 3 plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*” de un año de edad, formadas por un rizoma, del cual, surgen sus hojas en forma de una roseta creciendo al nivel de suelo, en los extremos de sus hojas se encuentran dos lóbulos o trampas, con un color rojo debido a los pigmentos de antocianinas, en el interior de ellas, que miden de 2 - 2.5 cm de largo y de 1 - 1.5 cm de altura, las cuales, constan de 8 - 10 trampas, las cuales, le permiten a la planta llevar a cabo sus proyecciones biológicas y fisiológicas.

3.1.2. TRES LARVAS DE “*Tenebrio molitor*”.



FIGURA 3.1.2 Larvas de “*Tenebrio molitor*”.

Fuente: propia.

3.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS LARVAS DE “*Tenebrio molitor*”.

Las larvas de “*Tenebrio molitor*” Utilizadas presentaron las siguientes características:
No.1; longitud = 1 cm, Peso = 0.0526g, **No.2;** longitud = 1,5 cm, Peso = 0.0564g,
No. 3; longitud = 1.6 cm, Peso = 0.0546g.

3.2. SOFTWARE E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CADA UNA DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.

- I. Multímetro con interface para la PC (MUL – 600) STEREN.
- II. Sensor de CO₂ (MED – 160) STEREN:
Alimentación; 3 V (2X AAA)
Rango; 0.00 [%] - 0,9 [%] (0.0-1,9)
Exactitud: ± 0,01 [%]
Respuesta: > 5 segundos
Temperatura de operación; 5 - 40 °C
Sensor de CO₂ ($\lambda_{\text{Máxima}} = 4.26 \mu\text{n}$)
- III. Termo higrómetro (Ws - 1171).
- IV. Multímetro digital (FLUKE - 87), TRUE RMS

3.2.1. SOFTWARE.

- I. Software for multimeter 2002.
- II. Microsoft Excel 2007.
- III. Datastudio.

3.2.2. MATERIAL.

- I. Agua destilada a pH 5.0
- II. pH – Indicador strips, MERCK
- III. 1 sistemas invernadero

3.3. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LA VARIACIÓN DEL POTENCIAL ELÉCTRICO.

- I. Encender la computadora y abrir el programa MUL - 600.
- II. Multímetro (MUL - 600) presionado el botón de encendido hasta que la pantalla encienda y suene su alarma.
- III. En la pantalla del sensor de CO₂ parecerá un mensaje de WARMA UP (calentamiento), esta es la etapa donde el sensor de gases se prepara para llevar acabo el análisis.
- IV. Introducir el sensor de CO₂ (MED - 160) dentro del terrario y colocarlo en medio de las dos plantas carnívora "*Dionaea muscipula*".
- V. Al terminar la etapa de WARMA UP, en la pantalla del sensor CO₂ (MED - 160) aparecerá el mensaje BLOW durante 10 segundos en ese momento se realiza la conexión del programa MUL - 600 En la opción CONECT, para llevar acabo la medición de las variables del potencial eléctrico en volts.
- VI. al término de la cuenta regresiva de BLOW de los 10 segundos y que en la pantalla del programa MUL-600 el voltaje haya llegado a cero, se detiene la medición en la opción DISCONETC.
- VII. Guardar los datos de la medición en la opción RECORD, y posteriormente SAVE (guardar).
- VIII. Salir del programa MUL - 600 mediante la opción EXIT.
- IX. Retirar el sensor de CO₂ (MED -160) del terrario.

3.4. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}).

- I. Introducir los electrodos dentro de la tierra de la maceta de la planta carnívora "*Dionaea muscipula*".
- II. Encender el multímetro digital (FLUKE 87), Establecer las unidades de medida en Ohms (Ω).
- III. Registrar datos.
- IV. Apagar multímetro digital (FLUKE 87).

3.5. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LA TEMPERATURA [IN-OUT] Y HUMEDAD [IN-OUT].

- I. Introducir el sensor del termo higrómetro (WS-1171) en el terrario.
- II. Registrar la temperatura [IN - OUT] y humedad relativa [IN - OUT].

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.

- I. Cartas Control.
- II. Análisis de varianza (ANOVA).
- III. Prueba de Error Normalizado.

3.7. APLICACIÓN DEL MODELO PRESA- DEPREDADO.

- I. Método de Lotka Volterra.

ANÁLISIS EXPERIMENTAL

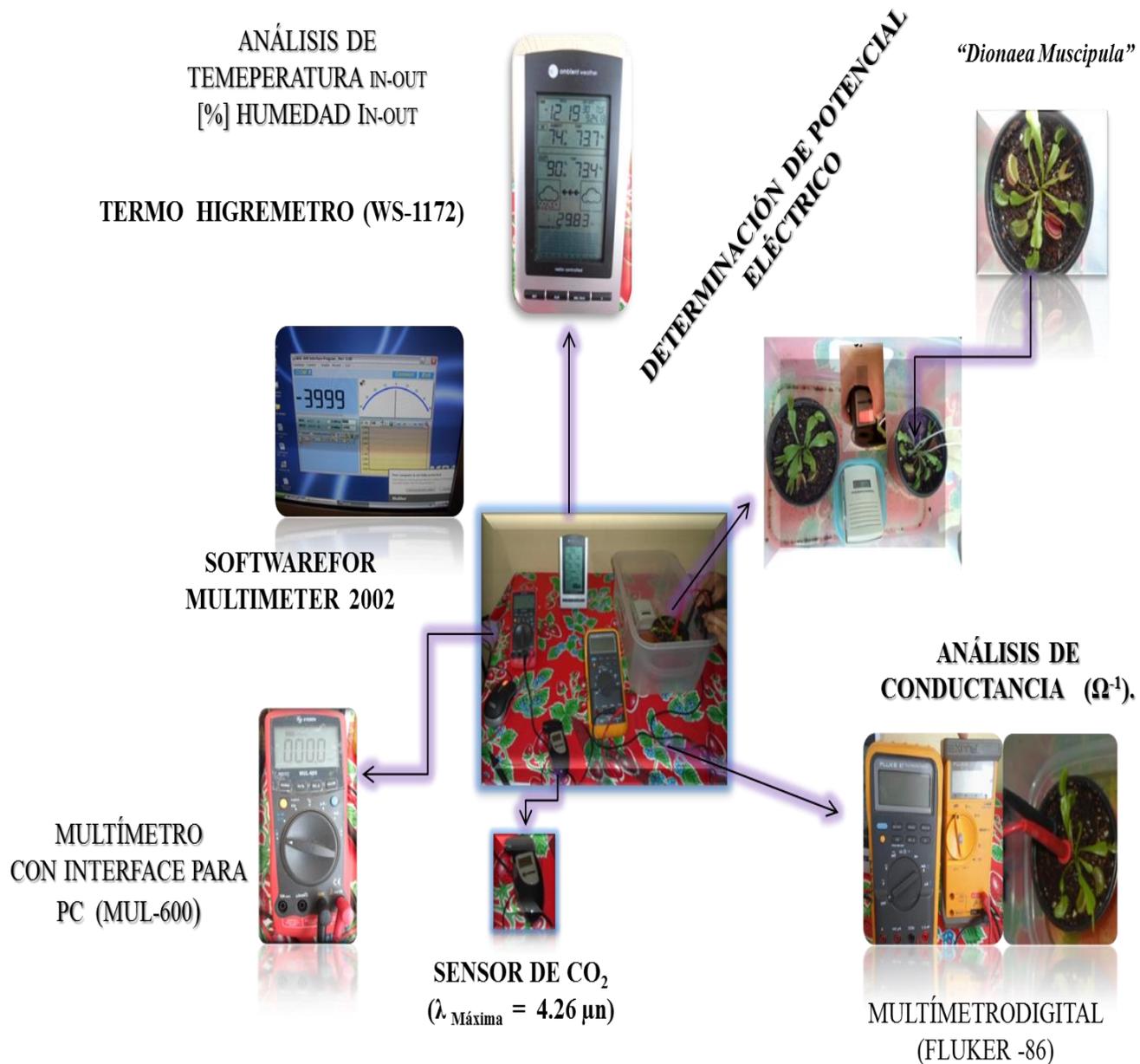


FIGURA 3.1.3 Procedimiento para la determinación de cada una de las variables dependientes e independientes del análisis experimental.

Fuente: Propia.

El capítulo presente de la investigación se da a conocer la metodología utilizada para nuestro análisis experimental en el cual, se utilizó un método inductivo e indirecto con el cual, Determinar la relación funcional existente entre el proceso fotosintético y metabólico, en base al [%] CO₂, sintetizado por las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*", a través de la digestión del "*Tenebrio molitor*", en etapa larvaria, liberado a la atmósfera interna de sistema invernadero, además de su interacción, con el Modelo Presa – Depredador. El cual es basado en un sensor CO₂ acoplado a un multímetro con interface para la computadora con el objetivo de la determinación del potencial eléctrico del CO₂, se realizando una curva de calibración ya que mediante su ecuación de la recta nos permite obtener el [%] CO₂ el cual es sintetizado en los procesos fotosintéticos. Con el uso de un Termo Higrómetro (WS-1171) el cual fue colocado dentro del invernadero permitiendo analizar las variaciones de temperatura [IN-OUT] y la humedad [IN-OUT] con respecto al [%] CO₂, O₂, CH₄ y el vapor de agua presente en la atmósfera interna del sistema invernadero. La conductancia (Ω^{-1}) de la tierra se determinó mediante el uso de un multímetro digital (FLUKE -87), a través, de la determinación de las curvas equipotenciales, la cual, se encuentra asociada de forma indirecta con la absorción del agua, por los pelos radiculares del sistema de raíces de las plantas "*Dionaea muscipula* ", requerida para llevar a cabo el proceso fotosintético, ya que se tienen las variables correspondientes se procede a utilizar las ecuaciones del Modelo Presa - Depredador para así mismo comprobar que real mente existe una relación Modelo Presa - Depredador de sus procesos fisiológicos y biológicos de las plantas carnívoras de la especie "*Dionaea Muscipula*" y obtener el cumplimiento de nuestra hipótesis .

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

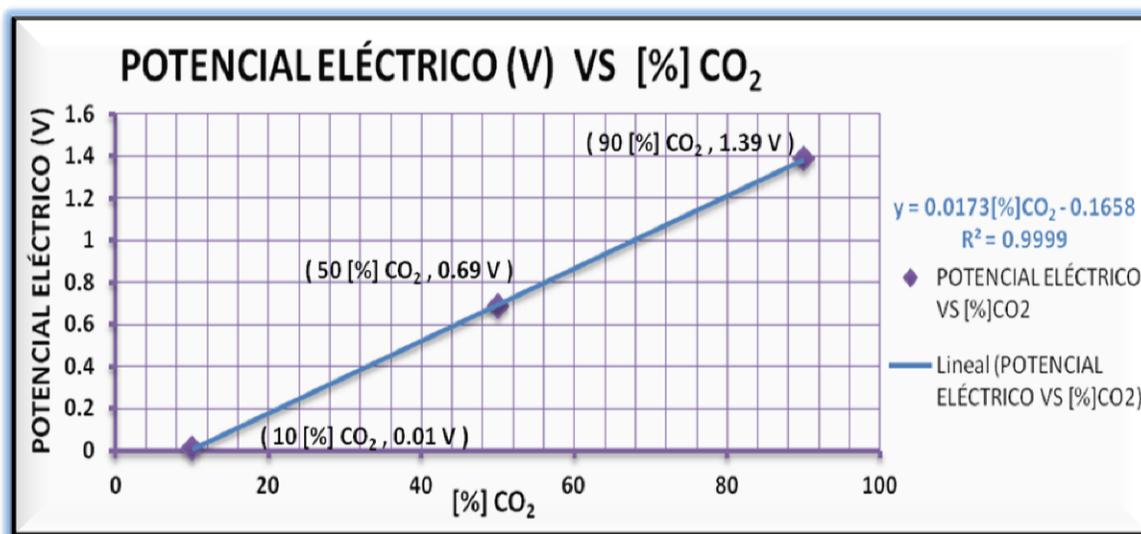
“NUESTRA RECOMPENSA SE ENCUENTRA EN EL ESFUERZO Y NO EN EL RESULTADO. UN ESFUERZO TOTAL ES UNA VICTORIA COMPRETA”.

Mahatma Gandhi.

4. INTRODUCCIÓN.

En el capítulo presente se da a conocer el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el estudio de la ETAPA I “PLANTA AISLADA” y ETAPA II “MODELO PRESA - DEPREDADOR” (Planta No. 1, Planta No. 2), de nuestra investigación, los cuales, se encuentra relacionado con nuestro objetivo planteado, Determinar la relación funcional existente entre el proceso fotosintético y metabólico, en base al [%] CO₂ sintetizado por las plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*”, a través de la digestión de la larva de “*Tenebrio molitor*”, liberado a la atmósfera interna del sistema invernadero, además de su interacción, con el Modelo Presa – Depredador, lo cual, proporciona nuestra respuesta hipotética planteada, En el proceso metabólico las plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*” establecen una relación Modelo Presa – Depredador, en los parámetros (0,0), del ciclo límite a tractor, los cuales, ocurren en corto tiempo, para posteriormente abandonar dicho comportamiento e iniciar su proceso fotosintético.

4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA”.



GRÁFICA 4.1.1 Curva de calibración del potencial eléctrico en función del [%] CO₂.

El [%] CO₂ fue determinado en base a la curva de calibración [GRAFICO 4.1.1], debido a que, nos representa gráficamente la señal correspondiente a la medición del potencial eléctrico en función del [%] CO₂. En la GRAFICA 4.1.1 Se observa que para nuestro sensor de CO₂, su límite de detección es 10 [%] CO₂, 0.01 v su límite de cuantificación es 90 [%] CO₂, 1.39 v, por lo que nuestras mediciones realizadas superiores a límite de detección no serán confiables (51).

4.1.1. PRUEBA DE ERROR NORMALIZADA.

Se realizó una prueba de Error normalizado para el [%] de humedad [IN] respecto al [%] de humedad [OUT], para los datos de los intervalos de tiempo, del periodo de adaptación.

Ecuación;

$$\varepsilon = \frac{X_{Humedad [IN]} - X_{Humedad [OUT]}}{\sqrt{S_{Humedad [IN]}^2 + S_{Humedad [OUT]}^2}} . \quad [4.1.1.1.]$$

Dónde:

ε = Error

X = Media

S = Desviación estándar

Sustitución;

$$\varepsilon = \frac{94.26 - 70.780}{\sqrt{1.067^2 + 2.98^2}} = 11.67 \quad [4.1.1.1]$$

Resultado;

$$\varepsilon = 11.67 \quad \varepsilon > 2 : \text{Grave.} \quad [4.1.1.1]$$

En base al resultado obtenido [$\epsilon = 11.67$, $\epsilon > 2$], Lo cual indica que efectivamente existe una variación significativa de la humedad [IN], durante el análisis, se observó un porcentaje promedio de 95 [%], en base a la literatura es el porcentaje de humedad que requiere la planta para su supervivencia, respecto a la humedad [OUT], el porcentaje de humedad promedio fue 70.78 [%], garantizando que el análisis experimental se está llevando a cabo en sistema aislado, Efecto invernadero, generado por la planta carnívora “*Dionaea muscipula*”. Sin embargo en la durante los intervalos de tiempo del periodo de los 7 días, se observa que para los tres primeros días, existe una variación significativa, ya que él [%] de humedad [IN], se encuentra oscilando en un intervalo de 91 [%] – 94 [%] de humedad, esto es debido a que la planta se encuentra en su proceso de adaptación, pero en el día número cuatro, la planta carnívora “*Dionaea muscipula*”, alcanza un equilibrio en el intercambio gaseoso con la atmósfera del sistema, logrando su homeostasis, por lo que se observa en el gráfico de la carta control que la humedad[IN], se mantiene en un 95 [%], hasta el día 7.

4.1.2. ANALISIS DE VARIANZA.

Se realizó un análisis de varianza de la temperatura [IN], en comparación de la temperatura [OUT] del sistema, los resultados obtenidos se muestran en la **TABLA 4.1.2.1**, correspondientes a la etapa de adaptación.

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDAD	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	6.577910053	1	6.57790053	29.893661	1.30074E-07	3.88655461
Dentro de los grupos	45.76907701	208	0.220043639			
Total	52.34698707	209				

TABLA 4.1.2.1 Análisis de varianza de la temperatura [IN], respecto a la temperatura [OUT] del sistema invernadero en proceso de adaptación. **Fuente:** Propia realizadas en Excel.

De acuerdo a la TABLA 4.1.2.1, obtenemos nuestra, $F_{\text{Experimental}} = 29.89$ y $F_{\text{Crítica}} = 5.88$ ($F_{\text{Experimental}} > F_{\text{Crítica}}$), demuestra que existe una variación significativa en la temperatura de la atmósfera interna del sistema respecto a la externa, por lo que es un sistema termodinámico aislado. Se muestra variaciones que oscilan en un intervalo de 21 °C - 23 °C, durante el Análisis Experimental, sin embargo se mantiene en el rango, especificado en la literatura, 20 °C - 30 °C, En el Verano, de temperatura que requiere la planta carnívora “*Dionaea muscipula*” para su supervivencia.

4.2. RESULTADOS DEL ANALISIS EXPERIMENTAL DE LA ETAPA II “MODELO PRESA-DEPREDADOR” (Planta No. 1, Planta No. 2).

4.2.1. PRUEBA DE ERROR NORMALIZADO.

Se llevo a cabo la prueba del error normalizado del [%] humedad [IN] respecto al [%] humedad [OUT] del sistema invernadero, para determinar la existencia de una variación significativa del [%] de humedad [IN], por el incremento de vapor de agua, liberado en la atmosfera interna del sistema invernadero, por el proceso de transpiración, debido a que las plantas se encuentra en la etapa de “adaptación” y así crear su propia atmosfera en base al [%] humedad [IN] y temperatura [IN] adecuadas para su supervivencia. En base a los resultados obtenidos en el inicio de la fase experimental del día, (2013 /08/OCT).

Ecuación;

$$\varepsilon = \frac{X_{\text{Humedad[IN]}} - X_{\text{Humedad[OUT]}}}{\sqrt{S^2_{\text{Humedad [IN]}} + S^2_{\text{Humedad [OUT]}}}} \quad [4.2.1.1]$$

Dónde:

$\varepsilon = \text{Error}$

$X = \text{Media}$

$S = \text{Desviación estándar}$

Sustitución;

$$\varepsilon = \frac{91.18 - 55.48}{\sqrt{2.98^2 + 2.082^2}} = 10.76 \quad [4.2.1.1]$$

Resultados;

$$\varepsilon = 10.76 \quad \varepsilon > 2 : \textit{Grave} \quad [4.2.1.1]$$

Se presenta un Error Normalizado del [%] humedad _[IN] respecto al [%] humedad _[OUT] de la atmosfera del sistema invernadero es: $\varepsilon = 10.76$, por lo que $\varepsilon > 2$, presentado una variación significativa del [%] de humedad _[IN] ya que por cada molécula de CO₂ utilizado para llevar acabo la fotosíntesis, que ingresa al interior de la hoja a través de las estomas ésta libera una molécula de vapor de H₂O. Garantizando que nuestro análisis experimental, se está llevando a cabo en un sistema aislado, por el incremento de la liberación de vapor de agua, en el proceso de transpiración, ya que las plantas carnívoras "*Dionaea muscipula*", se encuentran en la etapa de adaptación, teniendo como principal objetivo generar una atmosfera adecuada para su crecimiento, desarrollo y supervivencia, la cual, en base a los resultados del gráfico de Levey Jennings, la humedad _[IN] se encuentra en un intervalo de 91 [%] – 92 [%].

4.2.2. ANALISIS DE VARIANZA.

4.2.2.1. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}) DE LA TIERRA EN LA ETAPA II DE LA PLANTA No. 1 RESPECTO A LA PLANTA No. 2 EN PROCESO DE ADAPTACION.

La **Planta No.1** y la **Planta No.2**, presentan una relación de interacción dependiente, es decir unifican sus ciclos biológicos y fisiológicos, para corroborar lo antes mencionado, se realizó un análisis de varianza para la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra del proceso de adaptación, aclimatación, de la **Planta No. 1** respecto a la **Planta No. 2** de la etapa II. Asociada de forma indirecta con la absorción de agua, por los pelos de la raíz, requerida para llevar a cabo la fotosíntesis, además del

CO₂, que por cada molécula que ingresa al interior de la hoja a través del estoma, se libera una molécula de vapor de H₂O, la cual, modifica el [%] de humedad [IN].

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDAD	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	2369.100104	1	2369.100104	0.543095713	0.462988007	3.942303152
Dentro de los g Grupos	410048.1823	94	4362.214705			
Total	412417.2824	95				

TABLA 4.2.2.1.1 Análisis de varianza de la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, del proceso de adaptación de la planta No. 1 respecto a la planta No. 2. **Fuente:** Propia realizadas en Excel.

Los resultados de los datos obtenidos presentan los siguientes valores de acuerdo a la **TABLA 4.2.2.1** son: $F_{\text{Crítico}} = 3.94$, $F_{\text{Experimental}} = 0.54$, $F_{\text{Crítico}} > F_{\text{Experimental}}$, concluyendo que no existe variación significativa de la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, de la **Planta No. 1** con respecto a la **Planta No. 2**, por la relación de interacción dependiente, con el propósito de mantener en equilibrio homeostático los gases de la atmósfera interna, requerida para su crecimiento, desarrollo y supervivencia.

4.2.2.2. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}) DE LA TIERRA DE LA ETAPA II DE LA PLANTA No. 1 RESPECTO A LA PLANTA No. 2 DEL PROCESO METABOLICO

Se realizó un análisis de varianza de conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, en el proceso metabólico de la **Planta No.1** con respecto a la **Planta No.2** de la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”**, el cual, es presentado en la **TABLA 4.2.2.1**.

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDAD	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	114153.6267	1	114153.6267	42.710335	3.24899E-09	3.942303152
Dentro de los grupos	251237.5717	94	2672.740124			
Total	365391.1983	95				

TABLA 4.2.2.2.1 Análisis de varianza de la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra de la planta No.1 respecto a la planta No. 2 en proceso metabólico. Fuente propia realizada en Excel.

El análisis de varianza de la de la tierra en el proceso metabólico, de la **Planta No. 1** respecto a la **Planta No.2**, del **ETAPA II “MODELO PRESA - DEPREDADOR”**, asociada de forma indirecta con la absorción de agua, por los pelos de la raíz, la **TABLA 4.2.2.2.1** presenta los siguientes valores para, $F_{\text{Crítica}} = 3.94$ y $F_{\text{Experimental}} = 42.71$, $F_{\text{Crítico}} < F_{\text{Experimental}}$, por lo cual, existe variación significativa de la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, siendo mayor la variación de la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra de la **Planta No. 1** respecto a la **Planta No. 2**, observándose la presencia de la selección natural, en la cual, la **Planta No. 1**, presenta una compleja relación de interacción, basada en la competencia con la **Planta No. 2**, para lograr su supervivencia y evolución a largo plazo.

4.2.2.3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CONDUCTANCIA (Ω^{-1}) DE LA PLANTA No.1 EN LOS PROCESOS DE ADAPTACIÓN, METABOLISMO E INICIO DE HIBERNACIÓN.

El análisis de varianza para la **Planta No. 1**, correspondiente al análisis experimental de la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”**, en base a los valores de la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, asociada de forma indirecta con la absorción de agua, por los pelos de la raíz, para los procesos de aclimatación, metabolismo, e inicio de hibernación, obteniendo los siguientes valor en la **TABLA 4.2.2.3.1** de $F_{\text{Crítico}} = 3.06$ y $F_{\text{Experimental}} = 10.96$, por lo cual, $F_{\text{Crítico}} < F_{\text{Experimental}}$, indicando que existe una variación significativa, La cual, presenta mayor variación, en el proceso metabólico, mostrando una valor para la media de

194.52 (Ω^{-1}), en comparación de los valores para el proceso de aclimatación de 132.63 (Ω^{-1}), e inicio de hibernación 162.82 (Ω^{-1}).

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDA D	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	89136.28792	2	44568.14396	10.9604837	3.76331E-05	3.060291772
Dentro de los grupos	573342.2415	141	4066.257032			
Total	662478.5294	143				

TABLA 4.2.2.3.1 Análisis de varianza de la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra de la planta No.1 respecto a los procesos de adaptación, metabolismo e inicio de hibernación de la Etapa II “Modelo Presa – Depredador”. Fuente propia realizada en Excel.

4.2.2.4. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL [%] DE HUMEDAD_[IN], REALIZADO PARA LA EVALUACIÓN DE LA ATMOSFERA INTERNA DEL SISTEMA INVERNADERO, PARA LA ETAPA II “MODELO PRESA– DEPREDADOR” (PLANTA NO.1; PLANTA NO.2), EN LOS PROCESOS DE ACLIMATACIÓN, METABOLISMO E INICIO DE HIBERNACIÓN.

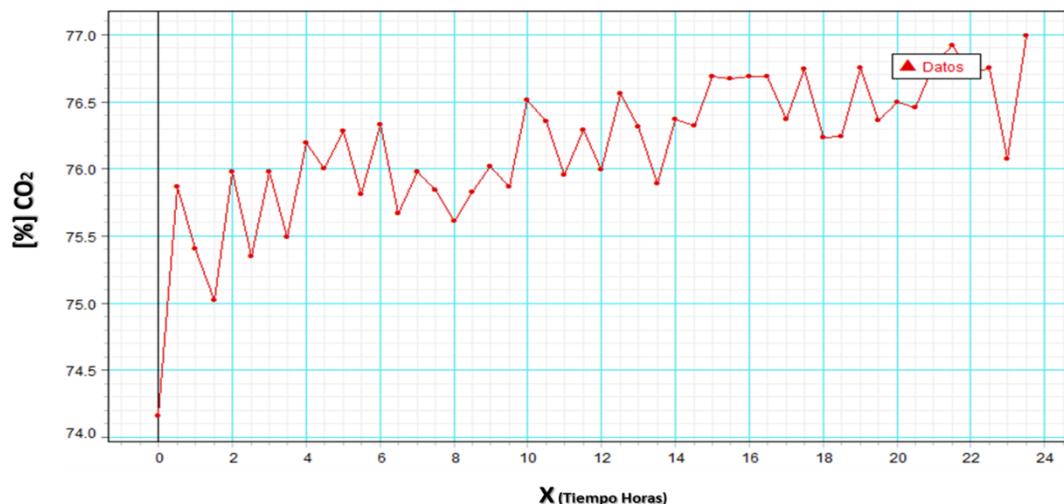
la TABLA 4.2.2.4.1 muestra un valor de $F_{Crítico} = 3.06$ y $F_{Experimental} = 3.16$, $F_{Crítico} > F_{Experimental}$, indicando la ausencia de variación significativa del [%] de humedad _[IN], en los tres procesos antes mencionados, sin embargo, en los valores de los resultados del gráfico de Levey Jennings, se observa que en el proceso de aclimatación la humedad _[IN] de la atmosfera del sistema invernadero, se encuentra en un intervalo de 92 [%] – 91 [%], pero en el proceso metabólico logra un equilibrio homeostático con un 91 [%] de humedad, el cual, se observa que comienza a disminuir a un 90 [%], en el inicio del proceso de hibernación.

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDAD	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	20.43055556	2	10.21527778	3.166338447	0.045171273	3.060291772
Dentro de los grupos	454.8958333	141	3.226211584			
Total	475.3263889	143				

TABLA 4.2.2.4.1 Análisis de varianza del [%] de humedad [IN], del sistema invernadero de la ETAPA II “Modelo Presa – Depredador” en el proceso de adaptación, metabólico, e inicio de hibernación. **Fuente:** propia realizada en Excel.

4.2.2.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MODELO DE ECUACIONES DE LOTKA VOLTERRA.

A nuestra investigación le dimos un enfoque con relación al comportamiento del modelo presa-depredador de lotka volterra, ya que nuestras **GRAFICA 4.2.2.5.1** presentan un comportamiento oscilatorio de forma exponencial siendo esta una característica del modelo.



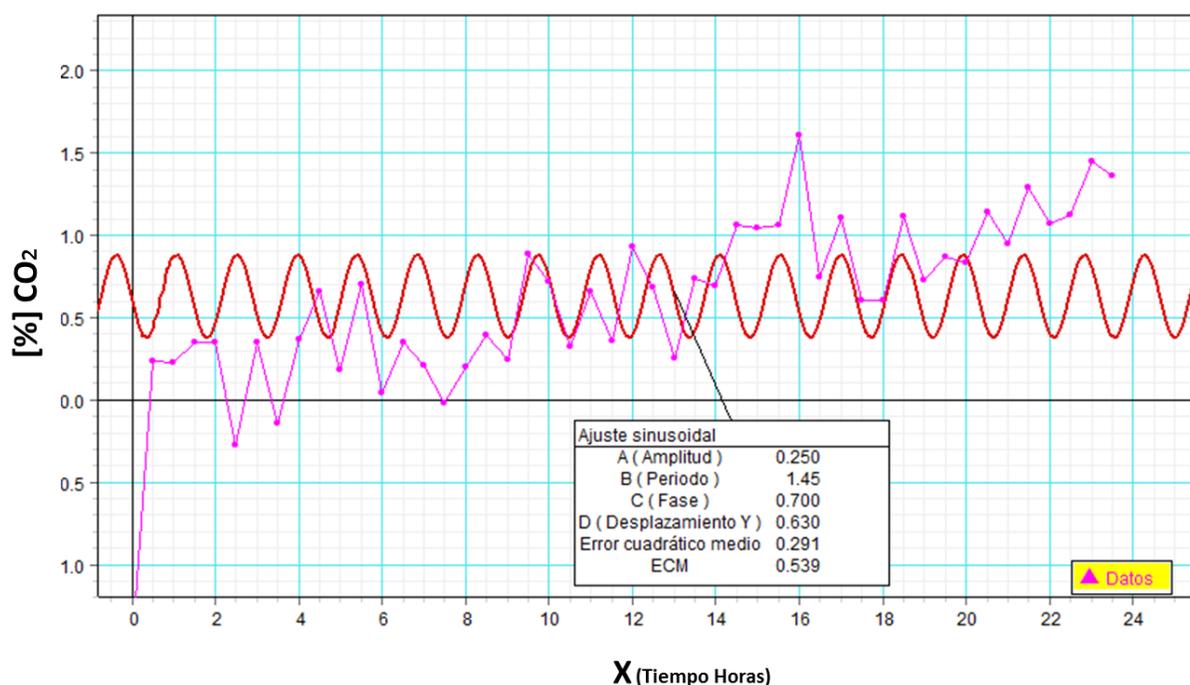
GRAFICA 4.2.2.5.1 [%] CO₂ Sintetizado por las plantas No.1 y No.2 de la ETAPA II “Modelo Presa – Depredador” con respecto al tiempo en proceso de adaptación.

Fuente: propia realizada en DataStudio.

En base a los datos obtenidos de la **GRAFICA 4.2.2.5.1**, observamos la presencia de un valor de 74.16 [%] CO₂ para el punto inicial del análisis experimental y un valor de 76.99 [%] CO₂ para el punto final de la medición, presentando un comportamiento oscilatorio de forma exponencial por lo que se le realizó un ajuste sinusoidal el cual es presentado en la **GRAFICA 4.2.2.5.2**.

4.2.2.5.1 ECUACION SINUSOIDAL.

Se realizó un ajuste sinusoidal para el [%] CO₂ sintetizado por las plantas carnívoras “*Dionaea Muscipula*” en su proceso de adaptación, en la ecuación [4.2.2.5.1.1] se observa que el para el [%] CO₂ sintetizado en la etapa de adaptación existe un efecto oscilatorio determinado como se puede observar en la **GRAFICA 4.2.2.5.2** y en **GRAFICA 4.2.2.5.3** en la cual, se observa más preciso el comportamiento oscilatorio ya que la planta está llevando a cabo sus ciclos biológicos.



GRAFICA 4.2.2.5.2 De ajuste sinusoidal restando los resultados obtenidos de y teórica y de y exponencial de [%] CO₂ liberado por las plantas No. 1 y No. 2 de la Etapa II “Modelo Presa – Depredador” con respecto al tiempo en proceso de adaptación. **Fuente:** propia realizada en DataStudio.

Por lo observado en la **GRÁFICA 4.2.2.5.1** de los datos notamos que el comportamiento de la relación entre el % CO₂ y el tiempo es tipo exponencial acompañado por una oscilación, por lo que Proponemos una relación en la forma de la ecuación siguiente:

$$y_{total} = y_{teorica} + A \sin \left[\frac{2\pi}{B} (X - C) \right] + D, \quad [4.2.2.5.1]$$

donde:

$$y_{teorica} = S e^{px},$$

La parte exponencial está dada por la ecuación:

$$y_{teorica} = 75.581e^{0.0007x}, \quad [4.2.2.5.2]$$

Los resultados de la ecuación teórica de los datos experimentales, tendremos un conjunto de datos de donde determinamos la relación sinusoidal:

$$y_{sin} = 0.124 \sin (0.81632653)\pi(x - 0.834) + 0.605,$$

Conjugando las dos ecuaciones [4.2.2.5.1] y [4.2.2.5.2], llegamos a la relación propuesta:

$$y_{total} = 75.581e^{0.0007x} + 0.124 \sin (0.81632653)\pi(x - 0.834) + 0.605.$$

La GRAFICA 4.2.2.5.2 teórica a la que llegamos es presentada enseguida y de esta se puede notar el comportamiento exponencial acompañado con la parte oscilante.

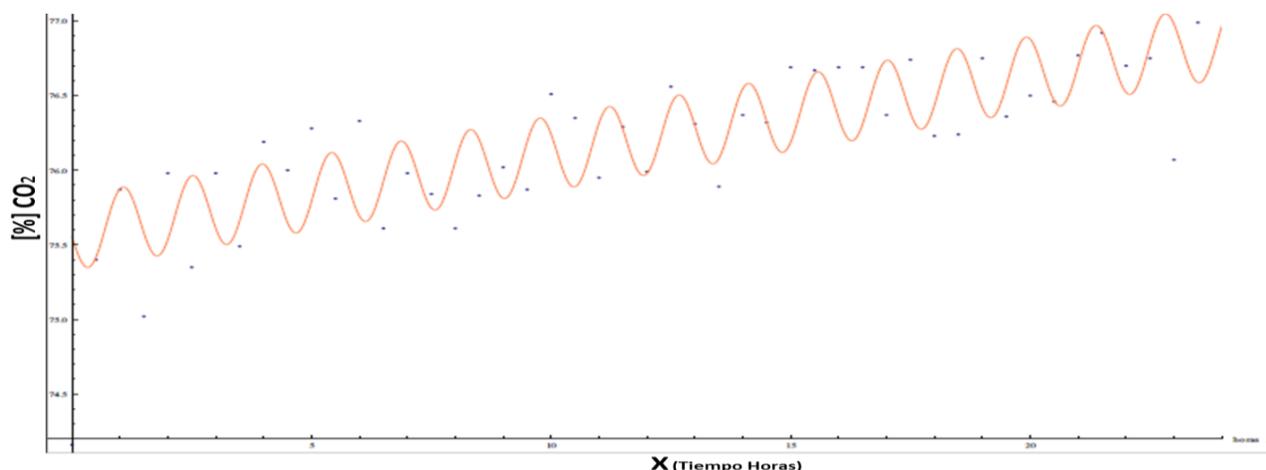
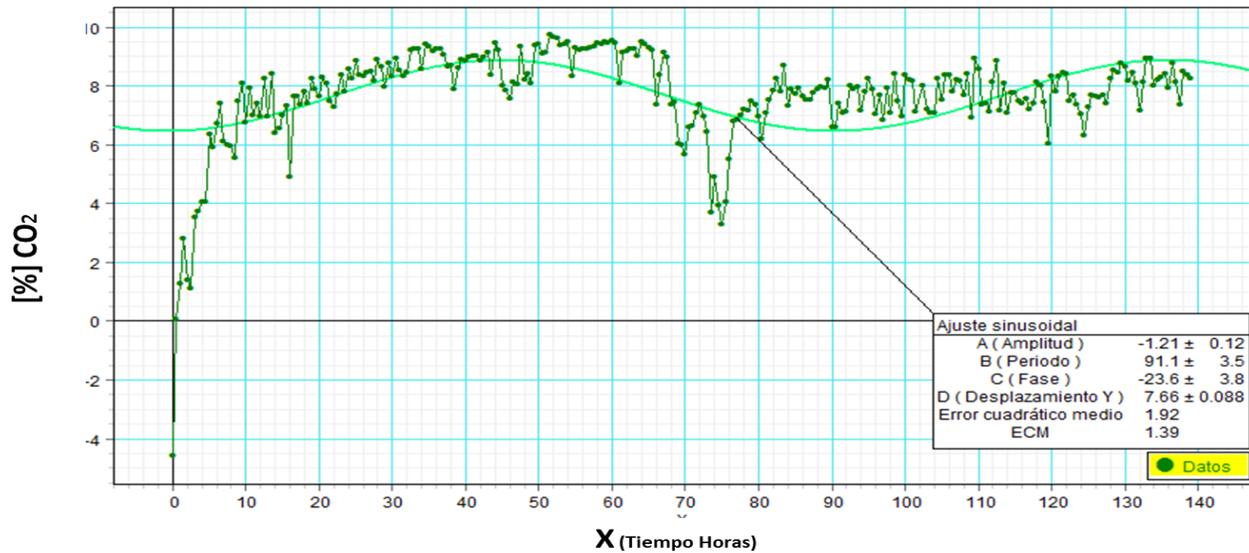


GRAFICO 4.2.2.5.2 Comportamiento oscilatorio del [%] CO₂ liberado por la plantas No.1 y No.2 de la ETAPA II “Modelo Presa – Depredador” con respecto al tiempo en proceso de adaptación.

Fuente: propia realizada

La **GRAFICA 4.2.2.5.2** nos permite observar que el [%] CO₂ sintetizado por las plantas carnívoras “*Dionaea Muscipula*” con respecto al tiempo presentan oscilaciones esto se debe a que las plantas se encuentran llevando a cabo sus ciclos biológicos siendo estos la absorción y transporte de H₂O y sales minerales desde la raíz al xilema, por las células especializadas llamadas pelos absorbentes, los cuales, son encontrados en la piliferia de la raíz, sufren una evaginación, la cual, aumenta la absorción para atravesar los tejidos de la raíz hasta llegar al xilema conduciéndolo al aparato fotosintético y así llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis, este ciclo ocurriendo en un transcurso de 2 horas con 30 minutos con respecto a las oscilaciones que presenta en la **GRAFICA 4.2.2.5.2**.

Para el proceso metabólico también se realizó un ajuste sinusoidal de igual manera que en el proceso de adaptación ya que en la gráfica 4.2.2.5.2 que se presenta posteriormente se observada que relación entre el %CO₂ y el tiempo es de tipo exponencial, la cual, presenta pequeñas oscilaciones.



GRAFICA 4.2.2.5.2 Ajuste Sinusoidal [%] CO₂ Sintetizado por las Plantas No.1 y No.2 de la ETAPA II “Modelo Presa – Depredador” con Respecto al Tiempo en Proceso Metabólico.

Fuente: propia realizada en DataStudio.

Por lo que se propone la siguiente ecuación:

$$y_{total} = y_{teorica} + A \sin \left[\frac{2\pi}{B} (X - C) \right] + D \quad [4.2.2.5.3]$$

Dónde:

$$y_{teorica} = S e^{px}$$

La parte exponencial está dada por:

$$y_{total} = 69.36e^{0.0024x}$$

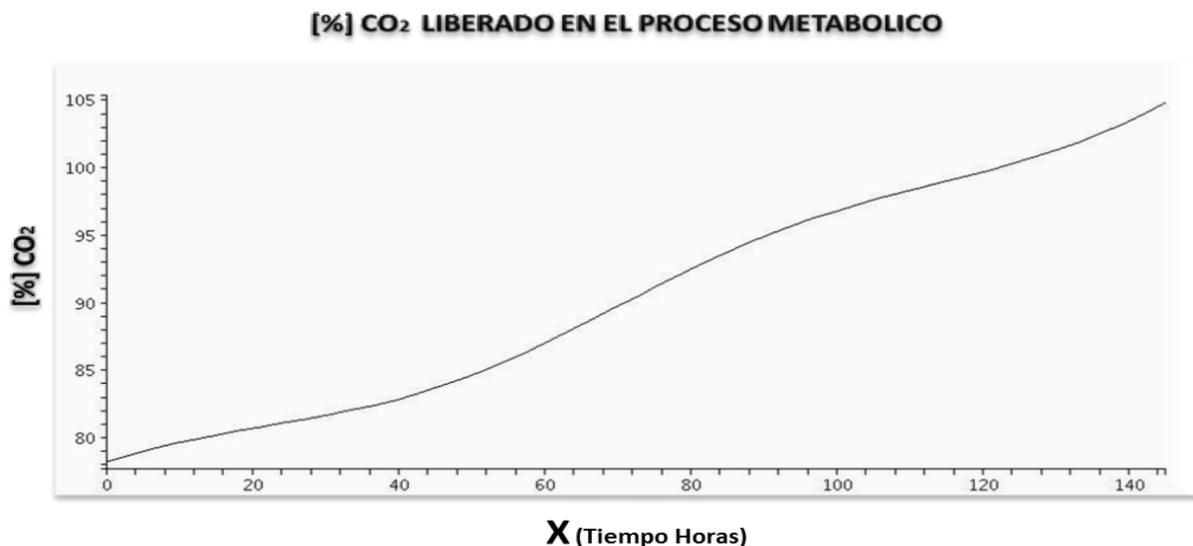
Restando los datos teóricos de los experimentales tendremos un conjunto de valores que nos permitirá obtener la parte sinusoidal:

$$y_{sin} = -1.21 \sin [(0.021953)\pi (x - 23.6)] + 7.66$$

Conjugando las dos ecuaciones se llegó a la relación siguiente:

$$y_{total} = 69.36e^{0.0024x} - 1.21 \sin [(0.021953)\pi (x - 23.6)] + 7.66$$

Posteriormente presentamos la gráfica 4.2.2.5.3 teórica a la cual se llegó, donde se puede observar un comportamiento exponencial acompañado de pequeñas oscilante.



GRAFICA 4.2.2.5.3 Comportamiento Oscilatorio del [%] Co₂ Sintetizado por las Plantas No.1 y No.2 de la ETAPA II “Modelo Presa – Depredador” Con Respecto al Tiempo en Proceso Metabólico. **Fuente:** propia realizada en appa.

La **GRAFICA 4.2.2.5.3** nos permite observar que el [%] CO₂ sintetizado por las plantas carnívoras respecto al tiempo en su proceso metabólico presenta pequeñas oscilaciones, estas se deben a que la planta se encuentra en su proceso metabólico ante la ingesta de una larva de “*Tenebrio molitor*”. En la cual, el [%] CO₂ aumenta de forma exponencial debido a que la planta comienza la secreción del flujo digestivo libera las enzimas peroxidasa, B- 1,3 glucanasa, Dionain I y Dionain II, quintinasa, Dionaesina-2 y Aspartato proteinasa que actúan en la degradación del insecto permitiendo que la planta absorba los nutrientes.

Para determinar la relación existente entre el Modelo Presa – Depredador con relación a los procesos biológicos y fisiológicos de las plantas carnívoras “*Dionaea Muscipula*” se utilizó el conjunto de ecuación del modelo de Lotka Volterra las cuales determinan la relación que existe entre el depredador y la presa, en nuestro caso nuestro depredador es el [%] CO₂, temperatura y humedad, procesos acoplador, los cuales son liberados por nuestra planta ya que ella requiere del agua para, poder obtener sus nutrientes a través de su absorción mediante los pelos radiculares de sus raíces la cual medimos inversamente con la conductancia (Ω^{-1}).

Por lo tanto nuestra presa la conductancia (Ω^{-1}) ya que se encuentra asociado de forma indirecta con la absorción del agua por los pelos radiculares de la raíz. Utilizamos las ecuaciones del modelo Lotka Volterra en las cuales existe la interacción entre ambas especies, Depredador, Presa, siendo estas las **Ec. [1.1]** y **Ec. [1.2]**

$$\frac{dN}{dt} = rN - aPN, \quad [4.2.2.3.1.3]$$

$$\frac{dP}{dt} = faPN - qP. \quad [4.2.2.3.1.3]$$

Dónde:

$P = \text{Depredador (\% } CO_2 \text{ sintetizado por la planta)}$

$N = \text{Presas (conductancia } \Omega^{-1} \text{ de la tierra de la planta)}$

$rN = e^{kt}$ (*cresimiento exponencial % CO_2 alimentacion de la GRAFICA 4.2.2.5.2*)

$fa = \text{error}$

$k = \text{capacidad de liberacion del \% } CO_2 \text{ por la obsorcion del agua (conductancia)}$

Por lo tanto nuestros resultados son;

$P = 78.08 \text{ [\%]}CO_2$

$N = 284 \text{ (} \Omega^{-1} \text{)}$

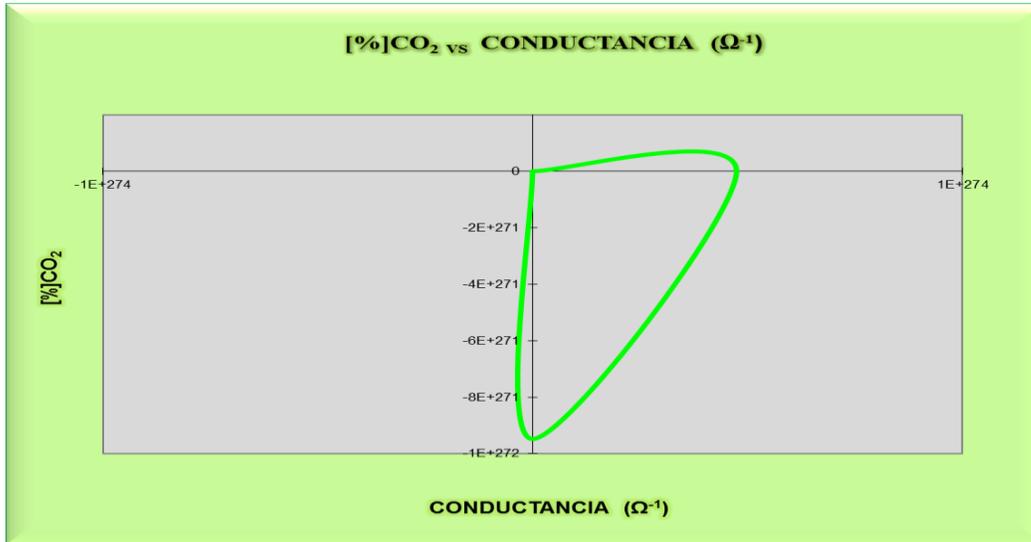
$rN = 69.52$

$fa = 0.05$

$k = 0.28$

$a = 0.00076$

$q = 5.57$



GRAFICA 4.2.2.5.4 Ciclo Limite Atractor del [%] CO₂ con Respecto a la Conductancia (Ω⁻¹).

Fuente: propia realizada en Excel

En la **GRAFICA 4.2.2.5.2** se observa ciclo limite a tractor en el cual su trayectoria corresponde a una solución periódica aislada de un sistema dinámico en cual su trayectoria evoluciona en un tiempo suficientemente largo en cual nos permite observar el ciclo de la absorción del agua (conductancia) con respecto al ciclo del % CO₂ sintetizado por la planta carnívora de la especie "*Dionaea muscipula*" durante la digestión del metabolismo del "*Tenebrio Molitor*" fase larvaria. Observando una solo una curva o ciclo debido a la cantidad de datos a diferencia de otros modelos en el que existe una comparación entre la relación modelo presa-depredador el número de ciclo es mayor. Indicándonos que efectivamente existe una relación modelo Presa- Depredador en los proceso metabólico de la digestión del "*Tenebrio molitor*" en etapa larvaria de las plantas carnívoras de la especie "*Dionaea Muscipula*" el cual ocurre en corto tiempo para posterior mente abandonar dicho comportamiento e iniciar de proceso fotosintético nuevamente.

4.3. COMPARACION DE RESULTADOS DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA” RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”.

Se realizó un análisis de varianza de las variables dependiente e independientes de la ETAPA I “PLANTA AISLADA” con respecto a la ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” del análisis experimental del proceso de aclimatación y metabólico de las plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*” de nuestra investigación con la finalidad de observar como modifican su ecosistema para poder sobrevivir.

4.3.1 ANALISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES ([%] DE HUMEDAD _[IN], TEMPERATURA _[IN], [%] CO₂, CONDUCTANCIA (Ω⁻¹)) DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA” CON RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE ACLIMATACIÓN.

El análisis de varianza del [%] de humedad _[IN] y temperatura _[IN], en el proceso de **adaptación**, realizado para la evaluación de la atmosfera interna de los sistemas invernadero, para la ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” (Planta No. 1, Planta No. 2), en comparación de la ETAPA I “PLANTA AISLADA”, de acuerdo a la TABLA 4.3.1.1, presenta los siguientes valores para el [%] de humedad _[IN]: $F_{\text{Crítico}} = 3.94$, $F_{\text{Experimental}} = 1.36$, $F_{\text{Crítico}} > F_{\text{Experimental}}$ y de acuerdo a la TABLA 4.3.1.2, nos permite determinar un valor par $F_{\text{Crítico}} = 3.94$, $F_{\text{Experimental}} = 62.34$, $F_{\text{Crítico}} < F_{\text{Experimental}}$ para la temperatura _[IN], presentado ausencia de variación significativa del [%] de humedad _[IN] en la atmósfera interna del sistema invernadero, ya que ambas etapas, requieren un ecosistema, con [%] de humedad _[IN], en un intervalo de 91 [%] – 92 [%], para el desarrollo, crecimiento y supervivencia de las plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*”, sin embargo, existe una variación significativa de la temperatura _[IN], entre ambos sistemas invernadero, siendo mayor la variación para la ETAPA I “PLANTA AISLADA”, debido a que requiere incrementar sus procesos fisiológicos de intercambio gaseoso, como son la transpiración y respiración, para lograr un equilibrio homeostático de la concentración de gases en la atmosfera interna del sistema, esto se debe a que la concentración de gases es directamente proporcional a la temperatura, ya que se genera “energía cinética” por los

movimientos de vibración del CO₂ y traslación del O₂, para la **ETAPA II “MODELO PRESA-DEPREDADOR”**, la **Planta No. 1** y la **Planta No. 2**, presentan una relación de interacción dependiente, es decir unifican sus ciclos biológicos y fisiológicos, para corroborar lo antes mencionado, se observa en la **TABLA 4.2.2.2.1** la cual nos indica que no existe variación significativa de la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, de la **Planta No. 1** con respecto a la **Planta No. 2**, por la relación de interacción dependiente, con el propósito de mantener en equilibrio homeostático los gases de la atmósfera interna, requerida para su crecimiento, desarrollo y supervivencia, el análisis de varianza para el [%] de CO₂ de la atmósfera interna del sistema invernadero de la **ETAPA II “MODELO PRESA- DEPREDADOR”** respecto a la atmósfera interna de la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, nos permite corroborar nuevamente la relación de interacción dependiente ya que en base a los resultados de los valores obtenidos: $F_{\text{Crítico}} = 3.94$, $F_{\text{Experimental}} = 25.62$, $F_{\text{Crítico}} < F_{\text{Experimental}}$, existe una variación significativa del [%] CO₂ en la atmósfera interna del sistema invernadero, siendo mayor para la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**.

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDAD	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	7.041666667	1	7.041666667	1.36595012	0.24546435	3.942303152
Dentro de los grupos	484.5833333	94	5.155141844			
Total	491.625	95				

TABLA 4.3.1.1. Análisis de Varianza de la Humedad [IN] del Sistema Invernadero de la ETAPA I “Planta Aislada” Respecto a la ETAPA II “Modelo Presa – Depredador”. **Fuente:** propia realizada en Excel.

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDAD	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	48.84193359	1	48.84193359	62.34743952	5.27258E-12	3.942303152
Dentro de los grupos	73.63801615	94	0.78338315			
Total	122.4799497	95				

TABLA 4.3.1.2. Análisis de Varianza de la Temperatura [IN] del Sistema Invernadero de la ETAPA I “Planta Aislada” Respecto a la ETAPA II “Modelo Presa – Depredador. Fuente: propia realizada en Excel.

4.3.2. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES [TEMPERATURA [IN], [%] DE HUMEDAD [IN], [%] CO₂, CONDUCTANCIA (Ω⁻¹)] DE LA ETAPA I “PLANTA AISLADA” CON RESPECTO A LA ETAPA II “MODELO PRESA – DEPRDADOR” DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL PROCESO METABÓLICO.

Se realizó un análisis de varianza del [%] de humedad [IN], la temperatura [IN] y el [%] CO₂, en el proceso **Metabólico**, realizado para la evaluación de la atmosfera interna de los sistemas invernadero, para la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPRDADOR” (Planta No.1, Planta No.2)**, en comparación de la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”** el [%] de humedad [IN], de acuerdo a la **TABLA 4.3.2.1.** Presenta los siguientes valores: **F_{Crítico} = 3.94, F_{Experimental} = 166.39, F_{Crítico} < F_{Experimental}**, la **TABLA 4.3.2.2.** para la temperatura [IN] muestra los siguientes valores **F_{Crítico} = 3.94, F_{Experimental} = 55.56, F_{Crítico} < F_{Experimental}**, existe una variación significativa de [%] de humedad [IN], temperatura [IN], en ambos sistemas invernadero, siendo mayor la variación del [%] de humedad [IN] y de temperatura [IN], para la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, debido a que se encuentra en el proceso metabólico, ciclo de Krebs, el cual, sintetiza energía libre (NADPH,ATP) y CO₂, para acoplarse a distintos procesos biológicos, Ciclo de Calvin, Glucolisis, Síntesis de proteínas, y fisiológicos ,respiración, transpiración, los cuales, también incrementan, por lo que, la irritabilidad de planta carnívora aislada, genera un mecanismo de autorregulación, para mantener el equilibrio homeostático del

intercambio gaseoso, por cada molécula de CO₂ que ingresa al interior de la hoja a través de los estomas, utilizada para la fotosíntesis, se libera una molécula de vapor de H₂O, lo que permite la “refrigeración” de la hoja y la captación de agua por su sistema de raíces, los movimientos de rotación o vibración del CO₂, CH₄, y de traslación del O₂, producen “energía cinética”, asociada a la variación de la temperatura [IN] y el vapor de H₂O, resultando un cambio significativo de [%] de humedad [IN], en la atmósfera interna del sistema invernadero, en comparación de la **ETAPA II “MODELO PRESA- DEPREDADOR”**, donde ambas plantas carnívoras (**Planta No. 1, Planta No.2**), presentan una relación de interacción dependiente, es decir, unifican sus ciclos biológicos y fisiológicos, para mantener en equilibrio homeostático su atmósfera interna, por lo que el análisis de varianza del [%] CO₂ correspondiente a la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR ” (Planta No. 1, Planta No.2)**, donde se evalúan dos plantas carnívoras que están llevando a cabo el proceso metabólico, con respecto la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, los valores de los resultados obtenidos presentes en la **TABLA 4.3.2.3** para: el [%] CO₂ : **F Crítico = 3.94, F Experimental = 13.15, F Crítico < F Experimental**, corroborando la existencia de variación significativa del [%] CO₂ en la atmósfera interna, siendo mayor la variación en el sistema invernadero de la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”**, respecto a la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, donde únicamente se evalúa el [%] CO₂ sintetizado en el metabolismo de la Planta carnívora individual.

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDAD	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	86.26041667	1	86.26041667	166.398888	1.62523E-22	3.942303152
Dentro de los grupos	48.72916667	94	0.51839539			
Total	134.9895833	95				

TABLA 4.3.1.2. Análisis de Varianza de la Temperatura [IN] del Sistema Invernadero de la ETAPA I “Planta Aislada” Respecto a la Etapa II “Modelo Presa – Depredador **Fuente:** propia realizada en Excel.

ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDAD	VALOR CRÍTICO PARA F
Entre grupos	50.34406667	1	50.34406667	55.5912063	4.3476E-11	3.942303152
Dentro de los grupos	85.12753333	94	0.905612057			
Total	135.4716	95				

TABLA 4.3.2.2. Análisis de Varianza de la Temperatura [IN] del Sistema Invernadero en el Proceso Metabólico de la ETAPA I “Planta Aislada” Respecto a la Etapa II “Modelo Presa – Depredador”.

Fuente: propia realizada en Excel.

CAPITULO V

CONFRONTACION DEL FUNDAMENTO HIPOTETICO.

***“LAS CIENCIAS APLICADAS NO EXISTEN, SOLO LAS APLICACIONES DE
LA CIENCIA”.***

Louis Pasteur.

5. CONFRONTACION DEL FUNDAMENTO HIPOTÉTICO.

En la presente tesis se utilizó un método inductivo e indirecto, para la determinación del [%] CO₂, eliminado en la atmósfera interna del sistema invernadero, durante el proceso metabólico de “*Tenebrio molitor*”, en fase larvaria que tiene un valor nutrimental de proteína como única fuente disponible de nitrógeno, para la síntesis de energía libre (NADPH y ATP) en la etapa catabólica, del metabolismo (*Ciclo de Krebs: Acetil – CoA + 3NAD + FAD + GDP + Pi → CoA – AS + 3NADH + FADH₂ + GTP + 2CO₂*), El análisis de CO₂ se determinó, con el uso del sensor CO₂ ($\lambda_{\text{Máxima}} = 4.26 \mu\text{n}$), acoplado a un multímetro con interface para PC (MUL - 600), mediante la detección de la variación del potencial eléctrico, a través de la ecuación de la recta, de la curva de calibración (GRÁFICA 4.1.1) se obtuvo el [%] CO₂, debido a que nos representa gráficamente la señal de medición correspondiente al potencial eléctrico como función del [%] CO₂, indicando que para el uso de nuestro sensor de CO₂, el límite de detección; 10 [%] CO₂, 0.01 V y el límite de cuantificación; 90 [%] CO₂, 1.39 V. Permittiéndonos, Determinar la relación funcional existente entre el proceso fotosintético y metabólico, en base al [%] CO₂, sintetizado por las plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*”, a través de la digestión del “*Tenebrio molitor*”, en etapa larvaria, liberado a la atmósfera interna del sistema invernadero, además de su interacción, con el modelo Presa – Depredador, la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, asociada de forma indirecta con la absorción de agua, por los pelos radiculares de la raíz de la plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*”, la cual se requiere para llevar a cabo el proceso fotosintético ($6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{luz} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$), La **Planta No. 1** y la **Planta No. 2**,

de la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPRDADOR ”** presentan una relación de interacción dependiente, es decir unifican sus ciclos biológicos y fisiológicos, para corroborar lo antes mencionado, se realizó un análisis de varianza para la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra del proceso de adaptación de la **Planta No. 1** respecto a la **Planta No. 2** de la **ETAPA II**. Asociada de forma indirecta con la absorción de agua, por los pelos de la raíz, requerida para llevar a cabo la fotosíntesis, además del CO₂, que por cada molécula que ingresa al interior de la hoja a través del estoma, se libera una molécula de vapor de H₂O, la cual, modifica el [%] de humedad [IN] los resultados de los datos obtenidos se presentan en la **TABLA 4.2.2.1** para: **F Crítico = 3.94**, **F Experimental = 0.54**, **F Crítico > F Experimental**, concluyendo que no existe variación significativa de la

conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, de la **Planta No. 1** con respecto a la **Planta No. 2**, por la relación de interacción dependiente, con el propósito de mantener en equilibrio homeostático los gases de la atmósfera interna, requerida para su crecimiento, desarrollo y supervivencia, Se llevo a cabo la prueba del error normalizado del [%] humedad $_{[IN]}$ respecto al [%] humedad $_{[OUT]}$ del sistema invernadero, para determinar la existencia de una variación significativa del [%] de humedad $_{[IN]}$, por el incremento de vapor de agua, liberado en la atmosfera interna del sistema invernadero, por el proceso de transpiración, debido a que las plantas se encuentra en la etapa de “adaptación” y así crear su propia atmosfera en base al [%] humedad $_{[IN]}$ y temperatura $_{[IN]}$ adecuadas para su supervivencia La **Ec. (4.2.2.1)**; presenta un Error Normalizado del [%] humedad $_{[IN]}$ respecto a [%] humedad $_{[OUT]}$ de la atmosfera del sistema invernadero es: $\varepsilon = 10.76$, por lo que $\varepsilon > 2$, presentado una variación significativa del [%] de humedad $_{[IN]}$ ya que por cada molécula de CO_2 utilizado para llevar acabo la fotosíntesis, Que ingresa al interior de la hoja a través de las estomas, ésta libera una molécula de vapor de H_2O . Garantizando que nuestro análisis experimental, se está llevando a cabo en un sistema aislado, por el incremento de la liberación de vapor de agua, en el proceso de transpiración, ya que las plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*”, se encuentran en la etapa de adaptación, teniendo como principal objetivo generar una atmosfera adecuada para su crecimiento, desarrollo y supervivencia, la cual, en base a los resultados del gráfico de Levey Jennings, la humedad $_{[IN]}$ se encuentra en un intervalo de 91 [%] – 92 [%]. El análisis de varianza del [%] de humedad $_{[IN]}$ y temperatura $_{[IN]}$, en el proceso de **adaptación**, realizado para la evaluación de la atmosfera interna de los sistemas invernadero, para la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”** (**Planta No. 1, Planta No. 2**), en comparación de la **ETAPA I** “Planta Aislada, de acuerdo a la **TABLA 4.3.1.1**, presenta los siguientes valores para el [%] de humedad $_{[IN]}$: $F_{Crítico} = 3.94$, $F_{Experimental} = 1.36$, $F_{Crítico} > F_{Experimental}$ y de acuerdo a la **TABLA 4.3.1.2**, nos permite determinar un valor para $F_{Crítico} = 3.94$, $F_{Experimental} = 62.34$, $F_{Crítico} < F_{Experimental}$ para la temperatura $_{[IN]}$, presentado ausencia de variación significativa del [%] de humedad $_{[IN]}$ en la atmósfera interna del sistema invernadero, ya que ambas etapas, requieren un ecosistema, con [%] de humedad $_{[IN]}$, en un intervalo de 91 [%] – 92 [%], en los sistemas invernadero, para el desarrollo, crecimiento y supervivencia de las plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*”, sin embargo, existe una variación significativa de la temperatura $_{[IN]}$, entre ambos sistemas invernadero, siendo mayor la variación para la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, debido a que requiere incrementar sus procesos fisiológicos de intercambio gaseoso,

como son la transpiración y respiración, para lograr un equilibrio homeostático de la concentración de gases en la atmosfera interna del sistema, esto se debe a que la concentración de gases es directamente proporcional a la temperatura, ya que se genera “energía cinética” por los movimientos de vibración del CO_2 y traslación del O_2 , para la **ETAPA II “MODELO PRESA- DEPREDADOR”**, la **Planta No. 1** y la **Planta No. 2**, presentan una relación de interacción dependiente, es decir unifican sus ciclos biológicos y fisiológicos, para corroborar lo antes mencionado, se observa en la **TABLA 4.2.2.2.1** la cual nos indica que no existe variación significativa de la conductancia (Ω^{-1}) de la tierra, de la **Planta No. 1** con respecto a la **Planta No.2**, por la relación de interacción dependiente, con el propósito de mantener en equilibrio homeostático los gases de la atmósfera interna, requerida para su crecimiento, desarrollo y supervivencia, el análisis de varianza para el [%] de CO_2 de la atmósfera interna del sistema invernadero de la **ETAPA II “MODELO PRESA- DEPREDADOR”** respecto a la atmósfera interna de la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, nos permite corroborar nuevamente la relación de interacción dependiente ya que en base a los resultados de los valores obtenidos: $F_{\text{Crítico}} = 3.94$, $F_{\text{Experimental}} = 25.62$, $F_{\text{Crítico}} < F_{\text{Experimental}}$, existe una variación significativa del [%] CO_2 en la atmósfera interna del sistema invernadero, siendo mayor para la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**. Las planta carnívora de la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”** fue alimentada a las 10:00 a.m y las plantas carnívoras de la **ETAPA II “MODELO PRESA - DEPREDADOR”** se alimentaron a las 6:00 p.m. Se realizó un análisis de varianza del [%] de humedad [IN], la temperatura [IN] y el [%] CO_2 , en el proceso **Metabólico**, realizado para la evaluación de la atmosfera interna de los sistemas invernadero, para la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” (Planta No. 1, Planta No. 2)**, en comparación de la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”** el [%] de humedad [IN], de acuerdo a la **TABLA 4.3.2.1**. Presenta los siguientes valores: $F_{\text{Crítico}} = 3.94$, $F_{\text{Experimental}} = 166.39$, $F_{\text{Crítico}} < F_{\text{Experimental}}$, la **TABLA 4.3.2.2**. para la temperatura [IN] muestra los siguientes valores: $F_{\text{Crítico}} = 3.94$, $F_{\text{Experimental}} = 55.56$, $F_{\text{Crítico}} < F_{\text{Experimental}}$, existe una variación significativa del [%] de humedad[IN], temperatura [IN], en ambos sistemas invernadero, siendo mayor la variación del [%] de humedad [IN] y de temperatura [IN], para la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, debido a que se encuentra en el proceso metabólico (ciclo de Krebs), el cual, sintetiza energía libre (**NADPH,ATP**) y CO_2 , para acoplarse a distintos procesos biológicos, Ciclo de Calvin, Glucolisis, Síntesis de proteínas, y fisiológicos, respiración, transpiración, los cuales, también incrementan,

por lo que, la irritabilidad de planta carnívora aislada, genera un mecanismo de autorregulación, para mantener el equilibrio homeostático del intercambio gaseoso, por cada molécula de CO₂ que ingresa al interior de la hoja a través de los estomas, utilizada para la fotosíntesis, se libera una molécula de vapor de H₂O, lo que permite la “refrigeración” de la hoja y la captación de agua por su sistema de raíces, los movimientos de rotación o vibración del CO₂, CH₄, y de traslación del O₂, producen “energía cinética”, asociada a la variación de la temperatura [IN] y el vapor de H₂O, resultando un cambio significativo de [%] de humedad [IN], en la atmósfera interna del sistema invernadero, en comparación de la **ETAPA II “MODELO PRESA- DEPREDADOR”**, donde ambas plantas carnívoras (**Planta No. 1, Planta No. 2**), presentan una relación de interacción dependiente, es decir, unifican sus ciclos biológicos y fisiológicos, para mantener en equilibrio homeostático su atmósfera interna, por lo que el análisis de varianza del [%] CO₂ correspondiente a la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR” (Planta No. 1, Planta No.2)**, donde se evalúan dos plantas carnívoras que están llevando a cabo el proceso metabólico, con respecto la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, los valores de los resultados obtenidos presentes en la **TABLA 4.3.2.3** para el [%] CO₂: $F_{\text{Crítico}} = 3.94$, $F_{\text{Experimental}} = 13.15$, $F_{\text{Crítico}} < F_{\text{Experimental}}$, corroborando la existencia de variación significativa del [%] CO₂ en la atmósfera interna, siendo mayor la variación en el sistema invernadero de la **ETAPA II “MODELO PRESA – DEPREDADOR”**, respecto a la **ETAPA I “PLANTA AISLADA”**, donde únicamente se evalúa el [%] CO₂ sintetizado en el metabolismo de la Planta carnívora individual. El **GRAFICO 4.2.2.5.2.** presenta un ciclo limite a tractor el cual presenta la interacción de [%] CO₂ sintetizado por las plantas carnívoras “*Dionaea muscipula*” y la conductancia de la tierra que se encuentra asociada de forma indirecta con la absorción del agua, la cual nos permite la aceptación de nuestra hipótesis planteada en la presente investigación siendo la siguiente, En el proceso metabólico las plantas carnívoras “*Dionaea Muscipula*” establecen una relación modelo Presa – Depredador, en los parámetros (0,0), del ciclo límite a tractor, los cuales, ocurren en corto tiempo, para posteriormente abandonar dicho comportamiento e iniciar su proceso fotosintético.

5.1 TRABAJO A FUTURO

De acuerdo a la **GRÁFICA 4.4.1** la cual establece una relación modelo presa-depredador en el proceso digestivo de las plantas carnívora de la especie "*Dionae Muscipula*" en la cual el análisis experimental se llevó a cabo con dos plantas en la que los resultados obtenidos nos presentan un solo ciclo (curva) en el sistema a diferencia de otros modelos en los cuales existe una compensación entre la relación presa-depredador debido a que el número de ciclos es mayor por lo que sugiriendo incrementar el número de plantas para determinar si el número de ciclos es directamente o inversamente proporcional al número de plantas.

En base a la literatura, en el periodo de mayo y junio las plantas carnívoras de la especie "*Dionaea Muscipula*" florece por lo tanto sus procesos biológicos, fotosíntesis, metabolismo, respiración y transpiración, disminuyen, por lo que se sugiere llevar a cabo un análisis experimental para la determinación de las variables dependientes e independientes y realizar un análisis de varianza para comparar los resultados obtenidos del análisis experimental de agosto a octubre y poder corroborar lo reportado en la literatura.

Realizar un análisis de caracterización y cuantificación de las enzimas presentes, liberadas en el proceso metabólico mediante el método de espectrofotometría de masa y de manera alterna la determinación del porcentaje de CO₂, para corroborar el proceso metabólico mediante un análisis químico y fisiológico de la planta.

5.2 CONCLUSIÓN

En base a la metodología utilizada nos permitió llevar a cabo la determinación de la relación funcional entre el proceso fotosintético y metabólico, en base al [%] CO₂ sintetizado por las plantas carnívoras "*Dionaea Muscipula*" a través de la digestión de la larva de "*Tenebrio molitor*" el cual posee un valor nutricional 50 % , liberado en la atmosfera interna del sistema invernadero. De acuerdo a los datos obtenidos en la **GRAFICA 4.2.2.5.1**, presentan un comportamiento oscilatorio de forma exponencial siendo esta una característica del modelo Presa- Depredador, permitiendo realizar un ajuste sinusoidal para el [%] CO₂ sintetizado por las plantas carnívoras "*Dionaea Muscipula*" con respecto al tiempo en su proceso de adaptación, obteniendo la siguiente ecuación [4.2.2.5.1.1] en la cual, se observa que para él [%] CO₂ sintetizado en la etapa de adaptación existe un efecto oscilatorio determinado como se puede observar en la **GRAFICA 4.2.2.5.2** y en la **GRAFICA 4.2.2.5.3**, se observa más preciso el comportamiento oscilatorio ya que la planta está llevando a cabo sus ciclos biológicos, siendo estos la absorción y transporté de H₂O y sales minerales desde la raíz al xilema, por las células especializadas llamadas pelos absorbentes, los cuales, son encontrados en la piliferia de la raíz, sufren una evaginación, la cual, aumenta la absorción para atravesar los tejidos de la raíz hasta llegar al xilema conduciéndolo al aparato fotosintético y así llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis, este ciclo ocurriendo en un transcurso de 2 horas. Para el proceso metabólico obtuvimos la **GRAFICA 4.2.2.5.3** que nos permite observar que él [%] CO₂ sintetizado por la plantas carnívoras respecto al tiempo en su proceso metabólico presenta pequeñas oscilaciones, estas se deben a que la plantas se encuentra en su proceso metabólico ante la ingesta de una larva de "*Tenebrio molitor*". En la cual, el [%] CO₂ aumenta de forma exponencial debido a que la planta comienza la secreción del flujo digestivo libera las enzimas peroxidasas, B- 1,3 glucanasa, Dionain I y Dionain II, quintinasa, Dionaeasina-2 y Aspartato proteinasa que actúan en la degradación del insecto permitiendo que la planta absorba los nutrientes. Y en la **GRAFICA 4.2.2.5.2** se observa ciclo limite a tractor en el cual su trayectoria corresponde a una solución periódica aislada de un sistema dinámico en cual, su trayectoria evoluciona en un tiempo suficientemente largo permitiendo observar el ciclo de la absorción del agua (conductancia) con respecto al ciclo del % CO₂ sintetizado por la planta carnívora de la especie "*Dionaea muscipula*" durante la digestión del metabolismo del "*Tenebrio Molitor*" fase larvaria. Observando una sola una curva o ciclo debido a la cantidad de datos a

diferencia de otros modelos en el que existe una comparación entre la relación modelo Presa- Depredador el número de ciclo es mayor. Indicándonos que efectivamente establecen una relación modelo Presa- Depredador en los proceso metabólico de la digestión del "*Tenebrio molitor* " en etapa larvaria de las plantas carnívoras de la especie "*Dionaea Muscipula* ",el cual ocurre en corto tiempo para posterior mente abandonar dicho comportamiento e iniciar de proceso fotosintético nuevamente. Por lo tanto se cumple el planteamiento de nuestra hipótesis; en el proceso metabólico las plantas carnívoras "*Dionaea Muscipula*" establecen una relación modelo Presa- Depredador en los parámetros (0,0) del ciclo limite atractor, los cuales ocurren en corto tiempo, para posterior mente abandonar dicho comportamiento e iniciar su proceso fotosintético, La cual, es aceptada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. *Dionaea Muscipula. Die Venusfliegenfalle.* [Online] [Cited: agosto 30, 2013.] <http://www.drosophyllum.com/deutsch/dionaea.htm>.
2. The Nature Conservancy. *Venus Flytrap.* [Online] [Cited: Agosto 30, 2013.] <http://www.nature.org/ourinitiatives/regions/northamerica/unitedstates/northcarolina/explore/venus-flytrap-brochure.pdf>.
3. *Venus Flytrap (Dionaea Muscipula) Contains Powerful Compounds that Prevent and Cure Cancer.* **Francois Gasscht, Mario Dicota, Marc Diederich.** 202, Agosto 20, 2013, oncol fontral, Vol. 3. PMID: PMC3747514.
4. Venus Atrapamoscas. [Online] Abril 12, 2008. [Cited: Agosto 29, 2013.] <http://dionaeamuscipula-venus.blogspot.mx/>.
5. eHOW en español. *UTEL univercity.* [Online] [Cited: Agosto 30, 2013.] http://www.ehowenespanol.com/estacion-florece-atrapamoscas-venus-info_407152/.
6. Biomimetic Venus Flytrap (Dionaea Muscipula) made with (IPMCs). *Biomedical Engineering Laboratory, Mechanical Engineering Department University of Maine, Orono, Maine, USA.* [Online] Agosto 26, 2013. [Cited: Septiembre 10, 2013.] http://bamn2013.org/data/PlenaryLecture_Shahinpoor.pdf.
7. **Jürgen Kreuzwieser, 1,* Ursel Scheerer, 1 Jörg Kruse, 1 Tim Burzlaff, 2 Anne Honsel, 1, † Saleh Alfarraj, 3 Plamen Georgiev, 4 Jörg-Peter Schnitzler, 5 Andrea Ghirardo, Ines Kreuzer, Rainer Hedrich, and Heinz Rennenberg.** *Journal of Experimental Botany. The Venus flytrap attracts insects by the release of volatile organic compounds.* [Online] 2014.
8. **J. Scala, K. Iott, D. W. Schwab, and F. E. Semersky.** *Planet Physiology (American Society of Plant Biologists). Digestive Secretion of Dionaea muscipula (Venus's Flytrap).* [Online] Marzo 1969. [Cited: Septiembre 18, 2013.] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC396093/>. PMC396093.
9. **Waltraud X. Schulze, Kristian W. Sanggaard, [...], and Jan J. Enghild.** *Molecular & Cellular Proteomics : MCP American Society for Biochemistry and Molecular Biology. The Protein Composition of the Digestive Fluid from the Venus Flytrap Sheds Light on Prey Digestion Mechanisms.* [Online] noviembre 2012. [Cited: septiembre 19, 2013.] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3494193/#!po=38.2353>.
10. **Gene Mascoli, JD.** *ScienceIQ.com. Man-Eating Plants.* [Online] [Cited: Agosto 29, 2013.] <http://www.scienceiq.com/facts/manEatingplants.cfm>.
11. *Ciencias de la Tierra y Medioambientales . factores abióticos .* [Online] [Cited: Octubre 10, 2013.] http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//2500/2637/html/21_factores_abiticos.html.

12. Ministry of Agriculture and Food. *Carbon Dioxide In Greenhouses*. [Online] [Cited: Octubre 24, 2013.] <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/00-077.htm>.
13. **M. BASURTO SOTELO, A. NÚÑEZ BARRIOS, R. PÉREZ LEAL R. y O. A. HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ.** Fisiología del Estrés abiental de las plantas . *facultad de Ciencias Agrotecnología/ Univercidad Autonoma de Chihuahua*. [Online] Octubre 2008. [Cited: octubre 23, 2013.] http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2009/04/27/Fisiologia_%20del_estres_ambiental_en_plantas.pdf.
14. **Ing. Ana María Gonzalez, Dr. Jorge S. Raisman, Lic. Marisa Aguirre.** HORMONAS DE LAS PLANTAS. [Online] Octubre 1999. [Cited: Octubre 24, 2013.] <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/auxinas.htm>.
15. [Online] [Cited: Noviembre 13, 2013.] www.bioygeo.info/pdf/fotosintesis.pdf.
16. BOTANICAL. [Online] [Cited: Noviembre 19, 2013.] <http://www.botanical-online.com/fotosintesis>.
17. Colegio de Santo Domingo. *Departamento del CCNN*. [Online] [Cited: Noviembre 23 , 2013.] <http://kokemj.webcindario.com/biologia%20%20bach/cloroplastos.pdf>.
18. LibroBotanicalOnLine. [Online] [Cited: 29 Noviembre, 2013.] <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/fotosintesis/>.
19. *Fotosintesis* . [Online] [Cited: Noviembre 29, 2013.] <http://labiotrop.weebly.com/uploads/1/0/8/7/10876103/fotosintesis.pdf>.
20. **J.Monza, S.Signorelli, O.Borsani y M.Sainz.** [Online] [Cited: Noviembre 10 , 2013.] <http://www.fagro.edu.uy/~bioquimica/docencia/material%20nivelacion/FOTOS%CDNTESIS.pdf>.
21. **Carril, Elena Pérez- Urril.** Serie Fisiología Vegetal. [Online] 2009. [Cited: Octubre 29, 2013.] http://eprints.ucm.es/9233/1/Fisiologia_Vegetal_Aspectos_basicos.pdf. ISSN: 1989-3620 .
22. Molecular importal. [Online] [Cited: Octubre 24, 2013.] <http://inmortaldna.com/LMI/blog/2011/03/12/la-fotorrespiracion/>.
23. **López, César Teijón.** METABÓLISMO. *BIOQUÍMICA METABÓLICA*. s.l. : Tebar de Casa Editorial Mares, S.L.
24. **Dios, Aurora Hilda Ramírez-Pérez y Silvia E. Buntinx.** METABÓLISMO DE CARBOHIDRATOS, LÍPIDOS Y PROTEÍNAS . *departamento de nutrición animal y biológica* . [Online] [Cited: Enero 9, 2014.] http://amaltea.fmvz.unam.mx/textos/alimenta/MET_CHO_LIP_PRO2.pdf.
25. Clínica de zonoterapia. [Online] [Cited: Enero 8, 2014.] http://www.naturalmed.es/efectos_beneficiosos.html.
26. EPA(Educación Permanete de Adultos). *Metabolismo Celular* . [Online] Marzo 2011. [Cited: Enero 9, 2014.] <http://www.cepamarm.es/documentos/AU25-ESG-Metabolismo%20celular.pdf>.

27. **Sarah Benyon, J.ON.R.** *LO ESENCIAL EN EL METABOLISMO Y NUTRICION*. España : s.n., 2003.
28. **Javier.** Asociación España de Plantas Carnivoras. *Cephalotus (Género)*. [Online] Marzo 24, 2010. [Cited: Diciembre 21, 2013.] <http://www.daepc.org/portal/kb.php?mode=article&k=36>.
29. Old World Pitcher Plants. *Familia Nepenthaceae*. [Online] [Cited: Diciembre 23, 2013.] <http://conabio.inaturalist.org/taxa/52647-Nepenthaceae>.
30. Diversidad Vegetal. *Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensuales*. [Online] [Cited: diciembre 27, 2013.] <http://exa.unne.edu.ar/biologia/diversidadv/documentos/ANGIOSPERMAS/Core%20Eudicotiled%F3neas%20Basales/Nepenthaceae.pdf>.
31. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. **Silvia Espinosa Matías, Sergio Zamudio, Judith Márquez Guzmán**. 76, Mexico : s.n., 2005. 0366-2128.
32. Genlisea, Planta de sacacorchos. *Genlisea spp.* [Online] [Cited: Enero 3, 2014.] <http://fichas.infojardin.com/plantas-carnivoras/genlisea-planta-sacacorchos.htm>.
33. **Ruíz, Sergio Zamudio.** FLORA DEL BAJÍO Y DE REGIONES ADYACENTES. [Online] Noviembre 2005. [Cited: Enero 5, 2014.] <http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOBA/Lentibulariaceae-136.pdf>.
34. *Revista de Biología Tropical*. **Pacheco, Elizabeth Gordon y Sergio**. 3-4, Caracas Venecuela : s.n., 2007, Vol. 55. 0034-7744.
35. Infojardín . [Online] [Cited: Enero 2, 2014.] <http://fichas.infojardin.com/plantas-carnivoras/pinguicula-grasillas.htm>.
36. ENCICLOPEDIA BRITANNICA. [Online] Agosto 20, 2012. [Cited: Enero 2, 2014.] <http://global.britannica.com/EBchecked/topic/524484/Sarraceniaceae>.
37. Plantas Carnívoras de la Ciudad de México. [Online] [Cited: Enero 3, 2014.] <http://laguz.jimdo.com/fichas-de-especies/sarraceniaceae/>.
38. Alimento Vivo Para Nuestros Pajaros de Fauna Europa. [Online] [Cited: octubre 20, 2013.] <http://www.focdc.es/alimentacion.pdf>.
39. **Ibañes, Vicente.** Gusano de Harina . *diamantemandarin.es* . [Online] [Cited: Noviembre 20, 2013.] <http://diamantemandarin.es/general/alimentacion/alimentovivo/gusano-de-la-harina/>.
40. *CONTENIDO DE VITAMINAS EN ALGUNOS INSECTOS COMESTIBLES EN MEXICO*. **Julieta Ramos Elorduy, José M.** 002, Mexico : 21 de Juno del 2001, 2001, Vol. 45.
41. *¿ Como modifica su ecosistema una sola planta carnivora "Nepenthes alata" ?* **Gabino Estevez Delgado, Joaquin Estevez Delgado, Lleraldin Juarez Ayala, Claudia Hernadez Villaseñor.** s.l. : en Memorias de la

Participación de la Mujer en la Ciencia, Centro de Investigación en Óptica, Facultad de Química Farmacobiología y Facultad de Fisicomatemáticas de la UMSNH, 2014.

42. Modelo Presa-Depredador . *teofirm2010*. [Online] [Cited: Enero 9, 2014.]

<http://teofirm2010.wikispaces.com/Modelo++Depredador+Presa>.

43. **Torres, María Eugenia**. Universidad Nacional de Entre Ríos. [Online] Mayo 2006. [Cited: febrero 1, 2014.] http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/mate3/Apuntes/cicloLimite_2006.pdf.

44. Noticias de la Ciencia y Tecnología. *Plantas Carnívoras (Charles Darwin)*. [Online] Julio 13, 2012. [Cited: Enero 20, 2014.]

[http://noticiasdelaciencia.com/not/4702/plantas_carnivoras__charles_darwin_/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+NoticiasDeLaCienciaYLaTecnologia+\(Noticias+de+la+Ciencia+y+la+Tecnologia\)](http://noticiasdelaciencia.com/not/4702/plantas_carnivoras__charles_darwin_/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+NoticiasDeLaCienciaYLaTecnologia+(Noticias+de+la+Ciencia+y+la+Tecnologia)).

45. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad de Veracruz*. **R., Silvestre A. Hernández R y Mirian Licóna**. 3, Veracruz : s.n., 2004, Vol. XVII.

46. *A spectacular new species of Nepenthes L. (Nepenthaceae) pitcher plant from central Palawan, Philippines*. **Alastair S. ROBINSON, ANDREAS S. FLEISCHMANN, STEWART R. MCPHERSON, VOLKER B. HEINRICH, ELIZABETH P. GIRONELLA, Clemencio P. PEÑA**. 2, s.l. : 27 de febrero 2009, Vol. 159. 195-202.

47. the IUCN Red List of Threatened Species. *Nepenthes attenboroughii*. [Online] [Cited: Enero 18, 2014.]

<http://www.iucnredlist.org/details/159126/0>.

48. BB Ciencia. *Planta carnívora que come ratas*. [Online] Agosto 18, 2009. [Cited: Enero 20, 2014.]

http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia/2009/08/090818_planta_carnivora_men.shtml. 15:56 GMT.

49. **Sanz, Elena**. Muy interesante . *Planta Coprófaga de Borneo*. [Online] Marzo 15, 2010. [Cited: Enero 4, 2014.] <http://www.muyinteresante.es/naturaleza/articulo/la-planta-coprofaga-de-borneo>.

50. Departamento de matemáticas . *Ley de Malthus*. [Online] [Cited: enero 2, 2013.]

<http://matematicas.unex.es/~fsanchez/calculo/3-02.pdf>.

51. **Delgado, M.C Gabino Estevez**. MODELOS DEL COMPORTAMIENTO FOTOSINTÉTICO Y METABÓLICO DE "Nepenthes alata" EN PERIODOS CRITICOS. [book auth.] María de Jesús Juárez Aayala. Morelia : s.n., 2012.