



**Evaluación de dos sustratos principales y un drenante en la aclimatación de vitro plantas de venus
atrapamoscas (*Dionaea muscipula*)**

Cifuentes Ilbay, María Cristina

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

15 de agosto del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Evaluación de dos sustratos principales y un drenante en la aclimatación de vitro plantas de venus atrapamoscas (*Dionaea muscipula*)**, fue realizado por el/la señorita: **Cifuentes Ilbay, María Cristina**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de agosto del 2023



PABLO ANÍBAL
LANDÁZURI ABARCA

.....
Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

C.C 1708262348

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



CIFUENTES ILBAY MARÍA CRISTINA TT....

Scan details

Scan time: August 15th, 2023 at 17:44 UTC
Total Pages: 48
Total Words: 11919

Plagiarism Detection

7.5%

Types of plagiarism	Words
Identical	3.3% 396
Minor Changes	1.3% 158
Paraphrased	2.9% 341
Omitted Words	0% 0

AI Content Detection

N/A
Text coverage: AI text, Human text

Plagiarism Results: (80)

🌐 **Análisis proximal, características fisicoquímicas y a...** 0.8%
http://www.scieo.org/press/doi.php?script=nl_article?id=154145...
Servicios Personalizados Revista SciELO Analytics Google Scholar HSMS ...

📄 **Formatosdocumentosarticulosacademicos2020.docx** 0.7%
<https://pib-ogimura-el.com/edu/escrp-content/uploads/2021/...>
Yamberia
[image:] DEPARTAMENTO DE... CARRERA DE... CERTIFICACIÓN Certifico que el artículo académico "Título" fue realizado por el/los señor...

📄 **Formatosdocumentosmonografias2020.docx** 0.7%
<https://pib-ogimura-el.com/edu/escrp-content/uploads/2021/...>
Yamberia
[image:] DEPARTAMENTO DE... CARRERA DE... CERTIFICACIÓN Certifico que la monografía, "Título" fue realizado por el/los señor/señores...



Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

C.C 1708262348



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, Cifuentes Ilbay, María Cristina, con cédula de ciudadanía No.1725242059, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Evaluación de dos sustratos principales y un drenante en la aclimatación de vitro plantas de venus atrapamoscas (*Dionaea muscipula*)**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 15 de agosto del 2023

Cifuentes Ilbay, María Cristina

C.C 1725242059



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, Cifuentes Ilbay, María Cristina, con cédula de ciudadanía No.1725242059 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: Evaluación de dos sustratos principales y un drenante en la aclimatación de vitro plantas de venus atrapamoscas (*Dionaea muscipula*) en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 15 de agosto del 2023

Cifuentes Ilbay, María Cristina

C.C 1725242059

Dedicatoria

A Dios por seguirme dando la oportunidad de vida.

A mi madre Mirian Ilbay y a mi padre Alfredo Cifuentes por estar a mi lado, por su preocupación y entendimiento, por sus consejos, su perseverancia, su paciencia, por apoyarme en mi formación y por cada día estar pendiente de mi bienestar.

A mis hermanos Erick y Alecksey por su amor y compañía.

A Gladys Olivo, Tania Cifuentes, Julio Ilbay, Graciela Arévalo y Jacqueline Ilbay por sus consejos y por siempre estar pendientes de mí.

A toda mi familia por su cariño.

A David por su amor incondicional y compañía durante toda mi carrera universitaria, y a su familia por su apoyo.

A los docentes de la Carrera: Ing. Pablo Landázuri, Ing. Marcelo Arce, Ing. Miguel Tipán, y la Ing. Patricia Falconí por su amistad y acompañamiento durante mis estudios; y a ex docentes: Ing. Norman Soria y al Ing. Juan Tigrero por haber dejado huella en mi formación.

A mi mentor, al Dr. Patricio Pérez, por su amistad, su apoyo incondicional, sus consejos, por ser un excelente profesional y mi más grande ejemplo.

A mis amigos Benjamín Ponce, Daniela Buitrón, Antonio Gualle, Alejandro Polit, Paulina Valencia y Miguel Aucay por enseñarme el valor de la amistad.

Al Club Chacareros IASA, por afianzar mi pasión por el agro.

Cifuentes Ilbay María Cristina

Agradecimientos

A la Universidad de las Fuerzas Armadas y a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria por permitirme formar parte de sus distinguidos profesionales.

A la empresa Agriobiotech, al Ing. Pablo Landázuri y a su señora esposa la Ing. Patricia Sandoval, por abrirme las puertas de su empresa y brindarme todo el apoyo para poder realizar este proyecto, a la Señora Alexandra Castillo por su apoyo, su paciencia, por compartirme sus conocimientos y extenderme su mano amiga.

A la empresa Planeta Verde, al Ing. Roberto Morales y a su señora esposa la Ing. Johana Rodríguez, por ser un gran apoyo en este proyecto, por sus enseñanzas y consejos, por su confianza, por permitirme haber sido parte de su empresa la mayor parte de mi carrera universitaria y por influenciar en gran medida para ser la profesional que soy ahora.

Al Dr. Patricio Pérez por su preocupación y por su guía durante este proceso.

A mi madre Mirian y a David por su compañía y ayuda durante toda la ejecución de mi proyecto.

Cifuentes Ilbay María Cristina

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos	3
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	13
Resumen	14
Abstract.....	15
CAPÍTULO I.....	16
INTRODUCCIÓN	16
Antecedentes	16
Justificación.....	18
Objetivos	19
<i>Objetivo general</i>	19
<i>Objetivos específicos</i>	19
Hipótesis	19
<i>Hipótesis nula</i>	19
<i>Hipótesis alternativa</i>	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO REFERENCIAL	21
Plantas carnívoras, importancia económica y científica.....	21
Taxonomía.....	21
Características botánicas	22
Cultivo de plantas carnívoras	22

<i>Luz</i>	23
<i>Humedad</i>	23
<i>Temperatura</i>	23
<i>Alimentación</i>	23
<i>Multiplicación sexual</i>	24
<i>Multiplicación asexual – esquejes</i>	24
<i>Multiplicación en In vitro</i>	24
<i>Adaptación ex vitro</i>	25
Sustratos principales.....	26
<i>Musgo sphagnum</i>	26
<i>Turba rubia</i>	26
Sustrato drenante.....	27
<i>Piedra pómez</i>	27
Enfermedades	27
CAPÍTULO III	29
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
Ubicación	29
Condiciones ambientales.....	29
Análisis físico-químico de sustratos.....	30
Caracterización de las propiedades físicas del sustrato	30
<i>Densidad aparente</i>	30
<i>Densidad real</i>	30
<i>Porosidad total</i>	31
<i>Capacidad de retención de humedad</i>	31
<i>Granulometría</i>	31
Caracterización de las propiedades químicas de los sustratos	32

<i>Contenido de materia orgánica</i>	32
<i>Contenido de carbono</i>	32
<i>Potencial de hidrógeno (pH) y Conductividad eléctrica</i>	32
<i>Manejo del experimento</i>	33
Análisis estadístico	33
<i>Descripción de los factores</i>	33
<i>Unidad experimental</i>	33
<i>Tratamientos</i>	33
<i>Modelo matemático</i>	35
<i>Análisis de datos</i>	36
<i>Obtención de las vitro plantas</i>	36
Variables de crecimiento y desarrollo	36
<i>Porcentaje de supervivencia in vitro</i>	36
<i>Longitud de peciolo</i>	37
<i>Diámetro de trampa</i>	37
<i>Número de trampas</i>	37
<i>Número de raíces</i>	38
<i>Longitud de las raíces</i>	38
<i>Grosor del rizoma</i>	39
<i>Porcentaje de supervivencia en aclimatación</i>	39
<i>Clorofila</i>	39
CAPÍTULO IV	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
Resultados	41
<i>Porcentaje de supervivencia in vitro</i>	41
<i>Porcentaje de supervivencia en aclimatación</i>	41

<i>Caracterización de los sustratos</i>	42
<i>Variables de crecimiento y desarrollo</i>	42
<i>Compilación de resultados de las variables</i>	50
Discusión	50
CAPÍTULO V	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
Conclusiones	53
Recomendaciones	53
Bibliografía	54

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Concentración de reactivos para germinación de semillas de Drosera capensis</i>	25
Tabla 2 <i>Mezcla de sustratos para utilizarse como sustratos. Tratamientos</i>	34
Tabla 3 <i>Caracterización química y física de los sustratos</i>	43
Tabla 4 <i>Promedio \pm desviación estándar de número de raíces, longitud de raíz y diámetro de bulbo de Dionaea muscipula en diferentes sustratos, medidas al día 0 y día 75</i>	44
Tabla 5 <i>Promedio \pm desviación estándar de la variable diámetro de las trampas a los 0, 25, 50 y 75 días de trasplante, comparación dentro de cada tratamiento en el tiempo</i>	45
Tabla 6 <i>Promedio \pm desviación estándar de la variable diámetro de las trampas (mm) entre tratamientos en el tiempo</i>	46
Tabla 7 <i>Promedio \pm desviación estándar de la longitud de peciolo (mm) de venus atrapamoscas comparación dentro de un mismo tratamiento</i>	47
Tabla 8 <i>Promedio \pm desviación estándar de la longitud de peciolo (mm) de venus atrapamoscas comparación entre tratamientos</i>	48
Tabla 9 <i>Promedio \pm desviación estándar del número de trampas de venus atrapamoscas comparación entre tratamientos</i>	48
Tabla 10 <i>Promedio \pm desviación estándar del número de trampas de venus atrapamoscas comparados entre tratamientos</i>	49
Tabla 11 <i>Clorofila obtenida en los tratamientos</i>	50
Tabla 12 <i>Cuadro resumen de las variables de respuesta en los tratamientos</i>	501

Índice de figuras

Figura 1 <i>Venus atrapamoscas (Dionaea muscipula)</i>	22
Figura 2 <i>Ubicación de las instalaciones de la empresa Agrobiotech</i>	29
Figura 3 <i>Unidades experimentales</i>	33
Figura 4 <i>Mezcla de sustratos</i>	34
Figura 5 <i>Distribución del experimento</i>	35
Figura 6 <i>Mediciones en la hoja de Dionaea muscipula</i>	37
Figura 7 <i>Estructura de Dionaea muscipula</i>	38
Figura 8 <i>Medición del bulbo de venus atrapamoscas</i>	39
Figura 9 <i>Contaminación del cultivo in vitro de Dionaea muscipula</i>	41
Figura 10 <i>Crecimiento de diámetro de trampa para el tratamiento 3</i>	46

Resumen

Las venus atrapamoscas son plantas ornamentales que causan interés por su forma de nutrición. Su demanda se ha incrementado y pocas entidades cubren el mercado, sin evidenciar datos científicos que permita manejarlas con fines comerciales. Agrobiotech, empresa dedicada a la propagación de plantas carnívoras in vitro de varias especies y Planeta Verde empresa de aclimatación de venus atrapamoscas, tienen pérdidas de 10% en ex vitro y evidencian un lento crecimiento. Como objetivo común fue evaluar dos tipos de sustratos principales y un drenante en la aclimatación de vitro plantas de *Dionaea muscipula*, encontrando un sustrato que aumente la supervivencia en aclimatación y mejore el desarrollo. Se instaló en el cuarto de aclimatación de la empresa Agrobiotech; durante 75 días. Los sustratos fueron: sphagnum + piedra pómez en relación: 1:0=T1; 1:1=T2; 2:1=T3; 3:1=T4 y turba rubia + piedra pómez en relación: 1:0=T5; 1:1=T6; 2:1=T7; 3:1=T8. En las plantas se evaluó las variables: ancho de bulbo, número de raíces y largo de raíces, una medición al inicio (0 ddt) y una al final (75 ddt); largo de peciolo, ancho de trampa, número de trampas (a los 0, 25, 50 y 75 ddt) y clorofila al final (75 ddt). Se utilizó un DCA, los datos se analizaron con estadística descriptiva y se compararon mediante Duncan o LSD al 5%. Se determinó al mejor sustrato para aclimatación de vitro plantas de venus atrapamoscas a T5 (100% turba rubia), en base a las variables: longitud de raíz 197.71 ± 19.61 mm, longitud de peciolo 21.24 ± 2.14 mm, diámetro de trampas 8.33 ± 0.58 mm, clorofila 43.73 ± 0.63 μ S.

Palabras clave: VENUS ATRAPAMOSCAS, SUSTRATO PRINCIPAL, SUSTRATO DRENANTE

Abstract

Venus flytraps are ornamental plants that arouse interest due to their form of nutrition. Its demand has increased and few entities cover the market, without evidencing scientific data that allows them to be managed for commercial purposes. Agrobiotech, a company dedicated to the in vitro propagation of carnivorous plants of various species, and Planeta Verde, a Venus flytrap acclimatization company, have losses of 10% in ex vitro and show slow growth. The common objective was to evaluate two types of main substrates and a draining one in the acclimatization of *Dionaea muscipula* plants in vitro, finding a substrate that increases survival in acclimatization and improves development. A DCA was used, the data was analyzed with descriptive statistics and compared using Duncan or 5% LSD. It was installed in the acclimatization room of the Agrobiotech company; for 75 days. The substrates were: sphagnum + pumice in a ratio: 1:0=T1; 1:1=T2; 2:1=T3; 3:1=T4 and blonde peat + pumice stone in relation: 1:0=T5; 1:1=T6; 2:1=T7; 3:1=T8. In the plants, the variables were evaluated: bulb width, number of roots and length of roots, a measurement at the beginning (0 dat) and one at the end (75 dat); petiole length, trap width, number of traps (at 0, 25, 50 and 75 dat) and chlorophyll at the end (75 dat). The best acclimatization substrate for vitro venus flytrap plants was determined to be T5 (100% blonde peat), based on the variables: root length 197.71 ± 19.61 mm, petiole length 21.24 ± 2.14 mm, trap diameter 8.33 ± 0.58 mm, chlorophyll 43.73 ± 0.63 μ S.

Keywords: VENUS FLYTRAP, MAIN SUBSTRATE, DRAINING SUBSTRATE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Las plantas carnívoras o insectívoras son un grupo interesante dentro del reino vegetal, ya que crecen en zonas pantanosas donde el suelo carece de muchos nutrientes como nitrógeno, y han evolucionado para cubrir parte o la mayoría de sus necesidades nutricionales a través de la captura de insectos (Climent, 2020). Por lo general todas las plantas carnívoras disponen de un mecanismo de captura como: pinzas, trampas de mucílago viscoso, trampas de caída, entre otras, variando entre cada género (Lecoufle, 2007).

Antiguamente, las plantas carnívoras (venus atrapamoscas) han sido extraídas de su hábitat natural (California) y se han utilizado para remedios con fines curativos y culinarios (Pietropaolo y Pietropaolo, 1986). En la actualidad son exhibidas y comercializadas como una opción importante para generar una cultura de cuidado al medio ambiente ya que son una responsabilidad para quién las compra (Rozo, 2017).

Las plantas carnívoras aparte de ser comercializadas de forma individual en maceta, también han sido importadas desde Madagascar, Sudáfrica, Estados Unidos e Indonesia para sitios de exhibición, como el Jardín Botánico de Quito, en Loja y en Ibarra. En el Jardín Botánico de Quito el invernadero de plantas carnívoras es el segundo atractivo luego del invernadero de orquídeas tropicales, ayudando a generar un promedio de visitas de 20.000 personas e ingresos de \$80.000 mensuales (A.L. Villareal, comunicación personal, 15 de enero del 2023).

En Ecuador, el comercio de plantas carnívoras es nuevo, incluso dentro de las plantas exóticas comercializadas nacionalmente aún no representan un rubro. Solamente se ha otorgado un permiso de venta por Agrocalidad cuidando la procedencia del sustrato y la sanidad de la planta para su venta.

Existen muy pocas empresas que se dedican a la comercialización de plantas carnívoras por los requerimientos en infraestructura y el cuidado que necesitan en su etapa de aclimatación. Por

ello, algunas empresas como “MULTIFLOR” importan desde Colombia alrededor de 4000 unidades mensuales ya sembradas en maceta (J. G. Guerra, comunicación personal, 20 de enero de 2023), a pesar que existen contadas empresas nacionales que se dedican a la propagación, especialmente de venus atrapamoscas (*Dionaea muscipula*) y droseras (*Drosera capensis*).

En Quito, el precio promedio de una planta carnívora como la venus atrapamoscas es de \$5,00 por cada ejemplar sembrado en maceta. Las unidades promedio vendidas dependen de la empresa y su posicionamiento en el mercado, oscilando entre 1000 y 1500 plantas mensuales en el 2018, antes de la pandemia (R. J. Morales, comunicación personal, 01 febrero de 2023), y siendo la cantidad actual de unidades vendidas por MULTIFLOR. La disponibilidad de este tipo de plantas depende del tipo de propagación que maneje cada entidad y del tiempo de adaptación que este implique.

Las carnívoras tienen tres tipos de reproducción: semillas, multiplicación in vitro y por esquejes. La forma más viable, rápida y económica es en laboratorio, generando plántulas con estructuras diferenciadas en dos meses (P. A. Landázuri, comunicación personal, 13 de febrero de 2023). Esta técnica es la más adoptada por la mayoría de productores, a pesar que en la etapa de aclimatación se pierda entre un 10 y 30% de las plántulas sembradas (R. J. Morales, comunicación personal, 01 febrero de 2023).

La etapa de aclimatación es una de las fases con más altos índices de mortalidad en plántulas, incluso es uno de los principales temas de importancia en cultivos de producción de alimentos y en ornamentales, ya que su acumulación se traduce en pérdidas económicas significativas en el tiempo (Segovia *et al.*, 2002) . Esta fase depende de un sin número de factores como: tipo de planta, sustrato, humedad, temperatura, luminosidad, entre las más importantes. Para las plantas carnívoras son elementos muy relevantes que condicionan su supervivencia, y se han realizado pocas evaluaciones al respecto.

Algunas empresas han adaptado plantas carnívoras en diferentes sustratos, por ejemplo, Colina Carnívora cultiva varias especies como *Sarracénias*, *Píngulas*, *Droseras*, *Nepentes* y *Dionaeas*,

en una mezcla de turba rubia y arena de cuarzo (1:1) con una supervivencia del 90% (J. I. Gamboa, comunicación personal, 30 de enero de 2023); Multiflor adapta venus atrapamoscas en un sustrato de 100% turba rubia con una supervivencia del 90% (J. G. Guerra, comunicación personal, 20 de enero de 2023); Euro Carnivorous, tiene algunas variedades sembradas en musgo sphagnum para algunos cultivares de venus atrapamoscas, droseras y en mezcla para nephentes, para la venta opta por utilizar turba rubia (A. E. Caldas, comunicación personal, 25 de enero de 2023); Planeta Verde adapta venus atrapamoscas y droseras alba en musgo sphagnum sin mezclas logrando una adaptación del 90% sembradas (R. J. Morales, comunicación personal, 01 de febrero de 2023); y finalmente cultivadores independientes las aclimatan en turba rubia al 100%, pero su porcentaje de supervivencia es de 70% .

Justificación

Las plantas carnívoras son ornamentales con gran potencial por explotar en el Ecuador. En fuentes de información primaria y secundaria se ha encontrado estudios de orientación biológica que nos ayudan a comprender el funcionamiento de este tipo de plantas en su hábitat natural y pocos estudios acerca de la propagación in vitro, específicamente de *Drosera capensis*.

La aclimatación y comercialización está limitado a pocas empresas, las cuales han venido trabajando de forma empírica sin datos estadísticos que nos permitan referenciarlos como escritos científicos.

Es importante resaltar que factores como sustrato, humedad y temperatura, son condicionantes para su supervivencia, y es imprescindible conocer la relación entre ellos para lograr que las plantas carnívoras se desarrollen en el menor tiempo posible, para eso es necesario contar con una infraestructura que nos permita controlarlos.

Pocas empresas se han dedicado a la adaptación de plántulas, una de ellas Planeta Verde, que es una entidad que realiza este proceso hace más de 5 años, logran una adaptación máxima de 90% de plántulas sembradas en sustrato de musgo sphagnum y tienen una mortalidad del 10% en

cada siembra por diferentes factores de riesgo como: por riego, iluminación no continua, sustrato no desinfectado o por técnica de siembra.

El manejo adecuado de la aclimatación disminuye el porcentaje de mortalidad, optimiza la mano de obra, el espacio dentro del vivero, incrementa el número de plantas producidas, aumenta la disponibilidad de unidades en el mercado y a futuro, con un buen trabajo de marketing, un incremento de ventas.

Con base a lo mencionado, en el presente trabajo se evaluó dos tipos de sustratos principales y un drenante en diferentes proporciones para así determinar la relación que permita una mejor aclimatación de plántulas y por ende disminuir el porcentaje de mortalidad presente en este proceso.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar dos sustratos principales y un drenante en la aclimatación de vitro plantas de venus atrapamoscas (*Dionaea muscipula*).

Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de supervivencia en el proceso de aclimatación de plantas de venus atrapamoscas (*Dionaea muscipula*) provenientes de invitro.
- Establecer el efecto de cada mezcla de sustrato en las características agronómicas de venus atrapamoscas.

Hipótesis

Hipótesis nula

Ho: El porcentaje de supervivencia y la calidad de plantas de venus atrapamoscas provenientes de in vitro bajo el efecto de una mezcla de sustratos principales y drenantes, no se incrementa de forma significativa con respecto a los niveles actuales reportados por la empresa.

Hipótesis alternativa

H1: El porcentaje de supervivencia y la calidad de plantas de venus atrapamoscas provenientes de in vitro bajo el efecto de una mezcla de sustratos principales y drenantes, se incrementa de forma significativa con respecto a los niveles actuales reportados por la empresa.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Plantas carnívoras, importancia económica y científica

Las plantas carnívoras o insectívoras tienen una alimentación no convencional. A diferencia del resto de plantas, han desarrollado mecanismos de captura para poder suplementar su nutrición, ya que los suelos donde habitan son muy pobres en nutrientes (Lecoufle, 2007).

Las plantas carnívoras se han llevado a diferentes partes del mundo como cultivo ornamental. En algunas partes se han establecido viveros aclimatados que permiten la visita de biólogos, estudiantes e investigadores como en el Jardín Botánico de Quito, teniendo una gran importancia económica como programa turístico.

Desde el punto de vista científico, se han desarrollado protocolos para la multiplicación in vitro de *Drosera capensis* y *Drosera rotundifolia* (Miclea y Zăhan, 2017). Se describe en un estudio que existe una diferenciación en características morfológicas entre plantas cultivadas y las que se encuentran en la naturaleza (Gypson, 2020)

Taxonomía

En el mundo se reconocen alrededor de 550 especies de plantas carnívoras (Lecoufle, 2007). Existe una gran variedad de estas pertenecientes a 11 familias botánicas, distribuidas prácticamente en todo el mundo, con excepción de zonas desérticas sujetas a aridez y latitudes polares extremas (Alcalá y Domínguez, 1997). Ecuador dispone de 2 especies nativas de pinguiculas (Saa, 2016), pero se ha logrado avances de adaptación en los varios géneros importados (Quimbia, 2020).

La clasificación taxonómica de Venus atrapamoscas es Reino, Plantae; División, Magnoliophyta; clase, Eudicotyledoneae; orden, Caryophyllales; familia, Droseraceae; género, *Dionaea* y especie, *Dionaea muscipula* (Pietropaolo y Pietropaolo, 1986).

Las especies que se pueden encontrar de forma más recurrente en una tienda de ornamentales son: *Dionaea* (venus atrapamoscas) y *Drosera* (rocío de sol), siendo las variedades más atractivas visualmente y menos exigentes en cuanto a cuidados.

Características botánicas

La planta consiste en un bulbo basal subterráneo del que se desprenden un rizoma pequeño no ramificado y sus hojas siguen un patrón de crecimiento alrededor de un ápice (Lecoufle, 2007).

El limbo es modificado formando una trampa dentosa, esta tiene un color rojizo intenso y consta de unas extensiones sensitivas que activan el movimiento de la hoja (Lecoufle, 2007).

La inflorescencia consta de un ramillete floral apoyado en una vareta que sobresale mucho más alto de las trampas, para así distinguir los insectos de alimento de sus polinizadores (Alcalá y Domínguez, 1997). Su reproducción natural es por polinización cruzada obligatoria, ya que primero madura la parte sexual masculina y luego la femenina, así garantiza su diversidad genética (Pietropaolo y Pietropaolo, 1986).

Figura 1

Venus atrapamoscas (Dionaea muscipula)



Nota: Ejemplar de Dionaea muscipula de 1 año de edad. Autoría propia.

Cultivo de plantas carnívoras

Las plantas carnívoras requieren de un trato especial para lograr un cultivo exitoso. Las condiciones de invernadero deben ser semejantes a su hábitat natural. Los requerimientos de estas plantas se basan principalmente en la luz, humedad, temperatura, el tipo de multiplicación y el sustrato donde se las va a sembrar.

Luz

La mejor luz que pueden recibir es de sol directa o indirecta, dependiendo como se haya acostumbrado al cultivo. Para las venus atrapamoscas, la exposición al sol es de suma importancia, ya que ayuda a la formación de antocianinas que les dan su típica coloración rojiza a sus trampas.

Como mínimo se debe suministrar 4 horas de exposición al sol, y como máximo unas 6 horas, a temperaturas que no sobrepasen los 38°C (Lecoufle, 2007).

Si en el lugar no llega una luz solar de calidad también se la puede suplir con un foco de luz fría de 20 watts, 6500 k, a una altura de 10 a 15 cm de la planta, encendida entre 13 a 15 horas.

En la etapa de aclimatación es importante no exponerlas al sol directo ya que puede deshidratarlas, lo mejor es colocarlas bajo techo o con una malla de sombreo o sarán.

Humedad

La humedad de este tipo de plantas, tanto ambiental como en el sustrato debe de ser muy alta, para ello se recomienda regar con agua destilada debido a que no contiene minerales o metales pesados, los cuales, se impregnan en el sustrato y pueden llegar a afectar la planta (Lecoufle, 2007).

Temperatura

Una temperatura óptima de crecimiento para venus atrapamoscas es de 15 a 38 °C (Lecoufle, 2007). Al alcanzar temperaturas baja cero por tiempo prolongado es posible que entren en periodo de hibernación como en su hábitat natural (Pietropaolo y Pietropaolo, 1986).

Alimentación

La alimentación de las plantas carnívoras se basa en el poder de caza y digestión de insectos pequeños. En su hábitat natural, al estar en un ambiente propicio, llegan a crecer de tal forma que sus trampas son capaces de atrapar ratones, ranas, aves pequeñas, entre otras, por ello se las ha denominado “carnívoras” y no solo “insectívoras” (Pietropaolo y Pietropaolo, 1986).

El principio de esta forma de evolución radica en la adaptación a un hábitat totalmente pobre en nutrientes, con pH muy ácido y totalmente encharcado, el cual no dio lugar a cumplir el papel común de las raíces, y para suplir sus necesidades nutricionales desarrollaron trampas, con las

cuales logran cazar insectos y los digieren, absorbiendo sus nutrientes, principalmente nitrógeno, dejando el exoesqueleto como desecho (Lecoufle, 2007).

Cuando captura cualquier tipo de insecto, las trampas de venus se cierran de 7 a 10 días, tiempo en el que hace su proceso de digestión.

Multiplicación sexual

Las venus atrapamoscas generan una floración desfasada de la época de captura, tienen en su flor partes reproductivas masculinas (estambres) que maduran mucho antes de las femeninas (pistilos), el cual es un mecanismo para evitar la autopolinización. Para alcanzar este tipo de reproducción con éxito, es necesario realizar polinización cruzada, y las semillas maduran alrededor de 4 a 5 semanas (Pietropaolo y Pietropaolo, 1986).

Para poder germinar semillas es necesario adaptar un ambiente con una temperatura de 25°C y sembrarlas en un sustrato adecuado. Las plantas estarán listas y maduras para un trasplante cuando haya desarrollado de 4 a 6 hojas (Lecoufle, 2007).

Multiplicación asexual – esquejes

Las dionaeas se pueden reproducir por esquejes, cortando la hoja más vieja entera incluido la porción basal, se la coloca en un medio húmedo con sustrato, a 14 horas de luz indirecta, a una temperatura de 2°C. A los dos meses se obtendrán nuevos brotes. Se pueden obtener nuevas plantas también mediante escamas de bulbo, colocándolos en las mismas condiciones (Lecoufle, 2007).

Multiplicación en In vitro

La propagación in vitro tiene como objetivo acortar el tiempo de obtención de nuevas plantas, ocupan menos espacio y no se requiere de grandes cantidades de sustratos para hacer germinar semillas o hacer brotar esquejes (Segovia *et al.*, 2002).

En plantas carnívoras *Drosera capensis*, se ha desarrollado un cultivo con concentración de sales en un medio MS al 100% más 1gr.L⁻¹ de ácido giberélico con el cual se obtuvo más del 93% de

germinación de semillas (Guzmán, 2018), siendo el porcentaje más alto obtenido en germinación de droseras. Los reactivos utilizados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Concentración de reactivos para germinación de semillas de Drosera capensis

Reactivo		Concentración
		100%
		1000 ml
Macronutrientes (mg·L ⁻¹)		
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	100%
Nitrato de Potasio	KNO ₃	100%
Cloruro de Calcio	CaCl ₂ ·2H ₂ O	100%
Micronutrientes (mg/L)		
Yoduro de Potasio	KI	100%
Ácido Bórico	H ₃ BO ₃	100%
Sulfato de Manganeso	MnSO ₄ ·4H ₂ O	100%
Sulfato de Zinc	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	100%
Molibdato de Sodio	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	100%
Sulfato de Cobre	CuSO ₄ ·5H ₂ O	100%
VITAMINAS		
Myo-inositol		100%
Ácido nicotínico		100%
Piridoxina hidrocloreto		100%
Tiamina hidrocloreto		100%

Nota: Compuestos utilizados en la preparación de agar para germinar semillas de Drosera capensis. Adaptado de (Guzmán, 2018).

Adaptación ex vitro

La adaptación ex vitro es una etapa crítica, pues es una transición de un ambiente in vitro a un ambiente exterior. En etapas iniciales debe controlarse factores como: humedad, temperatura y luminosidad. En esta etapa se pueden dar pérdidas entre el 50 al 95% de las plantas si no se maneja de forma adecuada (Segovia *et al.*, 2002).

La aclimatación comienza con la adaptación del lugar, preparación de los sustratos, la recepción de las plantas in vitro, preselección de vitro plantas según la altura y vigor, preparación de bolsas o macetas con el sustrato, siembra y etiquetado (Segovia *et al.*, 2002).

Sustratos principales

Musgo sphagnum

Es una especie de musgo procedente de turberas, crece a una velocidad de 2 a 12 centímetros por año, las partes más bajas de la planta mueren y se acumulan en el fondo del tremedal, lo que gradualmente va generando turba. El musgo se cosecha a mano, luego se seca, se prensa y empaca para ser comercializado en el mercado utilizándose principalmente como retenedor de agua, como sustrato de propagación para el cultivo de orquídeas, decoración de maceteros y empaquetado de flores o portainjertos (Condori *et al.*, 2012). Según menciona Quimbia (2020), el musgo sphagnum, es el sustrato ideal para plantas carnívoras en general, ya que no se compacta permitiendo un buen desarrollo de raíces, mantiene buena humedad y no libera nutrientes. (Condori *et al.*, 2012).

Según Condori *et al.*, (2012) las propiedades físico – químicas del musgo sphagnum son las siguientes:

- a) Propiedades físicas: Tiene una densidad aparente muy baja y una capacidad de absorber agua, a las 24 horas, de hasta 46 veces con respecto a su peso seco.
- b) Propiedades químicas: se destaca por un pH en rango ácido (4,5 a 6), una conductividad eléctrica de 182,7 a 197,2 μS convirtiéndolo en un material casi imputrescible y con una capacidad antifúngica importante, por lo que las plantas tendrán menos riesgo de sufrir infecciones por hongos y nos permitirá tener menos cuidado con el exceso de riego.

Turba rubia

Se origina en las zonas pantanosas bajo condiciones de poca luz solar, bajas temperaturas y lluvias constantes (Baixauli Soria y Aguilar Olivert, 2002). Se ha utilizado en la preparación de sustratos tanto por sus características físicas como químicas.

- a) Propiedades físicas: la granulometría se encuentra en el orden de 0-10 mm (SÁENZ FETY, 2019). Se caracteriza por tener una alta retención de humedad, suele venir con pocas fibras de sphagnum que le ayudan a mantener su estructura esponjosa y ligera, permitiendo un

buen desarrollo de raíces. Si la turba viene bien cernida es importante mezclar con sustratos drenantes en proporciones convenientes para el cultivo que se desee manejar.

- b) Propiedades químicas: se puede destacar que no contiene nutrientes mantiene un pH de 3 - 3,9 originalmente. Existen casas comerciales que le añaden estabilizadores para elevar el pH a 5 - 6,5 (Leod *et al.*, 2017).

Es importante mencionar que las propiedades tanto químicas como físicas dependen principalmente de los nutrientes añadidos y del lugar de procedencia, por ello se recomienda revisar la ficha técnica antes de su adquisición.

Sustrato drenante

Un sustrato drenante es generalmente de origen mineral, airean, facilitan el drenaje y extienden el tiempo de vida de un sustrato principal. Se puede obtenerlos en varias granulometrías y el más utilizado es la piedra pómez (Segura *et al.*, 2008).

Piedra pómez

Es un aluminosilicato de origen volcánico, contiene potasio, sodio, trazas de calcio, magnesio y hierro. Es un material muy poroso que se ha formado por el escape de vapor cuando la lava se está enfriando. Las características físico-químicas son las siguientes (Bunt, 1988):

- a) Propiedades físicas: Se lo utiliza como acondicionador físico de sustratos, alternativa a la arena o grava, pero su granulometría no es estable, por lo que se descompone fácilmente. Tiene una densidad de 0,4 a 0,9 g/cm³.
- b) Propiedades químicas: es capaz de absorber partículas de calcio, potasio, magnesio y fósforo de la solución del suelo e irlas liberan do a la planta.

Enfermedades

Las plagas que pueden llegar a afectar a las carnívoras son igualmente las más comunes entre las plantas de producción agrícola. Algunos de ellos son: pulgones: siendo las venus, droseras y sarracénias las más susceptibles; cochinilla: siendo las venus y droseras las más susceptibles (Lecoufle, 2007).

Es importante conocer que la presencia de estas plagas es un biomarcador que indica el mal manejo del cultivo y como forma de prevención se puede utilizar jabón potásico en dosis recomendadas en el frasco que varían según la casa comercial, diluido en agua destilada.

Es importante conocer la composición del insecticida o fungicida que se pueda llegar a emplear, ya que algunos de ellos incluyen en su fórmula algún tipo de nutriente que puede llegar a afectar a la carnívora aún más. El insecticida de amplio espectro más empleado en estas plantas es el aceite de neem, en dosis recomendadas por la casa comercial diluido en agua destilada.

CAPÍTULO III

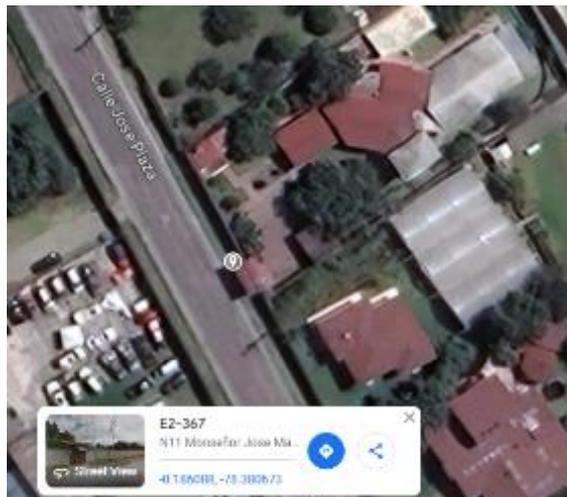
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Ubicación

La investigación se llevó a cabo en la empresa Agrobiotech, dedicada a la micropropagación a gran escala de varias especies de valor económico entre las cuales se encuentra *Dionaea muscipula*, proyectándose a comenzar con la aclimatación de esta especie. La investigación en el cuarto de crecimiento y aclimatación se llevó a cabo en sus instalaciones, localizadas en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Tumbaco ubicada a una altitud de 2320 msnm, con las coordenadas: 0,186088; -78,380673, Figura 2.

Figura 2

Ubicación de la empresa Agrobiotech



Nota: Ubicación donde se realizó la fase experimental del proyecto. Recuperado de (Google Earth, 2023).

Condiciones ambientales

Las condiciones del cuarto de crecimiento fueron: temperatura $20^{\circ}\text{C} \pm 2$, fotoperiodo de 12 horas e irradiancia de $16,85 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, medidos con el Sensor de Flujo de Fotones PAR Marca Decagon modelo QSO-S. $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Análisis físico-químico de sustratos

Se utilizó como sustratos principales 10 kg de sphagnum (adquirido en Horticoop Andina), 10 kg de turba rubia (adquirido de Euro Carnívoras) y 10 kg de piedra pómez (sustrato drenante).

Se procedió a esterilizar cada uno de los sustratos a 120 PSI en Autoclave de capacidad de 18 litros por 20 minutos. En 5 kg de los diferentes sustratos se realizaron análisis físico-químicos en el Laboratorio de suelos, aguas y foliares, IASA-ESPE, el resto de sustrato se utilizó para la siembra.

Caracterización de las propiedades físicas del sustrato

En las propiedades físicas se determinaron: densidad aparente (DA), densidad real (DR), porosidad total (PT), capacidad de retención de humedad (CRH) y granulometría (%G). Se realizó por triplicado y con el siguiente procedimiento:

Densidad aparente

La densidad aparente de un sustrato es representada por la masa del sustrato seco con espacios de poros intermedios y el volumen ocupado (Martínez y Roca, 2011).

Para esto se pesó 100 g de cada sustrato, y se los colocó en un vaso de 250 cm³ de capacidad para medir el volumen. Se utilizó la siguiente fórmula para cuantificar la densidad aparente (Pire y Pereira, 2003):

$$Densidad\ aparente\ (mg.cm^{-3}) = \frac{peso\ seco\ de\ la\ muestra}{volumen\ ocupado\ en\ el\ recipiente}$$

Densidad real

La densidad real representa una relación entre la masa del sustrato seco y el volumen ocupado por sus partículas sin poros intermedios (Martínez y Roca, 2011).

Para ello, se compactó 100 gr de las muestras en un vaso de 250 cm³ de capacidad para medir el volumen. Se lo obtuvo mediante la fórmula:

$$Densidad\ real\ (mg.cm^{-3}) = \frac{peso\ seco\ de\ la\ muestra\ compacta}{volumen\ ocupado\ en\ el\ recipiente}$$

Porosidad total

La porosidad total representa el volumen no ocupado por las partículas del sustrato, y se la obtuvo por la siguiente fórmula (Martínez y Roca, 2011):

$$\text{Porosidad Total} = \left(1 - \frac{\text{Densidad Aparente}}{\text{Densidad Real}}\right) \times 100$$

Capacidad de retención de humedad

La capacidad de retención de humedad se define por la humedad de un sustrato luego de ser saturado con agua y dejado drenar, alcanzando un punto de equilibrio (Martínez y Roca, 2011).

Para ello se secó 100 g de cada sustrato en una estufa por 24 horas a una temperatura de 90 °C, se llenó de sustrato seco recipientes de 250 ml de capacidad de fondo hueco, adaptados con una malla de 1 mm de diámetro en la parte inferior y se procedió a saturar con agua. Se dejó reposar durante 15 min, con el objetivo de drenar todo el exceso de líquido y se pesó el sustrato húmedo en una balanza.

$$\text{Capacidad de retención de humedad} = \frac{\text{Peso del sustrato húmedo} - \text{Peso sustrato seco}}{\text{Densidad}_{H_2O}}$$

Luego se procedió a dividir el valor obtenido para el peso seco del sustrato, así se obtuvo cuántas veces su peso el sustrato es capaz de absorber agua.

Granulometría

La granulometría representa la distribución de partículas en cada fracción de tamaño con respecto a una masa total (Martínez y Roca, 2011).

Para determinar la granulometría se pesó 100 g de cada sustrato en una balanza y se procesó en el tamizador automático, con diferentes diámetros de la malla: N5, 4mm; N12, 1.7mm; N25, 0.5mm; N60, 0.25 y N100, 0.15mm por un tiempo de 5 minutos. Luego se pesó los remanentes de cada tamiz, para expresar en porcentaje los valores obtenidos con la siguiente fórmula:

$$\text{Granulometría (\%)} = \frac{\text{Peso del sustrato}}{\text{Peso del remanente en el tamiz}} \times 100$$

Caracterización de las propiedades químicas de los sustratos

Las propiedades químicas de los sustratos que se midió son las siguientes: Contenido de materia orgánica (MO) y carbono (C), pH y conductividad eléctrica (CE) y se realizó por triplicado antes de sembrar los explantes con el siguiente procedimiento (Condori *et al.*, 2012):

Contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica se determinó mediante el método de calcinación LOI propuesto por Shulte y Hopkins (1996), citado por Eyherabide *et al.*, 2014.

Para ello, se pesó una muestra de 3 g en una cápsula de porcelana previamente tarada, se introdujo en una mufla para su calcinación a 450-500°C durante 24 horas, luego del tiempo se sacó las muestras, se dejó enfriar y se pesó nuevamente. La diferencia de pesos se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%MO = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso luego de la calcinación}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Contenido de carbono

Para la medición de contenido de carbono se utilizará la siguiente ecuación (Eyherabide *et al.*, 2014).

$$\%C = \frac{\%MO}{1.724}$$

Potencial de hidrógeno (pH) y Conductividad eléctrica

El pH está definido por la presencia de iones hidronio, tornando la solución disponible ácida o alcalina y la conductividad eléctrica está definida como la cantidad de cationes presentes en la superficie de la partícula de un sustrato y que puede llegar a intercambiarse con los cationes de la solución, alcanzando un equilibrio (Martínez y Roca, 2011). Para analizarlo se tomó 10 g de muestra sin compactar, se mezcló con 50 ml de agua destilada, se homogeneizó y se dejó reposar durante 1 hora para realizar las lecturas de pH con un potenciómetro y de CE (dS.m⁻¹) con el conductivímetro (Lara *et al.* 2009).

Manejo del experimento

Se regó por inmersión con agua destilada a todas las plantas cada 20 días contando a partir del día de trasplante. No se realizó ningún tipo de fertilización o fumigación.

Análisis estadístico

Descripción de los factores

Para el estudio se analizó un factor (tipo de sustrato) con tres niveles (sphagnum, turba, piedra pómez).

Unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada por una planta de venus atrapamoscas, sembrada en los sustratos a evaluarse en una maceta de 50 cm³ tapada con una tarrina plástica transparente, como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Unidades experimentales



Nota. Disposición de las unidades experimentales en el cuarto de aclimatación. Autoría propia.

Tratamientos

En este estudio se probó; sustrato principal (100%, 75%, 50%, 25%) y sustrato drenante (75%, 50%, 25%) y su interacción conforma los tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2

Mezcla de sustratos para utilizarse como sustratos (Tratamientos)

TRATAMIENTO	SPHAGNUM % (V/V)	TURBA% (V/V)	PIEDRA PÓMEZ% (V/V)
1	100	0	0
2	75	0	25
3	50	0	50
4	25	0	75
5	0	100	0
6	0	75	25
7	0	50	50
8	0	25	75

Nota. Se describe las proporciones utilizadas de cada sustrato para la conformación de los tratamientos. Autoría propia.

En la Figura 4, se puede observar los sustratos principales mezclados en forma proporcional (v/v) con base a la tabla de tratamientos.

Figura 4

Mezcla de sustratos



Nota. Tratamientos: T1 = (sphagnum), T2 = (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3 = (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4 = (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5 = (turba rubia), T6 = (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7 = (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8 = (turba rubia + piedra pómez 1:3). Autoría propia.

En la Figura 5 se observa la aleatorización de las unidades experimentales y su disposición en el cuarto de aclimatación.

Figura 5

Distribución del experimento



Nota. Tratamientos: T1 = (sphagnum), T2 = (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3 = (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4 = (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5 = (turba rubia), T6 = (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7 = (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8 = (turba rubia + piedra pómez 1:3). Autoría propia.

Modelo matemático

El experimento se dispuso bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo bifactorial (2x1) con 6 repeticiones y el modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + Sp_j + Sd_k + SpSd_{jk} + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = variable medida

μ = media general

Sp_j = Efecto de la j – ésima concentración de sustrato principal

Sd_k = Efecto de la k – ésima concentración de sustrato drenante

$SpSd_{jd}$ = Efecto de la interacción sustrato principal – sustrato drenante

e_{ijkl} = error experimental

Análisis de datos

Los datos obtenidos con las variables se analizaron mediante estadística descriptiva (media, desviación y error estándar), se compararon mediante la prueba de medias de Duncan (número de raíces, longitud de raíces, diámetro del bulbo) y LSD (número de trampas, diámetro de trampas, largo de peciolo) a un nivel de confianza del 95% utilizando el programa Infostat.

Obtención de las vitro plantas

Se utilizaron 55 tarrinas transparentes de 500 cm³ con tapa, desinfectadas previamente en autoclave a 120 psi, por 20 minutos. En una cámara de flujo laminar desinfectada con luz Uv por 15 minutos, se dispuso 50 cm³ de agar MS (Murashige y Skoog) con concentración de sales al 100% más g.L⁻¹ de ácido giberélico en cada tarrina.

En la siembra se realizó el mismo protocolo de desinfección de la cámara y en las mismas condiciones ambientales. Para ello, se procedió a destapar las tarrinas de cultivo *in vitro* de venus atrapamoscas sembradas hace 4 meses en agar y con pinzas estériles se sacó cada conjunto de plantas y se separó las plantas dominantes para utilizarlas en la evaluación con los sustratos. A todas se volvió a sembrar en el agar a 10 plantas por tarrina, teniendo un total de 550 plantas en las 55 tarrinas y finalmente se las colocó en el cuarto de crecimiento.

Variables de crecimiento y desarrollo

Las variables agronómicas de venus atrapamoscas se midieron en *in vitro* y en adaptación con el siguiente procedimiento:

Porcentaje de supervivencia *in vitro*

Para el porcentaje de supervivencia se contó el número de plantas con buen vigor y sin contaminación del medio. Para obtener el porcentaje de plantas que han superado la etapa de resiembra en agar se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ supervivencia} = \frac{\text{Número de plantas vivas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} * 100$$

Se midió a los 25 días de la siembra *in vitro* en tarrina.

Longitud de peciolo

Esta longitud está comprendida desde el punto de brote, hasta el punto de inserción del limbo o trampa, se procedió a señalar la hoja para observar su crecimiento por medio de un calibrador universal, expresando este valor en milímetros (mm), Figura 6. Las medidas se tomaron a los 0, 25, 50 y 75 días.

Diámetro de trampa

En la hoja señalada se procedió a medir adicionalmente el diámetro del limbo. Este valor estuvo comprendido por el diámetro de la trampa (Figura 6). Se observó su crecimiento por medio de un calibrador universal, expresando este valor en mm. Las medidas se tomaron a los 0, 25, 50 y 75 días.

Figura 6

Mediciones en la hoja de Dionaea muscipula



Nota. Obtención del diámetro de trampa (izquierda) y obtención del largo de peciolo (derecha) de venus atrapamoscas. Autoría propia.

Número de trampas

La trampa está conformada por el limbo modificado de *Dionaea muscipula*, conformando la estructura de captura de presas. Una trampa fue contabilizada cuando se encontró completamente desarrollada, es decir, cuando se le observó todas sus estructuras, principalmente cilios y tricomas

sensitivos como se observa en la Figura 7; y se descartó cuando se tornó amarilla o negra. Se contó de forma manual a los 0, 25, 50 y 75 días.

Figura 7

Estructura de Dionaea muscipula



Nota. Trampa de venus de 75 días proveniente de la investigación (izquierda) y trampa de venus de un año y medio (derecha). Autoría propia.

Número de raíces

Las raíces fueron contabilizadas apenas emergieron del rizoma. Se contó de forma manual a los 0 días in vitro, y a los 75 días de aclimatación.

Longitud de las raíces

Esta longitud está comprendida desde la unión con el rizoma hasta la punta de la raíz. Para obtener este valor se utilizó un calibrador universal y se expresó en milímetros (mm). Se midió una vez a los 0 días saliendo de in vitro, y la última toma de datos al finalizar la investigación a los 75 días.

Grosor del rizoma

El rizoma de *Dionaea* tiene la estructura similar al tallo de una planta de plátano tropical, ya que, está compuesto por la acumulación de hojas que emergen de un punto de brote, con la diferencia que *Dionaea* tiene crecimiento horizontal (Pietropaolo y Pietropaolo, 1986).

Para obtener datos de esta variable se procedió a medir la base del rizoma, la parte más engrosada de la estructura con un calibrador universal y se expresó en milímetros (mm), Figura 8. Estos valores se analizaron al inicio y al finalizar el experimento.

Figura 8

Medición del bulbo de venus atrapamoscas



Nota. Forma de medición del bulbo de venus atrapamoscas con un calibrador universal. Autoría propia.

Porcentaje de supervivencia en aclimatación

Para el porcentaje de supervivencia se contó el número de plantas con buen vigor. Para la obtención del porcentaje de plantas que se han superado la etapa de aclimatación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ supervivencia} = \frac{\text{Número de plantas vivas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} * 100$$

Se midió una vez al finalizar el experimento.

Clorofila

Para medir la cantidad de clorofila se pesó 0,25 g de hojas de venus atrapamoscas que fueron maceradas y colocadas en tubos de ensaño con 4 ml de etanol, se dejó reposar 24 horas a 4

°C. Al siguiente día se aforó a 6,50 ml de etanol y se fraccionó en una centrífuga marca DYNAC a 5000 revoluciones por 15 minutos. En un cuarto oscuro con una micropipeta se extrajo 3 ml del sobrenadante y se colocó en cubos de cuarzo para medir la clorofila en un espectrofotómetro marca WTW COND-730, a longitudes de onda de 640 Y 664 nm y con las siguientes ecuaciones (Aher *et al.*, 2014):

$$\text{Clorofila } \alpha = 13,36 \times A_{664\text{nm}} - 5,19 \times A_{649\text{nm}}$$

$$\text{Clorofila } \beta = 27,43 \times B_{649\text{nm}} - 8,12 \times B_{664\text{nm}}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Se asignaron 48 plantas de *Dionaea muscipula* para analizar su crecimiento en 8 tipos de sustratos: T1=(sphagnum), T2= (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3= (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4= (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5= (turba rubia), T6= (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7= (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8= (turba rubia + piedra pómez 1:3).

Mediante análisis estadístico se seleccionó el sustrato que le permitió un mejor crecimiento y desarrollo en base a las siguientes variables: longitud de peciolo, ancho de trampa, número de trampas, longitud de raíces, número de raíces y finalmente análisis foliar de clorofila.

Porcentaje de supervivencia in vitro

En la etapa in vitro se obtuvo una supervivencia del 66.19% de las plantas sembradas. Se pudo observar una contaminación principalmente por el hongo *Penicillium* (Figura 9).

Figura 9

Contaminación del cultivo in vitro de Dionaea muscipula



Nota. Cultivo *in vitro* de *Dionaea muscipula* contaminado. Autoría Propia.

Porcentaje de supervivencia en aclimatación

El porcentaje de supervivencia de las plantas de venus atrapamoscas durante la etapa de aclimatación en los diferentes sustratos, fue del 100%.

Caracterización de los sustratos

Previo a comenzar con el experimento se realizó la caracterización de los sustratos preparados para cada tratamiento, en los cuales, se analizó propiedades físicas y químicas tales como: porosidad total, capacidad de retención de humedad, granulometría, densidad aparente, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de carbono, pH, conductividad eléctrica (Tabla 3).

Se puede analizar en primer lugar que, la materia orgánica es elevada para el T1 (100% sphagnum) y T5 (100% turba rubia) con 93.03 y 96.53% para cada tratamiento, por ende, el contenido de carbono fue alto para los mismos, con 55.70 y 56.00 % respectivamente. El pH se observó con tendencia ácida para todos los tratamientos, oscilando entre 3.4 y 4.92, y para la conductividad eléctrica varió entre 0.14 y 0.22 dS.m⁻¹.

El T5 (100% turba rubia) obtuvo la densidad aparente más baja con 0.02 g.cm⁻³ y finalmente, el sustrato con mejor capacidad de retención de humedad fue T1 (100% sphagnum), reteniendo agua 14 veces su peso en seco. En granulometría se evidenció que, el mayor porcentaje de partículas se encuentran en el primer tamiz (>4mm) en cuanto a los sustratos principales sin mezcla (T1 y T5), y que conforme aumenta la presencia de piedra pómez, los tamices con más presencia de sustrato son el segundo (1.7 mm) y tercero (0.6 mm).

Variables de crecimiento y desarrollo

Las variables de crecimiento y desarrollo de *Dionaea muscipula* medidas el primer y último día de aclimatación fueron: diámetro de bulbo, longitud de raíz, y para la variable número de raíces. Se procedió a realizar una transformación a la variable raíz cuadrada para que cumpla con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Tabla 4). Para analizar estas variables se realizó una diferencia entre el último día (75) y el primer día (0).

Tabla 3*Caracterización química y física de los sustratos*

Tratamiento	Propiedades químicas							Propiedades físicas					
	MO (%)	C (%)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	PT (%)	DA (g.cm ⁻³)	CRH	Granulometría (%)					
								4mm	1.7mm	0.6mm	0.25mm	0.18mm	0.15mm
T1	96.03	55.70	4.64	0.20	97	0.22	14	88.3	6.11	4.05	0.7	N.D.	N.D.
T2	27.85	16.15	4.88	0.18	97	0.61	4,8	16.8	50.51	28.4	1.02	0.09	0.76
T3	13.15	7.63	4.92	0.18	92	0.69	2,92	6.67	54.79	34.15	0.97	0.12	2.79
T4	8.37	4.85	4.93	0.16	92	0.71	2,56	1.15	55.5	38.72	0.33	0.11	3.45
T5	96.54	56.00	3.4	0.22	98	0.02	4,54	42.7	16.52	16.24	13.06	4.41	6.5
T6	38.95	22.59	3.75	0.19	95	0.10	2,4	6.31	48.49	35.08	4.71	1.44	2.59
T7	25.65	14.88	3.85	0.15	94	0.14	2,18	8.44	45.11	35.69	4.69	1.58	3.33
T8	14.60	8.47	4.20	0.14	91	0.17	2,22	9.86	50.19	27.76	2.6	0.85	6.73

Nota. %MO, materia orgánica; %C, carbono; CE, conductividad eléctrica (%v/v); PT (%v/v) porosidad total; DA, densidad aparente; CRH, capacidad de retención de humedad, cantidad de agua por cada unidad en peso de sustrato; ND, no determinó. T1 = (sphagnum), T2 = (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3 = (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4 = (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5 = (turba rubia), T6 = (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7 = (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8 = (turba rubia + piedra pómez 1:3). Autoría propia.

Tabla 4

*Promedio ± desviación estándar de número de raíces, longitud de raíz y diámetro de bulbo de *Dionaea muscipula* en diferentes sustratos, medidas al día 0 y día 75*

Tratamiento	N.º de raíces	Longitud de raíz (mm)	Diámetro bulbo (mm)
T1	4.17±1.33 bc	162,29±53.81 abc	0,61±0,47 c
T2	8.33±3.83 a	119.89±81.73 a	2,90±2.06 ab
T3	3.67±2.66 bc	107,13 ±50.54 cd	1,09±0,92 bc
T4	3.83±3.43 bc	98,52±24.21 d	2,54±1.74 ab
T5	4.83±1.47 b	197,71±46.52 a	1,80±1.26 abc
T6	4.00±0.89 bc	184,04±29.54 ab	3,04±1.83 a
T7	2.00±1.26 c	70,12±34.76 d	1,59±1.09 abc
T8	3.17±1.60 bc	128,66±38.66 bcd	1,54±1.13 abc
f	6.68	6.34	2.29
p	0.0037	<0.0001	0.0461

Nota. T1=(sphagnum), T2= (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3= (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4= (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5= (turba rubia), T6= (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7= (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8= (turba rubia + piedra pómez 1:3); medias con letra diferente son significativamente diferentes ($p>0.05$). Prueba de Duncan. Autoría propia.

Para la variable número de raíces, el tratamiento T2 (sphagnum + piedra pómez 3:1), obtuvo un valor significativamente más alto con un promedio de 8.33 ± 0.94 raíces en comparación con el resto de tratamientos. Respecto a la longitud de raíz (mm) no se obtuvo diferencias estadísticas significativas, el tratamiento con mayor promedio fue el T5 (turba rubia) con $197,71\pm 19.61$ mm. finalmente, el diámetro del bulbo no se generó diferencias significativas, pero el mejor promedio está dado por T6 (turba rubia + pómez 3:1) con $3,04\pm 0,57$ mm.

Las variables agronómicas medidas a los días 0, 25, 50 y 75 días fueron: longitud de peciolo, diámetro de trampa y número de trampas. Estas variables no cumplieron con supuestos de normalidad ni homocedasticidad a pesar de las transformaciones, por lo que se procedió a realizar un análisis comparativo con la Prueba LSD. Se realizó una comparación en un mismo tratamiento para observar si la planta había crecido desde el día 0 al día 75, y otra comparación para analizar si existió diferencia entre tratamientos para los días 0, 25, 50 y 75.

Los resultados se muestran en la Tabla 5, donde se observa que el diámetro de las trampas de venus atrapamoscas se incrementa dentro de un mismo tratamiento en el tiempo solamente para T3 (sphagnum + pómez 2:2).

Tabla 5

Promedio \pm desviación estándar de la variable diámetro de las trampas a los 0, 25, 50 y 75 días de trasplante, comparación dentro de cada tratamiento en el tiempo

Días	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0	6.43 \pm 1.39 a	6.57 \pm 1.59 a	6.46 \pm 0.88 a	6.58 \pm 1.41 a	7.77 \pm 2.37 a	7.68 \pm 1.89 a	6.64 \pm 0.98 a	7.48 \pm 1.08 a
25	6.24 \pm 1.51 a	6.63 \pm 1.65 a	6.37 \pm 0.90 a	6.64 \pm 1.32 a	7.9 \pm 2.45 a	7.20 \pm 1.78 a	6.83 \pm 0.70 a	7.46 \pm 1.10 a
50	6.42 \pm 1.48 a	6.91 \pm 1.74 a	7.12 \pm 0.66 b	7.51 \pm 1.22 a	8.33 \pm 2.26 a	8.09 \pm 1.49 a	6.92 \pm 0.76 a	7.93 \pm 1.15 a
75	6.60 \pm 1.47 a	7.2 \pm 1.85 a	7.78 \pm 1.28 b	8.3 \pm 1.71 a	9.02 \pm 1.92 a	8.79 \pm 2.11 a	7.14 \pm 0.76 a	8.41 \pm 1.39 a
f	0.06	0.17	2.83	1.94	0.24	1.13	0.39	0.86
p	0.9789	0.9156	0.0645	0.1552	0.8657	0.3599	0.7646	0.4766

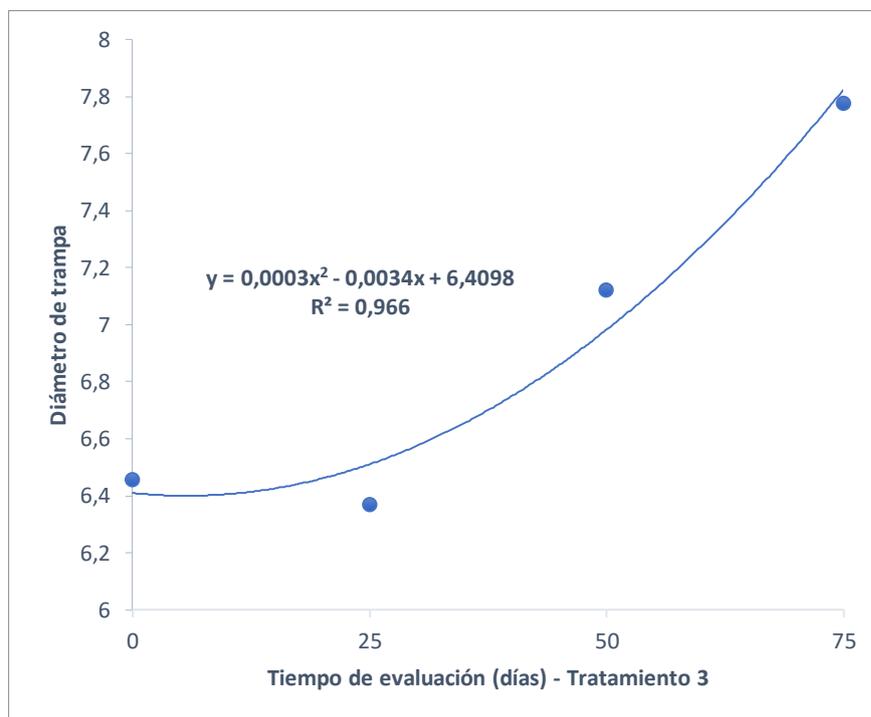
Nota: T1=(sphagnum), T2= (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3= (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4= (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5= (turba rubia), T6= (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7= (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8= (turba rubia + piedra pómez 1:3); medias con letra diferente son significativamente diferentes ($p>0.05$). Autoría propia.

En la Figura 6, se observa el crecimiento del diámetro de trampas en el tiempo de evaluación para el Tratamiento 3. Al ser la variable con mayor importancia, por ser la característica más llamativa de la planta, se generó un modelo matemático que nos permite observar su comportamiento.

Se considera un tamaño de trampa comercial a partir de los 10 mm (R. J. Morales, comunicación personal, 01 febrero de 2023). Para poder estimar el tiempo que tardaría en alcanzar esta medida se procedió a resolver la ecuación cuadrática y a generar intervalos de confianza. Se obtuvo que a los 140 días parte de un bloque de plantas sembradas en este sustrato estaría alcanzando el diámetro comercial y a los 180 días la mayoría de las plantas en promedio tendrían dicha medida con este tratamiento.

Figura 10

Crecimiento de diámetro de trampa para el tratamiento 3



Nota. Curva generada con la media de los datos obtenidos en la investigación. Autoría propia.

En la Tabla 6, se puede observar que el diámetro de las trampas de venus atrapamoscas no se incrementa de forma significativa entre tratamientos en el tiempo evaluado. El T5 (100% turba rubia) logra los promedios más altos diámetro de trampa.

Tabla 6

Promedio ± desviación estándar de la variable diámetro de las trampas (mm) entre tratamientos en el tiempo

Tratamiento	Tiempo de evaluación			
	0 días	25 días	50 días	75 días
T1	6.43±1.39 a	6.24±1.51 a	6.42±1.48 b	6.60±1.47 a
T2	6.57±1.59 a	6.63±1.65 a	6.91±1.74 ab	7.20±1.85 ab
T3	6.46±0.88 a	6.37±0.90 a	7.12±0.66 ab	7.78±1.28 ab
T4	6.58±1.41 a	6.64±1.32 a	7.51±1.22 ab	8.30±1.71 ab
T5	7.77±2.37 a	7.9±2.45 a	8.33±2.26 a	9.02±2.11 ab
T6	7.68±1.89 a	7.20±1.78 a	8.09±1.49 a	8.79±1.92 ab
T7	6.64±0.98 a	6.83±0.70 a	6.92±0.76 ab	7.14±0.76 b
T8	7.48±1.08 a	7.46±1.10 a	7.93±1.15 ab	8.41±1.39 c

Tratamiento	Tiempo de evaluación			
	0 días	25 días	50 días	75 días
f	0.88	0.84	1.32	1.73
p	0.5344	0.5571	0.2650	0.1293

Nota. T1=(sphagnum), T2= (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3= (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4= (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5= (turba rubia), T6= (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7= (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8= (turba rubia + piedra pómez 1:3); medias con letra diferente son significativamente diferentes ($p>0.05$). Autoría propia.

Para la variable longitud de peciolo en venus atrapamoscas dentro de un mismo tratamiento, se puede observar en la Tabla 7 que no existe crecimiento significativo entre los 0, 25, 50 y 75 días de evaluación.

Tabla 7

Promedio \pm desviación estándar de la longitud de peciolo (mm) de venus atrapamoscas comparación dentro de un mismo tratamiento

Días	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0	14.09 \pm 6.62 a	19.53 \pm 5.29 a	16.86 \pm 6.31 a	15.64 \pm 4.28 a	19.82 \pm 5.40 a	19.82 \pm 6.23 a	18.07 \pm 2.21 a	18.45 \pm 3.59 a
25	13.03 \pm 6.06 a	18.02 \pm 5.14 a	15.56 \pm 6.51 a	14.83 \pm 4.09 a	17.75 \pm 5.19 a	17.25 \pm 5.50 a	18.19 \pm 5.03 a	16.38 \pm 2.97 a
50	13.72 \pm 6.04 a	19.09 \pm 4.82 a	16.79 \pm 6.58 a	15.37 \pm 4.07 a	19.54 \pm 4.59 a	19.32 \pm 4.86 a	19.63 \pm 5.77 a	17.74 \pm 2.83 a
75	14.20 \pm 6.27 a	19.95 \pm 4.96 a	17.93 \pm 6.65 a	16.02 \pm 4.06 a	21.24 \pm 4.31 a	21.25 \pm 4.93 a	21.08 \pm 6.61 a	18.88 \pm 3.09 a
f	0.04	0.16	0.13	0.09	0.52	0.56	0.45	0.73
p	0.9879	0.9216	0.9388	0.9653	0.6763	0.6461	0.7199	0.5449

Nota. T1=(sphagnum), T2= (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3= (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4= (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5= (turba rubia), T6= (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7= (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8= (turba rubia + piedra pómez 1:3); medias con letra diferente son significativamente diferentes ($p>0.05$). Autoría propia.

La longitud del peciolo de venus atrapamoscas no presentó diferencias significativas entre tratamientos en el tiempo evaluado, más, se puede atribuir al mejor promedio a T6, T5 y T7 (Tabla 8).

Tabla 8

Promedio ± desviación estándar de la longitud de peciolo (mm) de venus atrapamoscas comparación entre tratamientos

Tratamiento	Tiempo de evaluación			
	0 días	25 días	50 días	75 días
T1	14.09±6.62 a	13.03±6.06 a	13.72±6.04 a	14.20±6.27 b
T2	19.53±5.29 a	18.02±5.14 a	19.09±4.82 a	19.95±4.96 ab
T3	16.86±6.31 a	15.56±6.51 a	16.79±6.58 a	17.93±6.65 ab
T4	15.64±4.28 a	14.83±4.09 a	15.37±4.07 a	16.02±4.06 ab
T5	19.82±5.40 a	17.75±5.19 a	19.54±4.59 a	21.34±4.31 a
T6	19.82±6.23 a	17.25±5.50 a	19.32±4.86 a	21.25±4.93 a
T7	18.07±2.21 a	18.19±5.03 a	19.63±5.77 a	21.08±6.61 a
T8	18.45±3.59 a	16.38±2.97 a	17.74±2.83 a	18.88±3.09 ab
f	0.98	0.73	1.12	1.49
p	0.4564	0.6439	0.3679	0.1975

Nota. T1=(sphagnum), T2= (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3= (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4= (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5= (turba rubia), T6= (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7= (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8= (turba rubia + piedra pómez 1:3), medias con letra diferente son significativamente diferentes ($p>0.05$). Autoría propia.

El número de trampas contabilizado de forma manual desde el día 0, 25, 50 y 75 se puede observar en la Tabla 9, donde se aprecia que existe diferencias significativas dentro de cada tratamiento, principalmente para T5.

Tabla 9

Promedio ± desviación estándar del número de trampas de venus atrapamoscas comparación entre tratamientos

Tiempo	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0 días	9.00±4.14 b	6.17 ±3.76 c	5.83±1.94 c	5.17±4.26 c	7.50±1.52 d	6.67±3.39 c	7.17±2.23 c	9.33±3.39 c
25 días	12.50±9.95 b	8.33±10.60 b	6.00±2.61 c	6.17±4.58 c	14.17±5.71 c	7.17±5.56 c	13.50±7.06 c	15.50±5.28 c
50 días	20.33±10.61 a	16.33±9.73 ab	14.83±4.36 b	13.83±4.62 b	22.33±3.98 b	18.83±4.79 b	23.33±8.59 b	24.67±6.59 b
75 días	29.83±13.47 a	25.00±8.65 a	23.83±7.63 a	23.00±6.10 a	27.67±3.78 a	28.00±4.94 a	33.00±9.40 a	33.00±9.30 a
f	4.99	5.95	20.12	16.79	29.19	28.01	14.18	15.28
p	0.0096	0.0045	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota. T1=(sphagnum), T2= (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3= (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4= (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5= (turba rubia), T6= (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7= (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8= (turba rubia + piedra pómez 1:3), medias con letra diferente son significativamente diferentes ($p>0.05$). Autoría propia.

El número de trampas de venus atrapamoscas no presentó diferencias significativas entre tratamientos en el tiempo evaluado (Tabla 10), pero es importante señalar que con el T8 se obtiene promedios altos en número de trampas a los 75 días de evaluación.

Tabla 10

Promedio ± desviación estándar del número de trampas de venus atrapamoscas comparados entre tratamientos

Tratamiento	Tiempo de evaluación			
	0 días	25 días	50 días	75 días
T1	9.00±4.34 a	12.50±9.95 abcd	20.33±10.61 abcd	29.83±13.47 ab
T2	6.17±3.76 a	8.33±1.60 abcd	16.33±9.73 bcd	25.00±8.65 ab
T3	5.83±1.94 a	6.00±2.61 cd	14.83±4.36 cd	23.83±7.63 ab
T4	6.17±4.26 a	5.17±4.58 d	14.83±4.62 d	23.00±6.10 b
T5	7.50±1.52 a	14.17±5.71 ab	22.33±3.98 abc	27.67±3.78 ab
T6	6.67±3.39 a	7.17±5.56 bcd	18.83±4.79 abcd	28.00±4.94 ab
T7	7.17±2.23 a	13.50±7.06 abc	23.33±8.59 ab	33.00±9.40 a
T8	9.33±3.39 a	15.50±5.28 a	24.67±6.59 a	33.00±9.30 a
f	0.98	2.08	1.94	1.27
p	0.4591	0.0679	0.0886	0.2888

Nota. T1=(sphagnum), T2= (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3= (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4= (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5= (turba rubia), T6= (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7= (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8= (turba rubia + piedra pómez 1:3), medias con letra diferente son significativamente diferentes ($p>0.05$). Autoría propia.

En la medición de clorofila, se puede observar en la Tabla 11 que, con el T5 (100% turba rubia) se obtuvo más alto contenido de clorofila A, B y por ende clorofila total, a comparación del T1 con el que se obtienen los más bajos niveles de contenido de clorofila.

Tabla 11

Clorofila obtenida en los tratamientos

Tratamiento	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila total
T1	4.11±0.06 g	13.99±0.62 f	18.10±0.63 g
T2	5.59±0.06 d	23.93±0.62 cd	29.52±0.63 d
T3	4.17±0.06 g	22.44±0.62 d	26.61±0.63 e
T4	6.88±0.06 b	36.86±0.62 a	43.73±0.63 a
T5	7.08±0.06 a	37.85±0.62 a	44.73±0.63 a
T6	5.32±0.06 e	18.86±0.62 e	24.19±0.63 f
T7	4.45±0.06 f	23.73±0.62 cd	28.19±0.63 de
T8	6.39±0.06 c	29.87±0.62 b	36.25±0.63 b

Tratamiento	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila total
T9	6.39±0.06 c	25.37±0.62 c	31.75±0.63 c
F	367.80	158.63	193.35
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota. T1=(sphagnum), T2= (sphagnum + piedra pómez 3:1), T3= (sphagnum + piedra pómez 2:2), T4= (sphagnum + piedra pómez 1:3), T5= (turba rubia), T6= (turba rubia + piedra pómez 3:1), T7= (turba rubia + piedra pómez 2:2), T8= (turba rubia + piedra pómez 1:3), medias con letra diferente son significativamente diferentes ($p>0.05$). Autoría propia.

Compilación de resultados de las variables

En la Tabla 12 muestra los tratamientos y las variables de respuesta. La importancia de generar este cuadro resumen, es para poder elegir el tipo de sustrato ideal para *Dionaea muscipula*. Se evidencia la presencia del Tratamiento 5 (100% turba rubia) como mejor respuesta en promedio en la mayoría de variables.

Tabla 12

Cuadro resumen de las variables de respuesta en los tratamientos

	VARIABLES						
	N.º raíces	Long raíz (mm)	Ø bulbo	Long peciolo (mm)	Ø trampa (mm)	N.º trampas	Clorofila (µS)
Tratamientos	T2	T5	T6	T5	T3	T8	T5

Nota. Tratamientos con los mejores resultados significativos o promedios para cada variable. Autoría propia.

Discusión

Para definir la mejor mezcla de sustratos, es importante evaluar cada una en relación al crecimiento en la parte radicular y aérea, eligiendo al sustrato que permite un mejor desarrollo de las plantas, con una buena estructura, haciéndolas llamativas y de fácil adquisición.

Callejas, *et al.*, (2011) menciona que conocer el crecimiento de las raíces es un aspecto fundamental para poder comprender el patrón de desarrollo de la parte aérea de una planta, y está directamente condicionado por el sustrato. Se pudo cuantificar que el número de raíces fue significativamente más alto con el tratamiento 2 (3 sphagnum + 1 piedra pómez); para la variable longitud de raíces se pudo observar que no existen diferencias significativas, más, el promedio más alto fue con el tratamiento 5 (100% turba rubia) como sumatorio total de la longitud de raíces, y

finalmente, para el diámetro de bulbo, el tratamiento 6 (3 turba + 1 turba rubia) fue el que permitió un aumento en los 75 días analizados.

Con el análisis de estos valores tomados en la radícula de la planta, Córdova *et al.*, (2018) menciona que la adición de piedra pómez en un sustrato principal mejora la aireación y no permite la compactación, más, no es un componente aceptado al 100% por *Dionaea*, ya que el crecimiento de varias raíces se observa relacionado con el nivel de inclusión de piedra pómez, se podría decir que es una respuesta de la planta ante la estructura cada vez más sólida del sustrato, incluso con cada raíz se fueron generando hijuelos pequeños, fácilmente desprendibles y de lento crecimiento. Birchler *et al.*, (1998) menciona que el aumento del número de raíces es una señal de adaptación a un sustrato, pero para *venus atrapamoscas* genera mayor cantidad de raíces en respuesta al cambio de textura en el sustrato. Además, se observó un aumento en el número de trampas para el T8 (1 turba rubia + 3 piedra pómez) en respuesta al incremento en número de raíces. Por lo contrario, si llega a adaptarse, la planta tiene un crecimiento abrupto de las raíces ya existentes, manteniendo compacto su bulbo en una sola planta, este es un factor sumamente importante en este tipo de plantas ornamentales, debido a la movilización, manipulación y trasplantes, ya que necesita un anclaje sumamente fuerte al sustrato.

Para ello también es importante que la raíz se encuentre en un medio propicio para su desarrollo. Todos los sustratos estudiados cumplen con los rangos de pH señalados para *Dionaea* en su medio natural (3,5 a 5) como menciona Lecoufle (2007), con una conductividad eléctrica baja (entre 0.80 dS), indicando que los sustratos no contienen sales, ya que fueron lavados previo a la siembra, y se mantuvo un riego permanente con agua destilada (0.50 dS), tratando de simular los terrenos pantanosos de donde provienen este tipo de plantas, para esto se resalta al sphagnum como el sustrato que retiene la mayor cantidad de agua, siendo capaz de absorber 14 veces su peso en seco como lo menciona Pire y Pereira (2003). A pesar de lo antes mencionado, la turba rubia al absorber solo 4,5 veces su peso seco en agua, permitió un mejor crecimiento radicular longitudinal, como se aprecia en los resultados.

Entre las variables estudiadas de la parte aérea de *Dionaea* se puede resaltar el diámetro de trampa, llamado por Lecoufle (2007) como bisagra de los lóbulos. Fisiológicamente está cargada de iones de sodio que permiten el cierre y la apertura de la misma, constituyendo la estructura más importante y llamativa de la planta para la venta. Un seguimiento a sus medidas nos permite calcular cuánto tiempo le toma alcanzar a la planta una cierta medida comercial con la ayuda de modelos matemáticos. En esta investigación se buscó un crecimiento constante, por lo que, el tratamiento 5 (turba rubia 100%) se determinó como el mejor sustrato, ya que permite un mayor anclaje radicular, mantiene un bulbo definido y alcanza un diámetro de trampa comercial de 10 mm a los 160 días del trasplante. Esto permite un crecimiento estructurado de la roseta y sus trampas.

Finalmente, para poder definir el mejor sustrato se analizó el contenido de clorofila de cada tratamiento, atribuyendo al T5 como significativamente más alto. Como se conoce, la clorofila es un pigmento fotosintético que ayuda a transformar la energía lumínica en química dentro de la planta, la cantidad de clorofila puede variar por el estado fenológico de la planta y por los extractantes utilizados (Yépez, 2018). Hay que tomar en cuenta que esta medición de clorofila se realizó a los 75 días de aclimatación y con alcohol etílico como extractante. Manrique (2003), señala además que la clorofila varía entre especies de plantas y sus condiciones medio ambientales, por ejemplo, una rosa con aplicación de abono en forma de biol, tiene una clorofila total de 495.90 μS , a diferencia de *venus atrapamoscas* con 43.73 μS . Para poder definir si es un valor alto o bajo, se puso de referencia la clorofila medida en una planta de *venus in vitro*, con la cual se obtuvo $31.75 \pm 0.63 \mu\text{S}$, siendo un valor significativamente bajo comparado con el obtenido con el T5 (100% turba rubia).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se obtuvo el 100% supervivencia en el proceso de aclimatación de plantas de venus atrapamoscas (*Dionaea muscipula*) provenientes de in vitro en todos los tratamientos con respecto al 90% reportado por la empresa, indicando un manejo adecuado de la aclimatación de vitro plantas de venus atrapamoscas.
- Se determinó que el mejor sustrato de aclimatación para vitro plantas de venus atrapamoscas es el T5, en base a las variables analizadas: longitud de raíz 197.71 ± 19.61 , longitud de hoja 21.24 ± 2.14 mm diámetro de trampas 8.33 ± 0.58 mm a los 0, 25 y 50 días, clorofila 43.73 ± 0.63 μ S, siendo variables importantes en el crecimiento y estructuración de la planta y a su vez siendo factores determinantes en el proceso de ventas.

Recomendaciones

- Se recomienda para la aclimatación in vitro de venus atrapamoscas utilizar 100% turba rubia, mantener un riego constante y buena iluminación.
- Para iniciar una evaluación se recomienda esperar que emerjan hojas ya aclimatadas para escogerlas para el seguimiento de medidas.
- Cuantificar la influencia de la luz solar o artificial en las variables analizadas.
- Es importante señalar que se debe mantener la densidad propia del sustrato ya que sus características en maceta están dadas por el tipo de material y la mano de obra, por ello es recomendable para el trasplante, acomodar el material alrededor de la planta permitiendo que ocupe su espacio natural, sin presionar ni compactar.
- Realizar una evaluación costo beneficio, para analizar cuánto sería el ingreso económico de este cultivo bajo invernadero.

Bibliografía

- Aher, R., Kumar, B. y Sudalai, A. (2014). *Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly crown fern species by using various extracting solvents*. Research Journal of Chemical Sciences. 4(9), 63-69.
https://www.researchgate.net/publication/269699354_Spectrophotometric_Analysis_of_Chlorophylls_and_Carotenoids_from_Commonly_Grown_Fern_Species_by_Using_Various_Extracting_Solvents
- Alcalá, R. y Domínguez, C. (1997). *Biología de las plantas carnívoras: aspectos ecológicos y evolutivos*. Botanical Sciences. (60), 59 – 69. <https://doi.org/10.17129/botsci.1519>
- Baixauli, C., y Aguilar, J. (2002). Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias. *Revista Generalitat Valenciana*, 31-33.
<https://iviva.gva.es/documents/161862582/161863558/Cultivo+sin+suelo+de+hortalizas>
- Birchler, T., Rose, R., y Pardos, M. (1998). *La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica*. [Archivo PDF].
<https://compostamasvi.com/ebooks/plantaideal.pdf>
- Bunt, A. (1988). *Media and Mixes for Container-Grown Plants*. Springer Netherlands.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-011-7904-1>
- Climent, O. (2020). *Las plantas carnívoras y sus interacciones con los insectos*. [Trabajo de Fin de Grado, Universitat D'Alacant].
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/107689/1/Las_plantas_carnivoras_y_sus_interacciones_con_los_insec_Climent_Soler_Oscar.pdf
- Condori, D., Piñatelli, M., Elías, R., y Rojas, R. (2012). Análisis proximal, características fisicoquímicas y actividad antimicrobiana del musgo blanco (*Sphagnum maguellanicum* Brid.) proveniente de Junín, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(1), 37-42.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2012000100005&lng=es&tlng=es

- Córdova, J., Galindo, F., Hernández, J., Hernández, A., y Cruz, S. (2018). *Análisis de la cadena productiva de piedra pómez. Caso de estudio: en planta Pómez Jiménez*. [Archivo PDF] <https://pmii.itsm.edu.mx/productividad/CI/memoriacii2018.pdf>
- Eyherabide, M., Hernán, G., Rozas, S., Barbieri, P., y Echeverría, E. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del suelo*, 32(1), 13-19. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672014000100002&lng=es&tlng=es
- Google Earth. (2023). *Ubicación del proyecto*. <https://www.google.com/maps/place/R%C3%ADo+Agoyan,+Quito+170184/@-0.1858731,-78.3809291,139m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91d593e712d31063:0x5e8e981a32df1755!8m2!3d-0.2010926!4d-78.3778083!16s%2Fg%2F11hcrt2vrh?authuser=0&entry=ttu>
- Guzmán, J. (2018). *Optimización de un medio de cultivo para la germinación in vitro de semillas de Drosera capensis*. [Trabajo de Especialidad, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110622/JOSE%20ANTONIO%20GUZMAN%20NAVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gypsum, R. (2020). *Drosera capensis: some variation in cultivation and in the wild*. *Carnivorous plant newsletter*, 48(4), 173–180. <https://cpn.carnivorousplants.org/Article.php/CPNv49n4p173-180>
- Lara, E., Bracho, V. J., Pierre, F., y Quiroz, A. (2009). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *Bioagro*, 21(2), 117-124. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612009000200006&lng=es&tlng=es.
- Lecoufle, M. (2007). *Plantas carnívoras* (Ediciones Omega).
- Leod, C., Domínguez, E., Águila, K., Ojeda, A., y Ivelic-Sáez, J. (2017). Cómo utilizar la turba rubia de Sphagnum en horticultura. INIA Kampenaike- Informativo N° 75.

https://www.researchgate.net/publication/323836297_Como_utilizar_la_turba_rubia_de_Sphagnum_en_horticultura.

Manrique, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*.

<https://www.redalyc.org/pdf/540/54012108.pdf>

Martínez, P., y Roca, D. (2011). *Sustratos, manejo del clima, automatización y control de sistemas de cultivo sin suelo*. [Archivo PDF].

<https://academia.ceniflores.org/CentroDocumental/sustratos-manejo-del-clima-automatizacion-y-control-en-sistemas-de-cultivo-sin-suelo/>

Miclea, I., y Zăhan, M. (2017). Propagation of *Drosera rotundifolia* and *Drosera capensis* in an in vitro Culture System. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 74(2), 1843–536.

<https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb>

Pietro Paolo, J., y Pietro Paolo, P. (1986). *Carnivorous plants of the world*. [Archivo PDF].

<https://www.nhbs.com/carnivorous-plants-of-the-world-book>

Pire, R., y Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta Metodológica. *Bioagro*, 15.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612003000100007#:~:text=Las%20propiedades%20f%C3%ADsicas%20que%20usualmente,s%C3%B3lida%20del%20volumen%20del%20sustrato

Quimbia, C. (2020). *Estudio de factibilidad para la implementación de un centro de interpretación natural de plantas carnívoras en Ibarra, Imbabura, Ecuador*. [Plan de Trabajo de Grado, Universidad Técnica del Norte]

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11125/2/02%20TUR%20191%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11125/2/02%20TUR%20191%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.

- Rozo, M. (2017). *Diagnóstico del proceso de ventas de las plantas carnívoras - venus atrapamoscas - realizado en el vivero La Palma*. [Trabajo de Grado, Universidad Santo Tomás de Aquino].
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10497>
- Saa, R. (2016). El exótico cultivo de plantas carnívoras. *La Hora*, 1.
<https://www.lahora.com.ec/noticias/el-ex-tico-cultivo-de-plantas-carn-voras/>
- SAENZ FETY. (2019). Turba orange. Sustratos. *Pecuaría y Agro*, 1.
<https://saenzfety.com/producto/turba-orange/>
- Segovia, R., Bedoya, A., Triviño, W., Ceballos, H., Gálvez, G., y Ospina, B. (2002). Metodología para el endurecimiento masivo de “vitroplantas” de yuca. *La Yuca En El Tercer Milenio*, 573–584.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5628784>
- Segura, M. Á., Preciado, P., González, G., Frías, J., García, G., Orozco, J., y Enríquez, M. (2008). Adición de material pomáceo a sustratos de arena para incrementar la capacidad de retención de humedad. *Interciencia*, 33(12), 923–928.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008001200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Yépez, D. (2018). *Evaluación de un método no destructivo para determinar el contenido de nitrógeno poliar en Fragaria vesca variedad festival*. [Trabajo de Titulación, Universidad de la Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15844/T-IASA%20I-005462.pdf?sequence=1&isAllowed=y>