

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Efecto de sustratos y la alimentación en el crecimiento de
plantas carnívoras *Drosera capensis* (Droseraceae) y
Pinguicula tina (Lentibulariaceae)**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
BIÓLOGO, ESPECIALIDAD: ECOLOGÍA Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTADO POR:

Bach. Jhonny Cristobal MIRANDA PEREZ

ASESOR:

Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ

AYACUCHO - PERÚ

2024

*Infinitamente a mi madre Sra.
Candelaria Perez, a mi padre Sr. Solenio
Miranda y a mis hermanas, mi eterno
agradecimiento por su amor, apoyo y
guía, no existen palabras para expresar
lo mucho que los amo. A ti compañera de
mi vida J.*

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas y a la Escuela Profesional de Biología, por brindarme la oportunidad de crecer como profesional y persona, desarrollando habilidades y competencias que me permitirán alcanzar los objetivos en mi paso por la vida.

Expreso mi gratitud a la Institución Museo de Insectos Ayacucho – MIYA Waylis y a su Coordinadora Blga. Jedy Yanqui V. por su dedicación y apoyo incondicional durante la preparación, desarrollo y culminación de este trabajo de investigación, por las interminables horas escuchándome sobre el maravilloso mundo de las plantas carnívoras. También a la Empresa CarniSuc Plants Ayacucho por su valiosa contribución y apoyo a esta investigación, proporcionando las especies de plantas carnívoras, sustratos, equipos, materiales y el invernadero, necesarios para llevar a cabo este proyecto.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi asesor, el Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz, por su paciencia, dedicación y valioso tiempo. Su orientación desinteresada que me guió a través de los desafíos de este estudio, permitiéndome alcanzar el éxito, su conocimiento y experiencia fueron fundamentales en la elaboración y finalización de este trabajo de investigación sobre plantas carnívoras.

Adicional agradezco a todos mis docentes, quienes me acompañaron durante mi formación académica y profesional. Su labor abnegada y dedicación fueron esenciales para mi crecimiento como estudiante.

Por último, agradezco a mis compañeros que me apoyaron durante mi vida universitaria, y a todos los coleccionistas de plantas carnívoras que compartieron sus experiencias y conocimientos, contribuyendo significativamente a la materialización y realización de esta investigación, su apoyo y colaboración fueron indispensables para el éxito de este proyecto, y siempre estaré en deuda por ello, gracias por estar siempre.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	17
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1 Antecedentes	19
2.2 Marco conceptual	25
2.3 Bases teóricas	27
2.3.1 Plantas carnívoras	27
2.3.2 Condiciones generales para su cultivo	29
2.3.3 Clasificación taxonómica de las plantas carnívoras	31
2.3.4 Tipos de trampas de las plantas carnívoras	32
2.3.5 Drosera Linneo 1753	36
2.3.6 Pinguicula Linneo 1753	38
2.3.7 Actividad proteolítica de enzimas digestivas	39
2.3.8 Absorción y asimilación de nutrientes por las plantas carnívoras	45
2.3.9 Metabolismo de los compuestos nitrogenados en plantas carnívoras	49
2.3.10 Crecimiento en plantas carnívoras	50
2.3.11 Sustrato	52
2.3.12 Musgo esfagno “musgo blanco”	56
2.3.13 Turba rubia “peat moss”	56
2.3.14 Fibra de coco	57
2.3.15 Perlita agrícola	59
III. MATERIALES Y MÉTODOS	61
3.1 Lugar de ejecución	61
3.2 Población y muestra experimental	61
3.2.1 Población	61
3.2.2 Muestra	61
3.2.3 Unidad muestral u observacional	61
3.3 Diseño de investigación	61
3.4 Metodología	63

3.4.1 Identificación y taxonomía de las plantas carnívoras	63
3.4.2 Construcción y acondicionamiento del invernadero pasivo	64
3.4.3 Registro de los parámetros del ambiente y del agua	64
3.4.4 Producción y manejo de las plantas carnívoras	65
3.4.5 Cultivo de las plantas carnívoras en los sustratos	65
3.4.6 Aplicación de las presas a las plantas carnívoras	65
3.4.7 Recolección de datos	66
3.5 Análisis estadístico	66
IV. RESULTADOS	67
V. DISCUSIÓN	81
VI. CONCLUSIONES	89
VII. RECOMENDACIONES	91
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Contenido	Pág.
Tabla 1	Representación taxonómica de las especies de las plantas carnívoras conocidas actualmente	31
Tabla 2	Datos en el invernadero y del agua del riego durante el crecimiento de las plantas.	65
Tabla 3	Características del sustrato comercial turba rubia	101
Tabla 4	Características del sustrato comercial musgo esfagno deshidratado	101
Tabla 5	Características del sustrato comercial fibra de coco	101
Tabla 6	Características del aireante perlita agrícola	101

ÍNDICE DE FIGURAS

	Contenido	Pág.
Figura 1	Trampas activas de una <i>Dionaea muscipula</i> “venus atrapamoscas”.	32
Figura 2	Trampas semiactivas de sustancia viscosa, (A) <i>Drosera binata</i> var. ghost y (B) <i>Drosera coccicaulis</i> .	34
Figura 3	Trampas semiactivas de sustancia viscosa en <i>Pinguicula hemiepiphytica</i> y (<i>Pinguicula agnata</i> x <i>Pinguicula gipsicola</i>).	34
Figura 4	Trampas pasivas tipo embudo, (A) <i>Sarracenia sp.</i> y (B) <i>Sarracenia leucophylla</i> .	35
Figura 5	Trampas pasivas tipo jarro, (A) <i>Cephalotus follicularis</i> y (B) <i>Nepenthes rafflesiana</i> .	36
Figura 6	Planta carnívora <i>Drosera binata</i> var. dichotoma en proceso de digestión.	37
Figura 7	Plantas carnívoras (A) <i>Pinguicula weser</i> y (B) <i>Pinguicula tina</i> en proceso de digestión.	39
Figura 8	Estructura de la hoja de <i>Drosera</i> . A: tentáculo, B: hoja seccionada, C: hoja, D: tentáculos doblándose y E: tentáculos desdoblándose.	43
Figura 9	Estructura de la hoja de <i>Pinguicula</i> . A: superficie de la hoja y B: hoja seccionada.	44
Figura 10	Bioquímica de la degradación de las presas en las glándulas digestivas en la trampa de la planta carnívora <i>Dionaea muscipula</i> .	47
Figura 11	Similitudes funcionales entre una hoja trampa y un tracto digestivo humano.	48
Figura 12	Sustratos comerciales para plantas: musgo esfagno, turba rubia, fibra de coco y aireante perlita agrícola.	59
Figura 13	Diseño experimental del primer bioensayo, conformado por tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento.	63
Figura 14	Diseño experimental del segundo bioensayo, conformado por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento.	64
Figura 15	Tendencia del incremento de la altura promedio de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> cultivada en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.	69
Figura 16	Producción de hojas trampa promedio y desviación estándar de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> cultivada en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.	70
Figura 17	Producción de escapos florales promedio de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> cultivada en tres tipos de sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.	71
Figura 18	Tendencia del incremento del diámetro promedio de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> cultivada en tres tipos de sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.	72

Figura 19	Producción de hojas trampa promedio y desviación estándar de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> cultivada en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.	73
Figura 20	Producción de flores promedio de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> cultivado en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.	74
Figura 21	Tendencia del incremento de la altura promedio de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.	75
Figura 22	Producción de hojas trampas promedio y desviación estándar de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.	76
Figura 23	Producción de escapos florales promedio de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.	77
Figura 24	Tendencia del incremento del diámetro promedio de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.	78
Figura 25	Producción de hojas trampa promedio y desviación estándar de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.	79
Figura 26	Producción de flores promedio de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.	80

ÍNDICE DE ANEXOS

	Contenido	Pág.
Anexo 1	Características de los sustratos comerciales utilizados	101
Anexo 2	Prueba P de normalidad del crecimiento de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> cultivado en tres sustratos comerciales, utilizando la prueba de Shapiro – Wilk con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2023.	102
Anexo 3	Prueba P de normalidad del crecimiento de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> cultivado en tres sustratos comerciales, utilizando la prueba de Shapiro – Wilk con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2023	102
Anexo 4	Prueba P de normalidad del crecimiento de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”, utilizando la prueba de Shapiro – Wilk con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2023.	103
Anexo 5	Prueba P de normalidad del crecimiento de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”, utilizando la prueba de Shapiro – Wilk con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2023.	103
Anexo 6	Análisis de varianza del crecimiento de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> cultivado en tres sustratos comerciales. Ayacucho – 2023.	104
Anexo 7	Comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%, para el crecimiento de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> cultivado en tres sustratos comerciales. Ayacucho – 2023.	104
Anexo 8	Análisis de varianza del crecimiento de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> , cultivado en tres sustratos comerciales. Ayacucho – 2023.	105
Anexo 9	Comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%, para el crecimiento de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> cultivado en tres sustratos comerciales. Ayacucho – 2023.	105
Anexo 10	Análisis de varianza del crecimiento de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”. Ayacucho – 2023.	106
Anexo 11	Comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%, para el crecimiento de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”. Ayacucho – 2023.	106
Anexo 12	Análisis de varianza del crecimiento de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> mediante la aplicación de	107

	cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”. Ayacucho – 2023.	
Anexo 13	Comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%, para el crecimiento de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre”. Ayacucho – 2023.	107
Anexo 14	Proceso de producción de las plantas carnívoras, preparación de los sustratos y llenado en las macetas.	108
Anexo 15	Proceso de selección y trasplante de las plantas carnívoras en sus respectivas macetas	110
Anexo 16	Proceso de alimentación con <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre” a las plantas carnívoras.	112
Anexo 17	Proceso de evaluación del crecimiento de las plantas carnívoras.	113
Anexo 18	Equipos utilizados y fotografías del investigador.	114
Anexo 19	Proceso de la captura y digestión de presas por la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> .	115
Anexo 20	Proceso de la captura y digestión de las presas por la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> .	116
Anexo 21	Constancia de identificación por Especialista de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> “rocío de sol”.	117
Anexo 22	Constancia de identificación por Especialista de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> “pinguicula x tina”.	118
Anexo 23	Muestra botánica de la planta carnívora <i>Drosera capensis</i> utilizada en el presente estudio.	119
Anexo 24	Muestra botánica de la planta carnívora <i>Pinguicula tina</i> utilizada en el presente estudio.	120
Anexo 25	Manual de cuidados necesarios de las plantas carnívoras	121
Anexo 26	Matriz de consistencia	122

RESUMEN

El descubrimiento de las plantas carnívoras causó una gran conmoción en la comunidad científica en su época, ya que desafiaba la creencia de que las plantas no podían ser carnívoras, mencionando que iba contra el orden natural de la vida. Estas plantas presentan adaptaciones únicas que les permiten invertir el papel de los animales (de cazadores a ser presas), atrayendo, capturando y digiriendo las presas mediante enzimas y glándulas especializadas. Ellas habitan en entornos extremos como pantanos, turberas y suelos ácidos, donde otras plantas no podrían sobrevivir, y actúan como bioindicadores de suelos pobres en nutrientes. Debido a la falta de investigaciones científicas y la necesidad de encontrar sustratos adecuados para su cultivo en ambientes controlados, se evaluó el efecto de tres sustratos comerciales diferentes y la importancia de la carnivoría en el crecimiento de la *Drosera capensis* (Droseraceae) y la *Pinguicula tina* (Lentibulariaceae). Este estudio sienta las bases para futuras investigaciones en ecología, bioquímica, aplicaciones biotecnológicas, medicina, control biológico y otros campos relacionados con las plantas carnívoras.

Antes de iniciar los experimentos, se realizó la producción de las plantas carnívoras, seleccionando plantas de tamaño uniforme con buenas raíces y hojas. Primero se evaluó el crecimiento de estas plantas en tres sustratos comerciales diferentes (musgo esfagno, turba rubia y fibra de coco) durante 180 días. Segundo se evaluó el efecto de suministrar presas en el crecimiento de las plantas, aplicando cuatro cantidades de alimento (0, 2, 5 y 10 presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”) durante 180 días. Ambos experimentos se llevaron a cabo en un invernadero pasivo artesanal con condiciones adecuadas de temperatura, humedad, iluminación y riego.

Los resultados mostraron que el crecimiento de ambas especies es significativamente diferente en los tres sustratos y con la aplicación de las cuatro cantidades de alimento. Mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) se determinó que el mejor sustrato para el crecimiento de *Drosera capensis* y la *Pinguicula tina* es el musgo esfagno y la turba rubia respectivamente, además la dotación de 10 presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre” como alimento produce un mayor efecto en el crecimiento de ambas especies.

Estos resultados tienen implicancias importantes para la conservación y el cultivo de estas especies, y contribuir a una mejor comprensión de sus necesidades y requerimientos en ambientes controlados (invernaderos). Además de tener aplicaciones prácticas en la producción de plantas carnívoras y contribuir al desarrollo de métodos de cultivo más eficientes.

Palabras clave: carnivoría, drosera, fibra de coco, musgo esfagno, pinguicula, plantas carnívoras, sustrato, turba rubia.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las plantas carnívoras han ganado popularidad debido a su rareza y características únicas, lo que ha incrementado su demanda, sin embargo, su cultivo es considerado desafiante debido a la dificultad para aclimatarlas y elegir el sustrato adecuado. Históricamente, algunas plantas carnívoras se utilizaban con fines medicinales, como la *Drosera rotundifolia* que contiene el principio activo "plumbagina" con propiedades curativas contra la tos ferina, el asma y afecciones de garganta, también la *Pinguicula vulgaris* usada para aliviar el dolor de picaduras de ciertos insectos (Blondeau, 2004). Que actualmente, la comunidad científica investiga las propiedades medicinales y principios activos de estas plantas.

La *Dionaea muscipula* "venus atrapamoscas" es la especie más famosa de plantas carnívoras a nivel mundial, mientras que otras como Drosera, Pinguicula, Sarracenia, Nepenthes y Utricularia son menos conocidas. Estas plantas son consideradas una rareza botánica, descritas como extraordinarias por Charles Darwin en su libro "Insectivorous plants" (1875), que cambió el paradigma sobre el conocimiento de las plantas debido a su complejidad para capturar presas vivas utilizando diversas trampas y artimañas.

Las plantas carnívoras poseen características distintivas morfológicas (hojas grandes, carnosas y llenas de mucilago) teniendo el papel de atraer, capturar y la capacidad de digerir insectos mediante enzimas, además que sus formas variadas, exóticas y la belleza en sus coloridas flores, muchas son muy atractivos confiriendo un valor ornamental, además de ser excelentes controladores naturales de ciertos insectos como las moscas, zancudos, mosquitos, polillas, etc., siendo una buena opción para deshacernos de insectos molestos en casa.

En su hábitat natural, la disponibilidad de alimento es crucial para la adquisición de nutrientes necesarios para realizar la fotosíntesis y el crecimiento, incluyendo la formación de flores y producción de semillas de calidad que garantizan la supervivencia y perpetuidad de las plantas carnívoras, estas se desarrollan en ambientes que son muy pobres en nutrientes, como son los pantanos y turberas (Blondeau, 2004), al vivir en tales condiciones naturales, para su cultivo en ambientes controlados (invernaderos) se hace la explotación de las turberas, extrayendo toneladas de turba provocando un impacto ambiental de consideración, siendo este un recurso que su renovación es muy lenta, de igual manera con el musgo esfagno que son extraídas del ambiente.

El sustrato y la alimentación complementaria son dos factores críticos que puedan influir en la salud y el rendimiento de las plantas carnívoras en cultivo para optimizar su producción (mediante la selección de sustratos y cantidades de alimento adecuados). Sin embargo, hay falta de información científica sobre como diferentes sustratos y regímenes de alimentación afectan el crecimiento, nutrición y supervivencia, este trabajo contribuye a la investigación científica en este campo abriendo posibilidades para futuras aplicaciones en ecología (entendiendo cómo las plantas carnívoras se adaptan a diferentes ambientes y condiciones), bioquímica (analizando los procesos bioquímicos involucrados en la digestión y absorción de nutrientes), biotecnología (desarrollando aplicaciones prácticas para la producción *in vitro* de plantas carnívoras), medicina (investigando posibles usos medicinales de las plantas carnívoras), control biológico (utilizando plantas carnívoras para controlar plagas y enfermedades), etc. Esta investigación tuvo como objetivo general evaluar el efecto de tres sustratos comerciales y el efecto de la aplicación de cuatro cantidades de alimento en el crecimiento de dos plantas carnívoras *Drosera capensis* y *Pinguicula tina* en condiciones de invernadero de tipo pasivo, para lo cual se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar el efecto de tres tipos de sustratos comerciales (turba rubia, musgo esfagno y fibra de coco) en el crecimiento de las plantas carnívoras *Drosera capensis* y *Pinguicula tina*.
2. Determinar el efecto de la aplicación de cuatro cantidades de alimento (0, 2, 5 y 10 presas de *Drosophila melanogaster*) en el crecimiento de las plantas carnívoras *Drosera capensis* y *Pinguicula tina*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Desde que fueron descubiertas, las plantas anteriormente conocidas como insectívoras, han sido objeto de misterio, fascinación y estudio, a medida que se han realizado más investigaciones, se ha comprendido mejor su comportamiento y se ha cambiado su clasificación pasando a llamarse carnívoras, ya que invierten el papel de los animales a ser presas (Alcalá & Domínguez, 1997). El cultivo de plantas carnívoras es un desafío incluso para los horticultores experimentados, como lo demostró el propio Darwin con sus "venus atrapamoscas". Aunque el interés por estas plantas ha fluctuado a lo largo del tiempo, hubo un pico notable en la era victoriana, cuando los entusiastas de las plantas y los viveros financiados en Gran Bretaña intentaron cultivar *Nepenthes* y orquídeas, aunque con frecuencia no tenían éxito (Barry A. Rice, 2006). En la actualidad, los cultivadores de plantas carnívoras en nuestro país experimentan con diferentes sustratos, mezclas y proporciones para adaptarlas, pero a menudo enfrentan problemas de crecimiento y supervivencia, esto dificulta la producción de estas plantas, que están ganando prestigio en la cultura popular.

En Ecuador Cifuentes (2023) realizó un experimento para evaluar ocho sustratos diferentes para la aclimatación de plantas de *Dionaea muscipula* "venus atrapamoscas" propagadas *in vitro*, con el objetivo de encontrar el sustrato que mejore la supervivencia y el desarrollo de estas plantas carnívoras. Los sustratos se prepararon con diferentes proporciones de musgo esfagno y turba rubia, con y sin piedra pómez. Se midieron variables como el ancho del rizoma, el número y longitud de las raíces, el largo del peciolo, el ancho de la trampa y el número de trampas. Después de 75 días, se determinó que el sustrato (100% turba rubia) fue

el más efectivo, con una longitud de raíz de 197,71 mm, longitud de peciolo de 21,24 mm y diámetro de trampas de 8,33 mm. Este estudio sugiere que la turba rubia es el sustrato ideal para la aclimatación de las plantas carnívoras *Dionaea muscipula* “venus atrapamoscas” propagadas *in vitro*.

En España Paniw *et al.* (2017) realizaron un experimento en la cual cultivaron la planta carnívora *Drosophyllum lusitanicum* en un sustrato de turba y arena de sílice (mezcla 1:1), se realizó en un invernadero con temperatura ambiente y humedad relativa entre 70 y 90% durante todo el experimento, simulando las condiciones ambientales de las poblaciones naturales, después de 90 días de crecimiento las plantas se alimentaron con *Drosophila virilis* “moscas de la fruta” muertas por congelación, las moscas se criaron en un medio rico en carbohidratos y se mantuvieron congeladas antes de su uso. Se midieron el número de hojas completamente desarrolladas y la longitud de la hoja más larga de cada planta al comienzo del experimento. Los resultados mostraron que las plantas alimentadas con insectos crecieron más de 4 veces que las plantas no alimentadas con insectos durante el experimento, y produjeron una biomasa seca más de 5 veces, tanto en la parte aérea como en la subterránea, independientemente de las condiciones de fertilidad del suelo. Este estudio demuestra la importancia de la alimentación con insectos para el crecimiento y desarrollo de las plantas carnívoras, y sugiere que la fertilidad del suelo no es un factor determinante en el crecimiento de estas plantas cuando se les proporciona una fuente de nutrientes alternativa a través de la alimentación con insectos.

En Brasil Santini *et al.* (2015) debido a la falta de investigaciones sobre plantas carnívoras y la dificultad de adaptar el sustrato ideal para su desarrollo y crecimiento realizaron un estudio para evaluar las características de crecimiento y desarrollo de la planta carnívora *Drosera spatulata* en diferentes sustratos, para lo cual se evaluaron cuatro tratamientos: fibra de coco (100%); turba + fibra de coco (4:1); fibra de coco + turba (1:4) y turba + Plantmax® (sustrato comercial para cultivo de plantas) (4:1). Las plantas se cultivaron en condiciones de invernadero con humedad relativa de 85±5% durante 120 días. Los resultados mostraron que: la fibra de coco proporcionó un mejor establecimiento y adaptación de la planta, la fibra de coco (100%) y la fibra de coco + turba (4:1) produjeron un mayor número de hojas y el sustrato con fibra de coco favoreció la germinación de semillas de *Drosera spatulata*, satisfaciendo las necesidades requeridas para la producción de plántulas. Este estudio demostró que la fibra de coco es un sustrato efectivo

para el crecimiento y desarrollo de la *Drosera spatulata*, y que la combinación de fibra de coco y turba también produce buenos resultados.

En Ecuador Jiménez (2014) realizó un estudio para evaluar la influencia de cuatro sustratos en el desarrollo de dos especies de orquídeas, *Dendrobium earsakul* y *Dendrobium sky blue*. Los sustratos evaluados fueron musgo esfagno, musgo nacional, turba y fibra de helecho. Se midieron parámetros como el porcentaje de prendimiento, número de hojas, altura de la planta y vigor fisiológico. Los resultados mostraron que el musgo esfagno es el mejor sustrato para el crecimiento y desarrollo de ambas especies de orquídeas, ya que alcanzó un mayor porcentaje de prendimiento, produjo un mayor número de hojas, logró una mayor altura de plantas y mostró un buen vigor fisiológico. Este estudio demostró que el musgo esfagno es el sustrato más adecuado para el cultivo de estas dos especies de orquídeas.

En Republica Checa Adamec (2002) realizó un estudio en condiciones de invernadero para investigar si la absorción de nutrientes minerales por las hojas en plantas carnívoras estimula la absorción de nutrientes por las raíces. Se utilizaron plantas de roseta perenne *Drosera capillaris*, *Drosera aliciae* y *Drosera spatulata*, y se suministraron nutrientes minerales equivalentes al contenido en las presas, utilizando como modelo la *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre” y larvas de *Culex pipens* “mosquito”. Los resultados mostraron que el suministro de nutrientes a las hojas mejoró significativamente el crecimiento en las tres especies de *Drosera*, y las plantas “fertilizadas” de *Drosera capillaris* y *Drosera aliciae* diferían de manera estadísticamente significativa ($p < 0,05$) de los controles no “fertilizados” en longitud de la hoja más larga y número de hojas vivas, el suministro de nutrientes foliares aumentó el crecimiento en un 88% en *Drosera capillaris*, 120% en *Drosera aliciae* y 81% en *Drosera spatulata*, los nutrientes proporcionados por las hojas se acumularon en la biomasa de la planta y estimularon la absorción de nutrientes por las raíces en las tres especies de plantas probadas. Este estudio demostró que la absorción de nutrientes minerales por las hojas en plantas carnívoras estimula la absorción de nutrientes por las raíces y mejora el crecimiento de la planta.

En Suecia Thorén & Karlsson (1998) realizaron un estudio para evaluar los efectos de la alimentación complementaria con *Drosophila melanogaster* “moscas de la fruta” (muertas por congelación) en el crecimiento y la reproducción de tres especies de plantas carnívoras *Pinguicula alpina*, *Pinguicula villosa* (ambas de

baja altitud, 400 msnm) y *Pinguicula vulgaris* (de gran altitud, 800 msnm). Se suministraron dos moscas a cada planta por semana, los resultados mostraron que las plantas con alimentación complementaria aumentaron de tamaño en relación con las plantas control, asimismo la relación de plantas en floración aumentó con alimentación complementaria en comparación con las plantas de control, y la producción de semillas aumentó en respuesta a la alimentación complementaria. Este estudio demostró que la alimentación complementaria con moscas muertas por congelación tiene un efecto positivo en el crecimiento y la reproducción de las plantas carnívoras, mejorando su tamaño, floración y producción de semillas, esto sugiere que la alimentación complementaria es beneficiosa para la supervivencia y el éxito reproductivo de estas plantas en entornos con escasez de nutrientes.

En Australia Karlsson & Pate (1992) investigaron los efectos de la alimentación suplementaria con insectos y nutrientes minerales en el crecimiento de especies pigmeas. Estudiaron las respuestas de crecimiento y la acumulación de nitrógeno (N) y fósforo (P) en dos especies de *Drosera* después de la alimentación suplementaria con artrópodos (*Hypogastrura vernalis* “colémbolos” y *Drosophila melanogaster* “moscas de la fruta”) y/o un suplemento nutritivo mineral equilibrado (N como nitrato) a través de las raíces. El experimento de alimentación se utilizó plantas propagadas y cultivadas en invernadero a partir de sus estructuras vegetativas de la *Drosera closterostigma* perenne, los otros tres (dos en *Drosera closterostigma* y uno en *Drosera glanduligera* anual) fueron poblaciones naturales que participaron en la captura natural de presas. Los resultados mostraron aumentos significativos en la materia seca de las plantas carnívoras y en el rendimiento reproductivo después de la alimentación artificial con artrópodos, no se registraron aumentos aparentes mediante la aplicación del suplemento nutritivo mineral (N como nitrato), la falta de respuesta a los nutrientes minerales se relacionó con la incapacidad de la especie para usar nitrato como fuente de nitrógeno, y el crecimiento y la respuesta de absorción de nutrientes indicaron que el crecimiento de las poblaciones naturales podría verse severamente afectado por capturas limitadas o inadecuadas de presas. Se concluyó que las condiciones pobres en nutrientes del hábitat de las plantas carnívoras pueden haber promovido una marcada especialización hacia la carnivoría y una reducción en la capacidad de utilizar fuentes de nutrientes derivadas del suelo.

En Estados Unidos Krafft & Handel (1991) investigaron el papel de la carnivoría en el crecimiento y la reproducción de *Drosera filiformis* y *Drosera rotundifolia* en condiciones de invernadero, para lo cual se alimentaron las plantas con diferentes cantidades (0, 5, 10 y 20 presas de *Drosophila melanogaster* “moscas de la fruta”) por semana durante 7 u 8 semanas en la temporada de crecimiento. Los resultados mostraron que: la alimentación con moscas mejoró el crecimiento en ambas especies, la *Drosera rotundifolia* mantuvo los efectos del tratamiento de alimentación después de finalizado, mientras que *Drosera filiformis* no, la alimentación con moscas fue más beneficiosa para la reproducción que para el crecimiento, y las plantas alimentadas con 10 y 20 moscas semanales produjeron más escapos florales y el número de flores que las plantas sin alimentar. Se concluyó que la carnivoría tiene beneficios inmediatos en ambientes pobres en nutrientes y también puede tener efectos a largo plazo en el crecimiento y la reproducción de las plantas carnívoras.

En Alemania Schulze & Schulze (1990) investigaron la relación entre la captura de insectos y el crecimiento de la planta insectívora *Drosera rotundifolia* L., los resultados mostraron que el crecimiento de nuevas hojas se relacionó con la captura de insectos, las tasas de captura aumentaron con el área foliar de la planta, y el aumento del crecimiento de las hojas fue contrarrestado por la pérdida de hojas lo que se asemejó al crecimiento de las hojas en plantas con una tasa natural de captura de insectos, la ganancia de nitrógeno de la presa (alrededor del 24% al 30%) se almacena en el hipocótilo, y el nitrógeno almacenado en el hipocótilo después del invierno se originó a partir de la captura de insectos en la temporada anterior. Este estudio demostró que la captura de insectos es importante para el crecimiento y supervivencia de *Drosera rotundifolia*, y que la planta almacena el nitrógeno obtenido de las presas en el hipocótilo para su uso posterior. La relación entre la captura de insectos y el crecimiento de la planta depende de factores como el área foliar y la tasa de captura.

En Alemania Thum (1988) estudió los efectos de la alimentación complementaria con moscas *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre” en plantas de *Drosera intermedia* y *Drosera rotundifolia* que crecen en su hábitat natural, los resultados mostraron que la alimentación complementaria aumentó significativamente el peso seco de las plantas, el número de hojas, flores y semillas, y el área de captura en ambas especies, el efecto de la alimentación complementaria fue mayor en *Drosera intermedia* que en *Drosera rotundifolia*, sin embargo, el efecto de la

alimentación complementaria en el porcentaje de plantas florecientes fue mayor en *Drosera rotundifolia*, el número de semillas por unidad de biomasa fue aproximadamente el doble en *Drosera rotundifolia* que en *Drosera intermedia*. Ambas especies mostraron un "efecto fertilizante" similar cuando se consideraron solo las presas absorbidas realmente por unidad de biomasa vegetal. Este estudio demostró que la alimentación complementaria con moscas tiene un efecto positivo en el crecimiento y reproducción de las plantas de *Drosera*, y que el efecto varía entre las dos especies estudiadas.

En Australia Chandler & Anderson (1976) realizaron un estudio sobre la nutrición y el crecimiento de especies de *Drosera binata* y *Drosera whittakeri*, las cuales se cultivaron en sustrato de arena y turba (2:1) formando dos grupos, el primer grupo alimentadas con insectos *Drosophila melanogaster* en las trampas con mucilago en un medio deficiente de nitrógeno, un segundo grupo complementado con solución de sales inorgánicas con fuente de nitrógeno, azufre, fósforo y micro elementos. Los resultados mostraron que el crecimiento óptimo de ambas especies se logró cuando se les proporcionaron insectos (*Drosophila melanogaster*) en un medio deficiente de nitrógeno, la adición de nitrógeno inorgánico (como nitrato) al sustrato en ausencia de insectos inhibió el crecimiento de las plantas, la alimentación con insectos fue esencial para el crecimiento óptimo de las plantas, incluso en presencia de otros nutrientes esenciales como azufre, fósforo y microelementos. Este estudio demostró que la obtención de nitrógeno a través de la captura de insectos es crucial para el crecimiento y supervivencia de las especies de *Drosera*, y que la adición de nitrógeno inorgánico no puede reemplazar la necesidad de insectos como fuente de nutrientes.

No se encontró antecedentes de investigaciones referentes a las plantas carnívoras en nuestro país, solo se destacan la presencia de estas plantas en diferentes regiones del Perú, pero no se han desarrollado investigaciones detalladas sobre ellas. Existen registros de especies endémicas como la *Drosera peruensis* en el Región Pasco (al sureste de Oxapampa) ocupando suelos arenosos en los Bosques Muy Húmedos a 2700 - 2800 msnm (León, 2006); también existen registro de la *Drosera condor* a 2090 y 2500 msnm endémica de la Cordillera del Cóndor a lo largo de la frontera entre los dos países Perú (Amazonas) y Ecuador (Morona-Santiago y Zamora-Chinchiipe) creciendo sobre piedra arenisca (Gonella *et al.*, 2016); además la *Pinguicula rosmarieae* en el Departamento de San Martín y Amazonas a altitudes aproximadas de 2500 a 3100

msnm creciendo en hábitats rocosos ya sea bajo agua en movimiento o en el rocío de pequeñas cascadas y ocasionalmente sobre las ramas cubiertas de musgo de *Polylepis multijuga*; también la *Pinguicula involuta* perteneciente a los países Bolivia y Perú en el Departamento de Huánuco y Pasco creciendo en musgos húmedos a altitudes de 2700 a 3400 msnm (Casper *et al.*, 2020).

2.2 Marco conceptual

Carnivoría: se define por un conjunto de particularidades morfológicas y fisiológicas que les permiten atraer, capturar, asimilar y absorber nutrientes esenciales como el fósforo y nitrógeno a partir de las presas como insectos y pequeños vertebrados (Aranguren, 2022). Surgiendo como una adaptación de las plantas para sobrevivir en su hábitat natural con escasez de nutrientes como el nitrógeno, y evolucionando en respuesta como defensa ante los insectos.

Planta carnívora: son aquellas plantas que capturan pequeños insectos mediante diferentes trampas especializadas, de cuyas presas obtienen nutrientes que no son proporcionados por el suelo en las que habitan (Lecoufle, 2006).

Enzima: es una molécula biológica que acelera las reacciones químicas en los organismos vivos, estas moléculas son proteínas especializadas que catalizan reacciones, permitiendo que ocurran de manera más eficiente y rápida.

Droseraceae: familia que se compone de 3 géneros *Aldrovandra*, *Dionaea* y *Drosera*, todas tienen en sus hojas tricomas glandulares que segregan mucílago y que la función principal es atrapar pequeños insectos, en la *Aldrovanda* spp. y la *Dionaea muscipula* toda la hoja funciona como trampa, mientras que en las *Drosera* spp. el tipo de captura es semiactiva de sustancia viscosa (Gómez & Gómez-Laurito, 1998).

Lentibulariaceae: familia que se compone de 3 géneros *Genlisia*, *Pinguicula* y *Utricularia*, la *Pinguicula* spp. posee hojas cubiertas con pelos glandulares; *Utricularia* spp. en las raíces lleva utrículos de estructura compleja, y *Genlisia* spp. carecen de raíces, pero poseen hojas que crecen sobre la superficie y otras que se desarrollan bajo el suelo (Zamudio, 2005).

***Drosera capensis*:** nombre asignado por el botánico Carlos Linneo en 1753, "drosera" proviene del griego "δρόσος" (drosos), que significa "rocío" o "gotas de rocío", y "capensis" proveniente del latín que significa "de El Cabo", este nombre se refiere a la región de El Cabo, en Sudáfrica, donde se encuentra la planta (Barry A. Rice, 2006). El sufijo "-ensis" es un sufijo latino que se utiliza para indicar la procedencia o el lugar de origen de una especie.

Pinguicula tina: “pinguicula” proviene del latín “pinguis”, que significa “grasa” o “untuoso”, en referencia a la textura de las hojas de la planta, y “tina” es el epíteto específico del híbrido, que fue nombrado en honor a la botánica Tina Samuels, quien descubrió la planta en 1990 (Barry A. Rice, 2006).

Sustrato: se refiere a todo material sólido diferente del suelo, el cual permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular, capaz de proporcionar agua a la planta y a las raíces el oxígeno necesario para su respiración, es el medio en el que crecen las plantas (Tamargo, 2012).

Turba rubia: es un material orgánico, de color pardo oscuro, rico en carbono ya que procede de la descomposición a lo largo de miles de años de muchas especies de musgo del género *Sphagnum* (Urrestarazu, 2004).

Musgo esfagno: plantas no vasculares (*Sphagnum* spp.), capaces de retener gran cantidad de agua entre sus estructuras, utilizado para cultivar plantas con gran demanda de agua y humedad constante (Agüero, 2013).

Fibra de coco: material orgánico procesado y obtenido a partir de cáscaras de *Cocos nucifera* L. “coco”, ofrece propiedades únicas en medios de crecimiento para plantas, como la retención de agua, aireación a las raíces y movimiento del agua (Buechel, 2021).

Perlita: es un mineral natural (silicato aluminico) expandido a altas temperaturas, mejora el drenaje, la aireación y controla la humedad en el sustrato, principalmente sirve para que las raíces no se saturen de humedad y lleguen a podrir (Urrestarazu, 2004).

Crecimiento: proceso mediante el cual se da un aumento en el número y volumen de las células que constituyen un organismo, para así formar nuevas estructuras y órganos (Azcón-Bieto & Talón, 2013).

Presa: organismo el cual ha sido cazado o atrapado de alguna manera por otro individuo (llamado depredador) generalmente con el fin de alimentarse.

Drosophila melanogaster: insectos pequeños pertenecientes a la Familia Drosophilidae del Orden Diptera, muy utilizadas en la investigación científica debido a que son fáciles de cultivar, de pocos requerimientos y bajos costos.

Invernadero pasivo: es una construcción cerrada de estructura metálica o madera, de cubierta exterior de plástico o de vidrio translúcido, destinado al cultivo de plantas de requerimientos especiales, brinda protección de excesos de los factores ambientales como la humedad, vientos y lluvias, utiliza la luz natural y la ventilación natural sin sistemas de control de temperatura.

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Plantas carnívoras

Son un grupo de plantas fascinantes y únicas que han evolucionado para obtener nutrientes capturando y digiriendo presas (generalmente insectos), atraen a sus presas mediante artimañas de colores y olores, y luego las capturan y digieren gracias a unas glándulas y enzimas especializadas (Lecoufle, 2006). Históricamente, el contacto humano con las plantas carnívoras ha sido limitado debido a su rareza y la falta de conocimiento sobre ellas (Climent, 2020), pues la ausencia de fósiles ha hecho que su origen y evolución sean un misterio (Lecoufle, 2006). En la Edad Media, el hábito carnívoro de algunas plantas era visto como antinatural por la corriente religiosa del creacionismo que siempre ha defendido el orden natural de las cosas y se creía que estaban poseídas por el demonio y come humanos (Climent, 2020), se pensaba que alteraban el orden natural ya que los vegetales debían ser la base de la alimentación de los animales y no al revés (Lecoufle, 2006).

Las plantas carnívoras son un grupo de aproximadamente 810 especies que tienen la capacidad de capturar y digerir presas animales, para obtener nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo (Adamec *et al.*, 2021).

Pertenecen a la división fanerógama, producen frutos, producen flores (no carnívoras) y semillas que sirven para la reproducción y perpetuación de las especies, una característica interesante de las plantas carnívoras es que atraen a los polinizadores, pero no los capturan, ya que necesitan su ayuda para reproducirse, entonces los insectos tienen una doble función: polinizar y servir como fuente de alimento para las plantas, por lo tanto, la presencia de insectos es indispensable para la supervivencia de las plantas carnívoras (Blondeau, 2004; Lecoufle, 2006). Es importante destacar que las plantas carnívoras no obtienen todos los nutrientes necesarios del suelo, por lo que la captura y digestión de presas es una adaptación para obtener los nutrientes que les faltan.

Entre las especies de plantas carnívoras tienen características análogas que les permiten capturar y obtener nutrientes de organismos pequeños, estas características incluyen la modificación de las hojas en trampas para capturar presas y la obtención de nutrientes complementarios a través de la digestión de animales (Climent, 2020), principalmente insectos y artrópodos (R. Alcalá, 2011). El factor abiótico principal que limita la propagación de las plantas carnívoras es la disponibilidad de nutrientes en el suelo y agua (Santini *et al.*, 2015), por tanto

estas plantas usan la digestión de presas como fuente complementaria de nutrientes, además de las sales minerales obtenidas del agua (Cruz *et al.*, 2013). La carnivoría en las plantas es una adaptación compleja a hábitats específicos, caracterizados por ser húmedos, soleados y pobres en nutrientes (Adamec *et al.*, 2021), debido a estas condiciones las plantas carnívoras han evolucionado para modificar sus hojas (que originalmente se enfocaban en el proceso fotosintético) hacia sistemas de trampas especializadas para capturar insectos y otros pequeños organismos (Alcalá, 2011). Estas trampas son análogas al sistema digestivo de los animales y están equipadas con mecanismos para descomponer y absorber los nutrientes de las presas capturadas, de esta manera, las plantas carnívoras pueden sobrevivir y prosperar en hábitats donde otros vegetales no podrían debido a la falta de nutrientes (Freund *et al.*, 2022).

Las plantas carnívoras han desarrollado estructuras de caza especializadas que secretan enzimas para digerir a las presas y absorber los nutrientes a través del tejido epitelial interno de la trampa (Climent, 2020). Estas capacidades se han adquirido de forma convergente en múltiples linajes de angiospermas mediante la modificación de órganos específicos, como las hojas (Freund *et al.*, 2022).

Han desarrollado mecanismos de atracción, captura y digestión de pequeños animales para obtener un aporte extra de nutrientes, como nitrógeno y fósforo en ambientes con suelos pobres en nutrientes como las turberas (Cruz *et al.*, 2013). Por tanto, las tres características que definen el hábito carnívoro de las plantas son: la captura de presas, capacidad de digestión y la absorción de nutrientes (Climent, 2020).

(Édouard Morren, 1876, como se citó en Lecoufle, 2006) menciona que “la digestión de los vegetales es en todo punto comparable a la de los animales; corresponde a las mismas sustancias y se efectúa con los mismos procesos de digestión, y en algunos casos incluso más numerosos que los de los animales”.

En condiciones ecológicas específicas, como suelos pobres en nutrientes, ácidos o tóxicos, con buena disponibilidad de agua y luz, la carnivoría en plantas puede ser beneficiosa, donde la principal limitante para el crecimiento de las plantas en estos ambientes es la falta de nitrógeno inorgánico en el suelo, en estas condiciones la carnivoría es una estrategia adaptativa exitosa (Alcalá & Domínguez, 1997). Las plantas carnívoras han adaptado mecanismos para absorber nitrógeno orgánico de las presas, lo que les permite superar esta limitante, sin embargo, no hay asimilación de carbono a través de la captura de

presas, por lo que la fotosíntesis sigue siendo esencial para la producción de carbohidratos, no obstante para que la carnivoría sea beneficiosa es necesario un ambiente soleado y húmedo que permita una fotosíntesis efectiva, de modo que los beneficios de la fotosíntesis superen los costos energéticos de la digestión y el proceso de captura de presas (Climent, 2020).

Las plantas carnívoras han desarrollado mecanismos innovadores para obtener nutrientes en ambientes pobres en sustancias orgánicas asimilables, un ejemplo es el género *Pinguicula*, que produce gotas de mucílago pegajoso en la superficie foliar (atrayendo y atrapando presas pequeñas), este mucílago refracta la luz (de manera similar a como lo hacen las gotas de azúcar con los polinizadores), atrae presas y retiene hasta que son digeridas, funciona tanto como un mecanismo de atracción como de captura de presas (Alcalá & Domínguez, 1997).

Las plantas carnívoras evitan la competencia con plantas no carnívoras por minerales del suelo, enfocándose en obtener nutrientes a través de las trampas, esta estrategia les permite sobrevivir en ambientes donde otras plantas no podrían debido a la falta de nutrientes, la capacidad de las plantas carnívoras para obtener minerales a través de la captura y digestión de presas es una adaptación excepcional que les permite prosperar en ambientes desfavorables, evitando la muerte por anoxia del medio (Brewer, 2003).

2.3.2 Condiciones generales para su cultivo

Para cultivar plantas carnívoras, es necesario simular las condiciones naturales de sus hábitats, como los pantanos y turberas, considerando factores como la temperatura, tipo de sustrato, luminosidad, humedad ambiental, calidad y volumen del agua (Blondeau, 2004).

Los ambientes donde habitan estas plantas suelen ser pantanosos y anegados, con alto contenido de materia orgánica, pH ácido y humedad excesiva, lo que dificulta la oxigenación del suelo y el desarrollo de las raíces (Climent, 2020). La descomposición de materia orgánica por bacterias anaerobias provoca una mayor acidez del medio debido a la liberación de ácido sulfúrico, además algunos minerales como el hierro y el magnesio provoca la toxicidad del medio, lo que afecta seriamente el crecimiento de plantas no carnívoras, sin embargo, las plantas carnívoras han adaptado mecanismos para compensar la deficiencia de minerales a través de la captura de presas, lo que les permite prosperar en estos ambientes extremos (Adamec, 1997, como se citó en Climent, 2020). Todos estos factores provocan que el hábitat de las plantas carnívoras sea un medio que

se puede considerar extrema para otras plantas, por ello es importante replicar estas condiciones específicas para favorecer el crecimiento y supervivencia de las plantas carnívoras.

2.3.2.1 El sustrato: este es un factor crucial para el cultivo de plantas carnívoras, en su ambiente natural estas plantas se desarrollan en suelos que son pobres en nutrientes (Blondeau, 2004) y anegados durante gran parte del año (Climent, 2020). Para cultivarlas en ambientes controlados, es recomendable utilizar un sustrato compuesto principalmente por turba no enriquecida, complementado con materiales como la perlita, vermiculita, esfagno o arena de río no caliza, es importante evitar el uso de fertilizantes, ya que contienen elementos orgánicos que pueden ser tóxicos para las plantas carnívoras, la turba no enriquecida y los materiales adicionales mencionados anteriormente ayudarán a replicar las condiciones naturales de los pantanos y turberas, permitiendo el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas carnívoras (Blondeau, 2004).

2.3.2.2 El agua y la humedad: son fundamentales para el cultivo de plantas carnívoras, ellas necesitan muchísima agua, en verano o cuando la planta está en pleno desarrollo necesitan ser sumergidas constantemente en agua y en invierno o cuando la planta esté en hibernación se debe mantener húmedo el sustrato, es importante mencionar que se debe utilizar agua de lluvia o agua purificada con equipos especiales, evitar agua del grifo “caño” debido a su alto contenido de minerales, utilizar agua mineral muy pura si no se dispone de agua de lluvia y adicionalmente comprobar el pH del agua con un pHmetro (que proporcionan un cálculo del grado de acidez o alcalinidad en base a la concentración de iones de hidrógeno), para asegurarse de que sea ácido (inferior a 7) (Blondeau, 2004). Y en cuanto a la humedad se debe mantener el sustrato constantemente húmedo y sumergido en agua (al menos 2 cm de la maceta), reducir la humedad en invierno para evitar la pudrición de las raíces asegurando la humedad ambiental adecuada en verano para evitar que las hojas se resequen, además de renovar el aire y reducir la humedad para prevenir el ataque de hongos, ya que la humedad excesiva puede dificultar la oxigenación del suelo lo que afecta el desarrollo de las raíces (Blondeau, 2004; Climent, 2020).

2.3.2.3 La luminosidad: en las turberas a causa de la acidez del terreno y de la humedad excesiva, los árboles no crecen con facilidad, como consecuencia de ello estos ambientes son abundantes en luminosidad, siendo este un factor importante para el cultivo de plantas carnívoras, como las droseras y sarracénias

que pueden crecer a pleno sol en su hábitat natural y pueden adaptarse al aire libre y bajo los rayos del sol en cultivo, mientras que las pinguiculas y nepentes prefieren ambientes con poca luz, deben acostumbrarse progresivamente a la luz solar directa, utilizando un material filtrante para evitar quemaduras (Blondeau, 2004).

Para el cultivo en interiores las plantas se deben colocar frente a una ventana con óptima luminosidad, siendo recomendable cultivar en un invernadero, ya que los vidrios protegen de la intemperie y proporcionan la luminosidad perfecta, un indicador de buena salud de las plantas es que las trampas se tornan de un color rojo intenso con abundante luz natural y en caso contrario, las trampas pueden permanecer verdes o descolorarse, indicando deterioro (Blondeau, 2004).

2.3.3 Clasificación taxonómica de las plantas carnívoras

Tabla 1. Representación taxonómica de las plantas carnívoras conocidas.

Orden	Familia	Género	Número de especies	Origen
Caryophyllales	Dioncophyllaceae	Triphyophyllum	1	
		Aldrovanda	1	Europa, África, India, Japón
	Droseraceae	Dionaea	1	Carolina (Estados Unidos)
		Drosera	250 aprox.	Todos los continentes
	Drosophyllaceae	Drosophyllum	1	Portugal, España y Marruecos
	Nepenthaceae	Nepenthes	130 - 160	Sureste de Asia, Madagascar
Ericales	Roridulaceae	Roridula	2	
		Darlingtonia	1	California, Oregón (EEUU)
	Sarraceniaceae	Heliamphora	23	Guyana, Venezuela
		Sarracenia	11	Estados Unidos, Canadá
Lamiales	Byblidaceae	Byblis	8	Australia
		Genlisea	30	África, Sudamérica
	Lentibulariaceae	Pinguicula	96 aprox.	Asia, América y Europa
		Utricularia	240 aprox.	Todos los continentes
Oxalidales	Cephalotaceae	Cephalotus	1	Australia
Poales	Bromeliaceae	Brocchinia	2	Guyana, Venezuela

Fuente: Lecoufle (2006), Alcalá (2011) y Aaron & Adamec (2019)

2.3.4 Tipos de trampas de las plantas carnívoras

A lo largo de millones de años, la evolución ha dado forma a diversas estructuras de caza en estas plantas, adaptándolas a sus respectivos entornos y seleccionando las más efectivas, de manera independiente surgieron especies sin relación común que compartían la capacidad de atraer, capturar y digerir presas, estas plantas utilizan trampas variadas, clasificadas de diferentes maneras por varios autores (Blondeau, 2004; Climent, 2020; Lecoufle, 2006). La clasificación más utilizada divide las trampas en activas, semiactivas y pasivas, reflejando sus distintos mecanismos de captura.

2.3.4.1 Trampas activas: esta es una estrategia de caza en la cual se requiere de un movimiento muy rápido para capturar la presa, en el caso de la *Dionaea muscipula* “venus atrapamoscas” su trampa en forma de bisagra que atrapa cerrando sus dos lóbulos a velocidades extremadamente rápidas (~100ms) e inusuales para el reino vegetal, sin tener músculos ni nervios como los animales (Lecoufle, 2006). Característica de las plantas del Género *Dionaea* y *Utricularia*.



Figura 1. Trampas activas de una *Dionaea muscipula* “venus atrapamoscas”.

La activación de la trampa en la *Dionaea muscipula* es un proceso electro-mecánico que implica el rozamiento de pelos sensitivos (mecano-receptores) que inducen el cierre de la trampa (Climent, 2020), posteriormente cerrado la trampa los cilios en el borde externo evitan la escape de la presa (Fig. 1), luego las células de glándulas asimiladoras (que reaccionan a las proteínas de la presa) secretan enzimas para digerirla, sucede el proceso de digestión que dura dos o tres semanas y al final se reapertura de la trampa después de la digestión, dejando solo el exoesqueleto seco (Blondeau, 2004). Además, las trampas presentan características para atraer presas, como un borde engrosado que secreta néctar y sustancias volátiles, y un color rojizo intenso en el interior de la trampa debido a la presencia de antocianinas (Hedrich & Neher, 2018).

Según Blondeau (2004) el cierre de las trampas de la planta carnívora *Dionaea muscipula*, se produce en dos fases: en la fase rápida los largos pelos que rodean las hojas se pliegan uno sobre otro, formando una jaula, esta fase es extremadamente rápida ocurriendo en aproximadamente 100 milisegundos, y la fase más lenta en donde la hoja se cierra por completo, asegurando que la presa quede atrapada, esta fase es un poco más lenta que la primera, pero aun así es relativamente rápida. Este mecanismo de cierre en dos fases permite a la planta atrapar eficientemente a las presas y evitar que escapen.

2.3.4.2 Las trampas semiactivas de sustancia viscosa son un tipo de trampa utilizada por algunas plantas carnívoras, como la Pinguicula y Drosera. Estas trampas están caracterizadas por tener hojas con tentáculos diminutos que segregan un líquido viscoso llamado mucílago, estos tentáculos están situados en el extremo de los pelos en forma de pequeños aguijones, teniendo la capacidad de tener un movimiento lento que les permite plegarse sobre la presa (Lecoufle, 2006). Cuando un insecto aterriza en la hoja, este queda atrapado en el mucílago y los tentáculos se pliegan lentamente sobre la presa, asegurando su captura, luego la planta secreta enzimas digestivas para descomponer y absorber los nutrientes del insecto (Blondeau, 2004).

Una planta de *Drosera* spp. al verlas a contraluz se puede admirar el espectáculo de luz de las miles de gotitas multicolor que refractan la luz, llamadas por esta característica como “rocío de sol”, atrayendo y capturando a los insectos, quedando adheridos mientras los tentáculos se pliegan lentamente hacia la presa aumentando el contacto (Fig.8), la planta asimila los nutrientes del insecto a través

de enzimas, posteriormente la hoja se marchita y es reemplazada por otra después de la digestión (Blondeau, 2004).



Figura 2. Trampas semiactivas de sustancia viscosa, (A) *Drosera binata* var. ghost y (B) *Drosera coccicaulis*.



Figura 3. Trampas semiactivas de sustancia viscosa, (A) *Pinguicula hemiepiphytica* y (B) (*Pinguicula agnata* x *Pinguicula gipsicola*).

Las plantas de *Pinguicula* spp. tienen glándulas viscosas que son menos llamativas que dan a las hojas un aspecto "suculento o carnososo", miles de minúsculas gotitas sobre la superficie foliar del cual deriva su nombre, los insectos se adhieren en estas glándulas viscosas, el borde de la hoja se pliega ligeramente para mantener las enzimas digestivas en donde la planta lo requiera, estas plantas tienen dos tipos de glándulas (Fig. 9): viscosas y digestivas (Blondeau, 2004).

2.3.4.3 Las trampas pasivas: esperan a sus presas atrayéndolas con colores y néctares, estas son carentes de movimiento, las retienen dentro de su embudo

con el interior ciliado o las ahogan dentro de jarros con el fondo tapizado de glándulas digestivas (Lecoufle, 2006).

Trampas Tipo Embudo

Son una estrategia de captura utilizada por algunas plantas carnívoras, como la *Sarracenia*, *Darlingtonia* y *Heliamphora*. Estas trampas están caracterizadas por tener forma de embudo, que son generalmente erectas que puede alcanzar hasta 90 cm de altura, tienen una abertura colorida y segregan néctar para atraer insectos, estos caen en la trampa atraídos por el néctar y no pueden escapar debido a las paredes lisas y los tentáculos rígidos, la tapa fija evita que la lluvia llene la trampa y disuelva los jugos digestivos, por su forma estas trampas utilizan la gravedad para retener a los insectos (Blondeau, 2004).

La forma de las trampas y sus aberturas varían según las especies, como: la *Sarracenia purpurea* es de abertura ancha, mientras que las de las *Sarracenia flava*, *Sarracenia alata* y *Sarracenia rubra* son estrechas.



Figura 4. Trampas pasivas tipo embudo, (A) *Sarracenia* sp. y (B) *Sarracenia leucophylla*.

Trampa Tipo Jarro

Las trampas pasivas de tipo urna o jarro son características de plantas como *Cephalotus* y *Nepenthes*. Estas trampas tienen el borde resbaladizo, poseen glándulas nectaríferas y colores llamativos que atraen insectos, en los jarros se distinguen tres zonas: zona de atracción (secreciones dulces y colores vivos que atraen a los insectos), zona resbaladiza (pelos dirigidos hacia abajo facilitan la caída de los insectos) y la zona digestiva (líquido con enzimas digestivas que digieren a los insectos) (Blondeau, 2004). Los insectos atraídos por el néctar y los

colores caen en la trampa y se ahogan en el líquido digestivo, donde son digeridos por este grupo de plantas carnívoras.



Figura 5. Trampas tipo jarro, (A) *Cephalotus follicularis* y (B) *Nepenthes rafflesiana*.

2.3.5 Drosera Linneo 1753

2.3.5.1 Distribución geográfica: es amplia, estando presentes en todas las regiones del mundo, principalmente en Australia (Lecoufle, 2006). Generalmente, crecen en entornos con abundante turba (Blondeau, 2004). Según Climent (2020) existen más de 200 especies conocidas de estas plantas, lo que demuestra su diversidad y adaptabilidad en diferentes hábitats.

2.3.5.2 Descripción: la mayoría presentan una forma de crecimiento en roseta, sin tallo aparente, y tienen hojas modificadas para formar trampas cubiertas de cilios sensitivos, estas trampas pueden realizar movimientos, ya sean lentos o rápidos, para atrapar a las presas (Lecoufle, 2006). Además, las hojas nuevas crecen continuamente en el centro de la roseta, mientras que las hojas más viejas y muertas se acumulan en la base formando una estructura voluminosa (Blondeau, 2004). Este patrón de crecimiento es particularmente notable en especies como *Drosera admirabilis*, *Drosera spatulata* y *Drosera dielsiana*, que forman rosetas densas y prominentes en su base.

2.3.5.4 Captura de las presas: los insectos son atraídos por los olores, el brillo y los cilios presentes en la superficie de las hojas de estas plantas, una vez que se posan quedan atrapados por los cilios pegajosos, y que no tienen la fuerza suficiente para escapar, al realizar más movimientos las presas activan los cilios vecinos, lo que provoca la formación de hilos pegajosos de mucílago, y en un lapso de 30 minutos a 2 horas los cilios se cierran secuencialmente sobre la presa

(de forma que la víctima se quede más fija en el mucilago) inmovilizándola (Fig. 8), luego las glándulas digestivas de la hoja secretan enzimas que digieren las partes blandas de la presa, convirtiendo las proteínas en nutrientes asimilables, este proceso de digestión y absorción dura aproximadamente una semana, después de lo cual los tentáculos vuelven a su posición original (Lecoufle, 2006).

2.3.5.5 Cultivo: para cultivar exitosamente, es necesario proporcionar una maceta amplia y de regular profundidad, ya que desarrollan raíces negras extensas que se extienden hacia abajo, una vez que las plántulas germinan y producen varias hojas pueden ser trasplantadas a la maceta, donde pronto ocuparán todo el espacio disponible; es importante tener en cuenta que, en primavera, los brotes jóvenes pueden sufrir deformaciones debido a la presencia de pulgones que pueden atacar a las plantas (Blondeau, 2004).

2.3.5.6 Sustrato: se recomiendan el esfagno y la turba, a los que se pueden añadir perlita o vermiculita; en cuanto a la humedad en el sustrato, es importante mantenerlo húmedo durante la temporada de crecimiento en verano y reducir la humedad en invierno, la temperatura ambiental ideal varía entre 16 y 38 °C en verano y entre 3 y 9 °C en invierno, aunque algunas especies pueden tolerar temperaturas por debajo de cero (Lecoufle, 2006). Sin embargo, hay especies que son más sensibles al frío y requieren protección como por ejemplo la *Drosera binata* (Blondeau, 2004) y la *Drosera adelae*.



Figura 6. Planta carnívora *Drosera binata* var. *dichotoma* en proceso de digestión.

2.3.5.7 Luz: la exposición a la luz solar es beneficiosa para el crecimiento de estas plantas, siempre y cuando no se eleve la temperatura del sustrato, un crecimiento vegetativo óptimo se logra con una exposición al 50% de luz solar (Lecoufle, 2006). Sin embargo, se recomienda cultivarlas a pleno sol ya que la luz solar

directa permite que los tejidos adquieran una coloración roja intensa y que las trampas de las hojas conserven esa característica (Blondeau, 2004; Lecoufle, 2006). Algunas que destacan por su coloración roja son la variedad all red de la *Drosera capensis*, *Drosera filiformis* y la *Drosera binata* var. burgundy.

2.3.6 Pinguicula Linneo 1753

2.3.6.1 Distribución geográfica: tiene una distribución cosmopolita, encontrándose en diversas regiones del mundo, incluyendo zonas tropicales y templadas, con suelos que varían desde ácidos hasta alcalinos y condiciones de humedad que van desde húmedos hasta pantanosos (Lecoufle, 2006). La mayor distribución de especies se encuentra en América Central, aunque también se pueden encontrar en Europa, Rusia y el suroeste de China, con más de 80 especies identificadas (Climent, 2020).

2.3.6.2 Descripción: a diferencia de otras plantas carnívoras, las Pinguiculas presentan un aspecto inofensivo y "pacífico", su nombre significa "carnosa" el cual se debe a las glándulas viscosas que cubren sus hojas, dándoles un aspecto característico (Blondeau, 2004). Estas plantas tienen un tallo subterráneo corto y raíces fibrosas, y sus hojas son enteras, sin pecíolo, planas y con bordes enrollados, carnosas y de tacto graso (Lecoufle, 2006). La superficie de las hojas está cubierta de numerosos tentáculos (Fig. 9) que producen mucílago para capturar a las presas y glándulas sésiles que secretan enzimas digestivas para digerirlas (Lecoufle, 2006).

2.3.6.3 Captura de las presas: capturan y digieren insectos pequeños, que son atraídos por el brillo del mucílago pegajoso producido por las glándulas superficiales de las hojas, así como por las secreciones nectaríferas, en algunas especies el borde de las hojas se enrolla lentamente, lo que permite un mayor contacto entre las glándulas y las presas, facilitando la digestión y absorción de nutrientes, este mecanismo de captura es especializado en insectos pequeños, lo que permite a las Pinguiculas obtener los nutrientes necesarios para su supervivencia (Climent, 2020; Lecoufle, 2006).

2.3.6.4 Cultivo: pueden crecer bien en interiores, pero requieren trasplantes en primavera y un sustrato mixto de turba y material aireante (Blondeau, 2004). La mayoría de las especies necesitan ser cultivadas en exteriores, pero con luz filtrada, y temperatura ambiental que varían entre 30 °C durante el día y un descenso nocturno de hasta 6 °C (Lecoufle, 2006). Esto permite simular las condiciones naturales y garantizar el crecimiento óptimo de la planta.



Figura 7. Plantas (A) *Pinguicula wiesneri* y (B) *Pinguicula tina* en proceso de digestión.

2.3.6.5 Riego: durante la etapa de crecimiento requiere un nivel de humedad en el sustrato constante, pero sin llegar a encharcarse ya que esto puede provocar la pudrición de la planta (Blondeau, 2004). Es importante mantener la humedad en el sustrato sin excederse, y reducirla cuando la planta esté en reposo o hibernación, esto permite garantizar el crecimiento saludable de la planta y prevenir problemas asociados con el exceso de agua (Lecoufle, 2006).

2.3.6.6 Sustrato: la elección del sustrato depende de la especie, ya que algunas requieren un medio ácido mientras que otras prefieren un suelo alcalino, existiendo diversas combinaciones siendo el musgo esfagno es una opción popular, ya sea en estado vivo o muerto, aunque la turba también es una alternativa adecuada, entre las fórmulas más utilizadas mezclan musgo esfagno con turba, perlita o arena (Lecoufle, 2006).

2.3.6.7 Luz: necesitan luz abundante, pero filtrada, evitando la exposición directa al sol, la temperatura ambiental media ideal es de 24 °C y en invierno es importante proteger la planta de las heladas, manteniéndola en un ambiente con temperatura superior a 10 °C, de esta manera se garantiza el crecimiento óptimo y la supervivencia de la planta durante todo el año (Blondeau, 2004).

2.3.7 Actividad proteolítica de enzimas digestivas

En las funciones biológicas de todas las plantas carnívoras las células glandulares desempeñan un papel crucial en las trampas, realizando dos funciones esenciales: la producción de sustancias atractivas que generan compuestos como néctar o aromas para atraer animales, así como mucílago pegajoso o fluidos para retenerlos, y también producen enzimas proteolíticas y ácidos para digerir la presa

muerta, además son el sitio de entrada del material digerido a la planta, estas células glandulares suelen ubicarse en la punta de los tentáculos y participan en los procesos de transporte (Adlassnig *et al.*, 2000).

En plantas del género *Pinguicula*, existen dos tipos de glándulas en la superficie foliar: glándulas pedunculadas que secretan mucílago (compuesto de polisacáridos) relacionadas con la captura de presas, se secreta de forma continua para atrapar insectos, y las glándulas sésiles que permanecen secas hasta que son estimuladas por la presencia de una presa, momento en el que secretan enzimas digestivas viscosas, estas glándulas responden a sustancias nitrogenadas como el ácido úrico, presente en las excretas de los insectos, efectuándose así maneras distintas de emisión de mucilagos y enzimas (Heslop-Harrison, 1978, como se citó en Ramírez, 2004).

Además Ramírez (2004) agrega que la síntesis de enzimas en las células secretoras de las glándulas sésiles ocurre en los ribosomas del retículo endoplasmático rugoso, lo que resulta en una gran cantidad de fluido secretado al ser estimulado, por otro lado, las glándulas pedunculadas secretan mucílago, la cual se sintetiza a partir del aparato de Golgi, y la cantidad de fluido secretado es menor en comparación con las glándulas sésiles. Estas diferencias sugieren una especialización en la función de cada tipo de glándula en la captura y digestión de presas en las plantas carnívoras del género *Pinguicula*.

El fluido producido por las glándulas digestivas de la planta, desde el momento en que captura a la presa hasta que finaliza la absorción de nutrientes, contiene enzimas que descomponen la presa para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta, una vez que se completa la absorción de nutrientes, las trampas de la planta recuperan su funcionalidad y quedan visibles en la superficie de la hoja los restos de la presa, como el exoesqueleto quitinoso y las alas (Díaz & Valderrama, 2007).

Antes de la estimulación, las glándulas sésiles almacenan enzimas digestivas en las paredes celulares esponjosas y en las vacuolas de las células secretoras, el estímulo produce la salida de fluido y la liberación de enzimas almacenadas hacia el lugar de digestión, el proceso de digestión y absorción de presas en las plantas carnívoras implica la secreción de enzimas digestivas por las glándulas sésiles que es secretado alrededor de la presa atrapada y penetra en el insecto a través de los espiráculos del sistema respiratorio, que degradan la presa y permiten la absorción de nutrientes, el fluido digestivo contiene enzimas como proteasas,

nucleasas, fosfatasas, esterasas, peptidasas, quitinasas, peroxidasas y diaforasas (Díaz & Valderrama, 2007; Ramírez, 2004).

Una vez que los nutrientes son liberados, las proteínas y otros compuestos nitrogenados, lípidos y glucógeno (nutrientes) son movilizadas al interior de la hoja, siendo la ruta de ingreso de nutrientes la misma que la de salida de las enzimas, son transportados al interior de la hoja a través de las células secretoras de la glándula sésil, las células endodérmicas y el sistema vascular (xilema), y finalmente se acumulan en los puntos de crecimiento del tallo y raíz (Heslop-Harrison, 1978, como se citó en Ramírez, 2004), este proceso permite que las plantas carnívoras obtengan los nutrientes necesarios para su supervivencia en suelos pobres en nutrientes.

Las plantas carnívoras producen enzimas digestivas para digerir las presas y obtener el nitrógeno y otros nutrientes de los insectos que capturan, el nitrógeno en los insectos se encuentra principalmente en la quitina en forma del polímero lineal N-acetilglucosamina y a las proteínas en forma de aminoácidos (Pavlovič *et al.*, 2016). Las enzimas producidas por las droseras incluyen a las quitinasas (capaces de romper enlaces de las cadenas de quitina del exoesqueleto de los insectos, proporcionando una buena fuente de nitrógeno), proteasas (digieren proteínas en aminoácidos), esterasas, peroxidasas y fosfatasas (digieren ácidos grasos), estas enzimas actúan en la cabeza del tentáculo, donde se descomponen los nutrientes de los insectos, luego las glándulas sésiles absorben los nutrientes liberados, permitiendo que la planta los asimile y los utilice para su crecimiento (May, 2014).

Las sustancias mucilaginosas producidas por las plantas tienen una estructura química variada y compleja, compuesta principalmente por carbohidratos ramificados, estas moléculas tienen un núcleo resistente a la hidrólisis, formado por ácidos urónicos unidos a dosis fuertemente fijas y también asociado a dosis relativamente lábiles, las características que permiten diferenciar las sustancias mucilaginosas de otras sustancias químicamente relacionadas (como pectinas y gomas) son: alta higroscopicidad, formación de gel de consistencia viscosa y su naturaleza compuesta de polisacáridos ácidos; estas propiedades permiten que las sustancias mucilaginosas desempeñen un papel importante en la captura y retención de presas en las plantas carnívoras, como la Pinguicula y Drosera, la capacidad de formar un gel viscoso ayuda a atrapar y retener insectos, facilitando la digestión y absorción de nutrientes (Vintéjoux & Shoar-Ghafari, 2000).

Los productos mucilaginosos desempeñan un papel crucial en varios géneros de plantas carnívoras, contribuyendo de dos maneras importantes: atrapa la presa (los productos mucilaginosos ayudan a atrapar la presa en los órganos de captura, como trampas pegajosas, gracias a sus propiedades viscosas y adhesivas) y la atracción de presas (las propiedades de refracción de la luz de los productos mucilaginosos, combinadas con pigmentos de colores brillantes (néctares) atraen a las presas hacia la planta, aumentando la eficacia de la captura) (Vintéjoux & Shoar-Ghafari, 2000).

(Barthlott *et al.*, 2007, como se citó en May, 2014) menciona que el mucílago secretado por las plantas carnívoras como la *Drosera capensis* tiene las siguientes características: es ácido con un pH de 5, contiene polisacáridos específicamente al 4%, contiene iones de calcio, magnesio, potasio y sodio, y no contiene proteínas antes de la digestión, esto sugiere que el mucílago es una sustancia compleja que juega un papel crucial en la captura y digestión de presas en las plantas carnívoras, la presencia de iones y polisacáridos puede ayudar a atrapar y retener a las presas, mientras que la ausencia de proteínas antes de la digestión sugiere que el mucílago no es una fuente de nutrientes en sí mismo, sino más bien un medio para capturar y procesar nutrientes de las presas.

2.3.7.1 Secreción de mucílagos en Drosera

Las hojas de drosera están cubiertas por filas de tentáculos (pelos glandulares o tricomas): los más cortos se encuentran dispersos por toda la superficie del limbo, mientras que los más largos se encuentran alrededor del borde de la hoja (Fig. 8 B), en la parte terminal cada uno tiene en su propia gota de mucílago (Fig. 8 A) que ayuda a atrapar presas, estas glándulas tienen dos capas: externa e interna, y están involucradas en dos funciones simultáneas como la emisión de mucílago y la digestión de presas; el proceso de secreción de mucílago implica varias etapas: inicialmente la actividad es intensa del aparato de Golgi, posteriormente disminuye su actividad a medida que se expulsan las sustancias polisacáridas a través de poros cuticulares, finalmente ocurre la retención de una parte importante de los compuestos de carbohidratos en la región interna, asociada a próximas actividades enzimáticas (Vintéjoux & Shoar-Ghafari, 2000).

Las actividades de secreción de mucílago en las glándulas de la *Drosera* están relacionadas con el funcionamiento de los dictiosomas, cuando las células adquieren sus funciones digestivas, los dictiosomas tienden a desaparecer, en esta fase de la secreción se intensifica la actividad de la fosfatasa ácida en el

retículo endoplasmático; los análisis bioquímicos de las sustancias polisacáridas extraídas de la *Drosera capensis* han demostrado que tienen un alto peso molecular, son fuertemente ácidos, están muy hidratados, contienen xilosa, manosa, galactosa, ácido glicurónico, ésteres de sulfato, así como iones de calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na), estos componentes y propiedades contribuyen a la viscosidad y adhesividad del mucílago, lo que permite a la planta atrapar y digerir presas (Rost & Schauer, 1977, como se citó en Vintéjoux & Shoar-Ghafari, 2000).

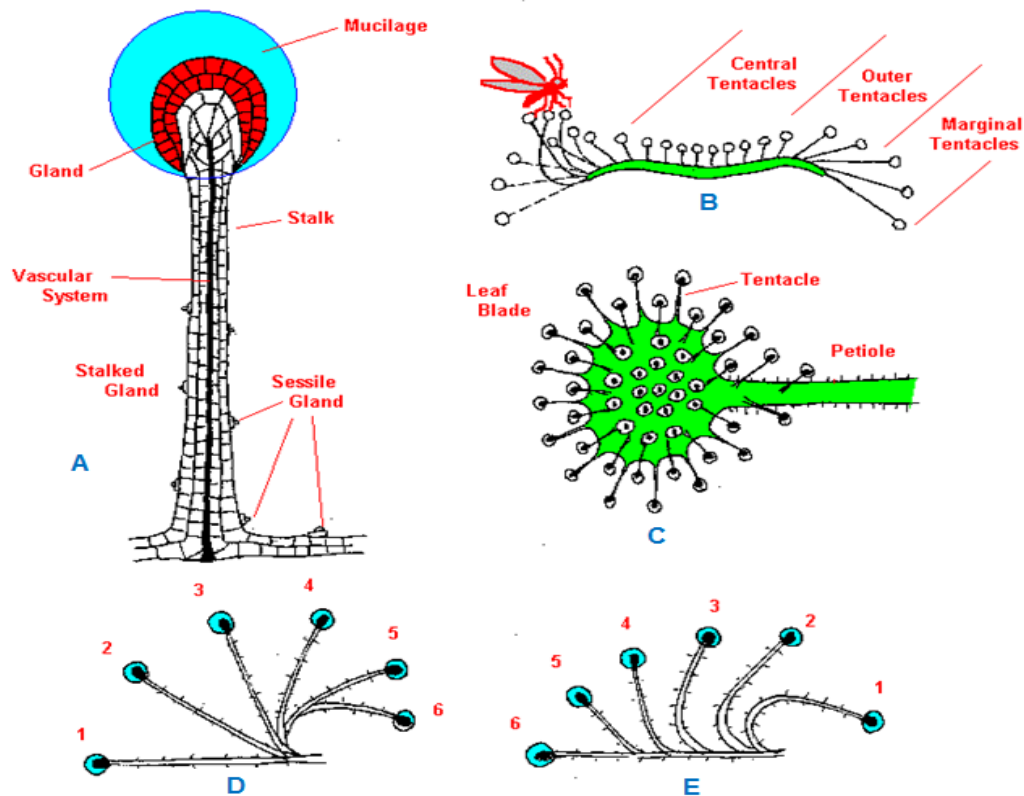


Figura 8. Estructura de la hoja de *Drosera*. A: tentáculo, B: hoja seccionada, C: hoja, D: tentáculos doblándose y E: tentáculos desdoblándose. Adaptado de Comunidad Portuguesa De Plantas Carnívoras, 2010.

La *Drosera capensis* L. utiliza trampas adhesivas llamadas "hojas pegajosas" para atrapar presas, estas trampas contienen mucílago viscoso producido por glándulas multicelulares localizadas en la terminal de largos tallos (tentáculos o pelos), cuando una presa queda atrapada, la hoja se pliega activamente alrededor de ella y la disuelve mediante enzimas digestivas, las células responsables de la producción de mucílago, enzimas y absorción de nutrientes son las mismas y realizan estas funciones simultáneamente, este mecanismo permite a la planta obtener nutrientes esenciales como el nitrógeno y fósforo, que son escasos en suelos pobres en nutrientes, el proceso de captura y digestión en la *Drosera*

capensis implica la captura de la presa en el mucílago viscoso, el plegamiento activo de la hoja alrededor de la presa, la producción de enzimas digestivas para disolver la presa y la absorción de nutrientes liberados durante la digestión (Adlassnig *et al.*, 2000).

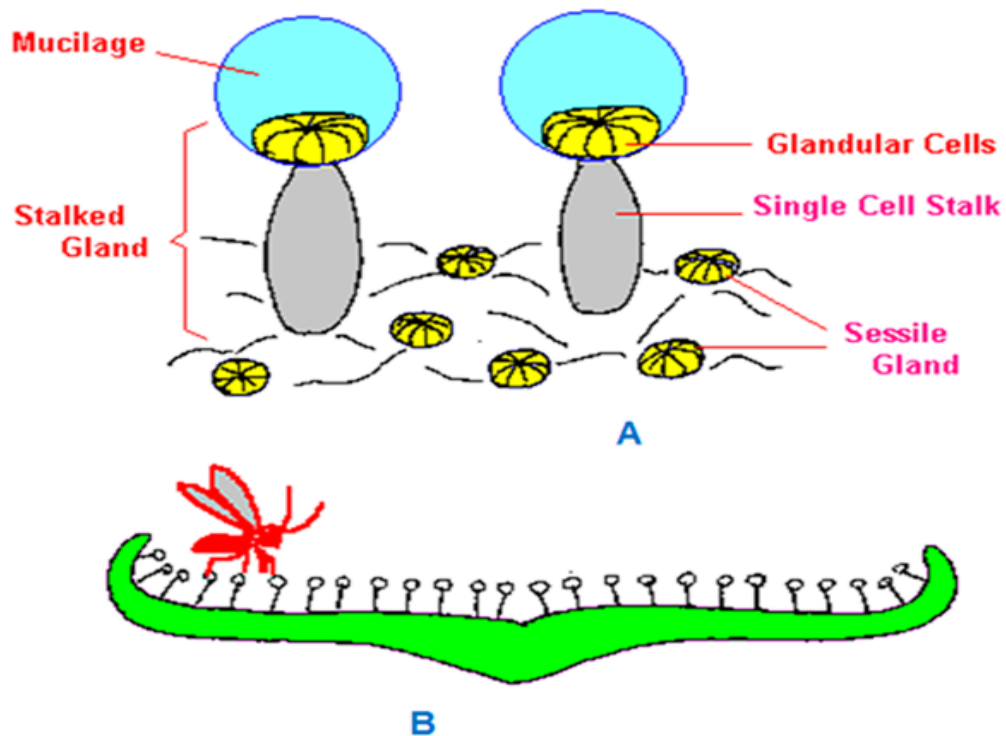


Figura 9. Estructura de la hoja de Pinguicula. A: superficie de la hoja y B: hoja seccionada. Adaptado de Comunidad Portuguesa De Plantas Carnívoras, 2010.

2.3.7.2 Caracteres estructurales de las glándulas de Pinguicula

En la superficie superior de las hojas se encuentran dos tipos de glándulas (Fig. 9 A): glándulas sésiles (formadas por una sola fila de células, contienen 8 células y están especializadas en la producción de enzimas y digestión) y las glándulas pedunculadas (formadas por una corona de 16 células en posición terminal, participan en la producción de mucopolisacáridos para atrapar presas), este dimorfismo fue descrito por primera vez por Darwin (1875), el funcionamiento de estas células secretoras es complejo e involucra diversas actividades enzimáticas, como la fosfatasa ácida, esterasa y ribonucleasa; la especialización de las glándulas sésiles en la producción de enzimas y digestión, y las glándulas pedunculadas en la producción de mucopolisacáridos para atrapar presas, estas dos glándulas permite a la planta obtener nutrientes esenciales de manera eficiente (Vintéjoux & Shoar-Ghafari, 2000).

La producción de mucílagos y enzimas en *Pinguicula* es un proceso complejo que implica la actividad de diferentes enzimas y la síntesis de moléculas mucilaginosas, se ha localizado la actividad de la amilasa en las glándulas de *Pinguicula*, lo que sugiere su papel en la producción de precursores de carbohidratos necesarios para la síntesis de moléculas mucilaginosas de polisacárido, la emisión de mucílagos y enzimas se produce de formas distintas, la secreción de polisacáridos es continua, incluso sin estimulación, y depende de la actividad de los dictiosomas, mientras que la secreción enzimática (fosfatasas, esterases, ribonucleasas) se localiza en los dictiosomas y vacuolas, y se descarga a la superficie de la hoja en respuesta a una estimulación, siendo esta secreción no equivalente en ambos tipos de células secretoras, las glándulas sésiles tienen una actividad de secreción más intensa y son más numerosas a diferencia que las glándulas pedunculadas, ambos tipos de células secretoras requieren una cantidad de agua relativamente abundante para su funcionamiento y la presencia del aparato conductor en las proximidades podría estar relacionada con el proceso de absorción (Vintéjoux & Shoar-Ghafari, 2000).

2.3.8 Absorción y asimilación de nutrientes por las plantas carnívoras

Las plantas carnívoras tienen mecanismos especializados para obtener nutrientes de las presas que capturan, cuando se atrapa una presa, las estructuras de caza de la planta, como las trampas pegajosas o las trampas de snaps, secretan enzimas que digieren al insecto, esto permite que el tejido epitelial interno de la trampa absorba los nutrientes liberados (Climent, 2020). Las glándulas en la epidermis de las hojas de las trampas juegan un papel crucial en la obtención de sustancias nutritivas de las presas capturadas, estas glándulas asimilan y absorben los nutrientes, como proteínas y minerales, que se encuentran en la presa digerida (Freund *et al.*, 2022).

Muchas plantas carnívoras tienen una variedad de enzimas que les permiten descomponer y obtener nutrientes de los insectos que capturan, estas enzimas incluyen a la quitinasa (descompone la quitina, un componente del exoesqueleto de los artrópodos), ribonucleasa (descompone los ácidos nucleicos), esterases (descomponen los ésteres en ácidos grasos) y fosfatasas (descomponen los fosfatos en compuestos más simples) (Freund *et al.*, 2022).

El proceso de absorción de nutrientes en las plantas carnívoras es el siguiente, las secreciones glandulares (enzimas) ingresan a la presa a través de los espiráculos (sistema respiratorio) y movilizan proteínas, compuestos

nitrogenados, lípidos y glucógeno de la presa, el proceso de absorción de nutrientes comienza en unas dos horas y se completa en doce horas, la vía de absorción es la misma que la de la secreción de enzimas, a través de las células secretoras de la cabeza de la glándula sésil, células endodérmicas y el sistema vascular, la ruta de absorción es a través del tejido conductor de agua de la planta (xilema), los nutrientes son transportados y se acumulan en los puntos de crecimiento del tallo y las raíces (Heslop – Harrison, 1978 como se citó en Ramírez, 2004).

Los costos de la carnivoría en plantas incluyen la tracción de presas (producción de señuelos para atraer insectos), la captura (producción de trampas para atrapar insectos) y la digestión (producción de enzimas digestivas para descomponer los insectos atrapados); estos costos energéticos adicionales son necesarios para obtener nutrientes esenciales (como proteínas), que son escasos en el suelo (Pavlovič *et al.*, 2016). Además, estudios en plantas carnívoras han demostrado que la absorción de proteínas marcadas con fluorescencia ocurre a través de un proceso llamado endocitosis, los nutrientes pueden ingresar al sistema celular a través de la endocitosis, y el transporte de nutrientes también ocurre a través de la membrana plasmática, la endocitosis es un proceso importante para la absorción de nutrientes en las plantas carnívoras, ya que permite la internalización de moléculas grandes como las proteínas, estos mecanismos permiten a las plantas carnívoras obtener los nutrientes necesarios para su supervivencia en suelos pobres (Adlassnig *et al.*, 2012).

Las glándulas digestivas de las plantas carnívoras secretan una variedad de sustancias, incluyendo mucílago, líquidos, ácidos, proteínas (incluyendo enzimas digestivas), luego los compuestos liberados son absorbidos por las mismas glándulas a través de diferentes mecanismos, como transportadores de membrana (proteínas de transporte) y la endocitosis; estas glándulas funcionan de manera similar a las células animales que desempeñan un papel fisiológico importante en el sistema digestivo, como las células parietales gástricas y las células epiteliales intestinales, sin embargo las plantas carnívoras tienen características propias de las plantas, como paredes celulares, cutícula epidérmica y fitohormonas, a diferencia de los animales las hojas trampa de las plantas carnívoras no tienen un tracto digestivo especializado, en lugar de eso la presa permanece en el mismo órgano y no viaja a través de un tubo digestivo para su digestión y absorción, las hojas trampa son órganos "todo en uno" con muchas

características y funciones (Freund *et al.*, 2022). Las glándulas digestivas secretan enzimas y absorben nutrientes, pero no tienen un tracto digestivo especializado como los animales.

Para que las plantas carnívoras puedan aprovechar las proteínas absorbidas por las hojas, los nutrientes deben seguir un camino específico desde las células de las glándulas externas a las células de las glándulas internas, luego hasta la endodermis, después a través de las células epidérmicas y/o parenquimatosas, inmediatamente después de la alimentación, se produce un proceso llamado ciclosis, en el que el citoplasma comienza a hincharse, los orgánulos y las vacuolas comienzan a moverse a través de la célula, los cloroplastos permanecen anclados a la pared celular, principalmente en las paredes longitudinales internas de las células del tallo epidérmico y parenquimatoso, aunque se ha demostrado que las sustancias absorbidas se transportan desde la cabeza glandular a través del tallo del tentáculo hasta la hoja, aún no está claro qué ruta toman las sustancias exactamente, sin embargo se ha observado que las proteínas fluorescentes pasan desde las glándulas a través de las células del cuello hasta las células tentaculares de la epidermis y el parénquima en forma de vesículas intracitoplasmáticas, esto sugiere que los plasmodesmos proporcionan una vía simplástica para permitir el transporte de nutrientes a través de las células (Lichtscheidl *et al.*, 2021).

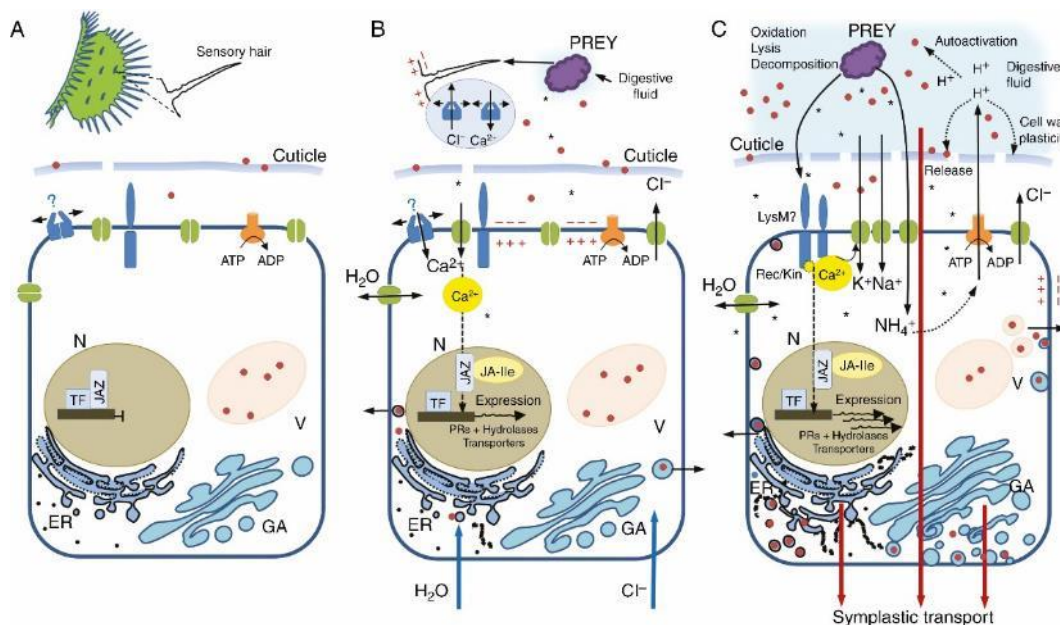


Figura 10. Bioquímica de la degradación de las presas en las glándulas digestivas en la trampa de la planta carnívora *Dionaea muscipula*. Adaptado de Adamec *et al.*, 2021.

En la figura 10 se muestra las rutas de la descomposición y absorción de los nutrientes; en (A) la glándula está en reposo, no produce enzimas y solo son visibles los ribosomas libres (puntos negros); en la (B) la fase inicial, la presa estimula los canales mecanosensibles y permeables al cloruro, el contacto con los tricomas “pelos” desencadenantes sensoriales que, junto con otros canales (posiblemente permeables al Ca^{2+}) intervienen en la despolarización de la membrana; en la fase posterior (C), las sustancias de la presa capturada ingresan en los huecos cuticulares, los iones de amonio liberados por desaminación en las trampas provocan la secreción de H^+ en el líquido y cantidades muy pequeñas de inductores de nitrógeno de bajo peso molecular (aminoácidos y aminos) ingresan a las células de la glándula; al final de la descomposición de las presas, las células de las glándulas digestivas son ricas en vesículas de exportación desde el retículo endoplásmico o aparato de Golgi, y los nutrientes absorbidos también se transportan simplásticamente (Adamec *et al.*, 2021).

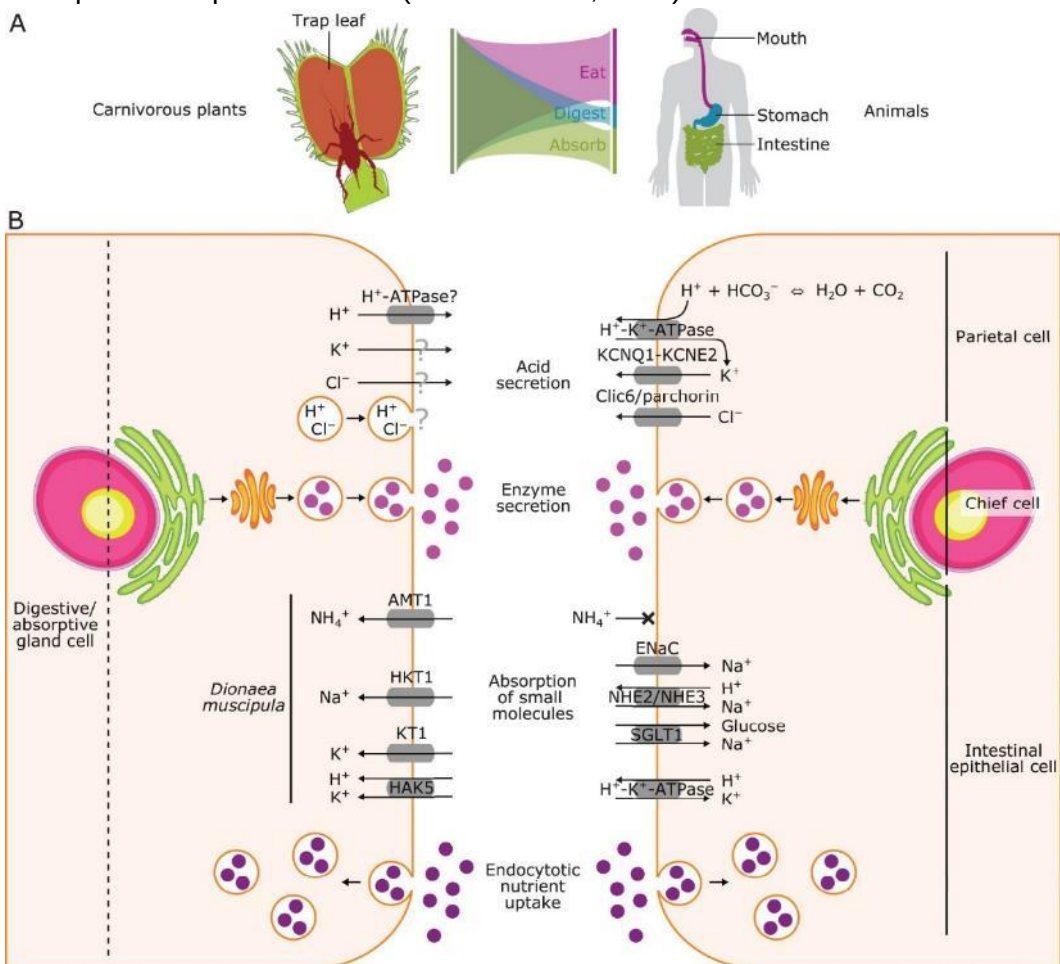


Figura 11. Similitudes funcionales entre una hoja trampa y un tracto digestivo humano. Adaptado de Freund *et al.*, 2022.

La Figura 11 muestra las similitudes entre una hoja trampa de una *Dionaea muscipula* “venus atrapamoscas” y un tracto digestivo humano, destacando las diferencias en la morfología y función de ambos sistemas. (A) Diferenciación morfológica del sistema digestivo: en las plantas carnívoras los lugares para comer, digerir y absorber no están espacialmente separados (colores superpuestos) y en el sistema animal estos lugares están separados y especializados (simbolizados por colores). (B) Vías secretoras y de absorción: se muestra un esquema de las vías secretoras y de absorción en ambos sistemas, las diferencias entre especies y tipos de glándulas específicas en estos procesos no están del todo claras en las plantas carnívoras, solo se muestran las contrapartes de las caracterizadas en plantas carnívoras (Freund *et al.*, 2022).

La comparación entre el estómago de los animales y los jugos digestivos de las plantas carnívoras muestra similitudes como: ambos tienen un ambiente ácido que actúa como barrera contra patógenos y permite la actividad enzimática, y el ácido clorhídrico es el principal responsable de la acidez en ambos casos, y en las diferencias: el pH del estómago animal es más ácido (alrededor de 1,5) que el de los jugos digestivos de las plantas carnívoras (pH 2-3), los jugos digestivos de las plantas carnívoras son más ácidos que los estómagos de los animales insectívoros, la composición química de los jugos digestivos de las plantas carnívoras puede diferir de la de los animales; aunque ambos tienen un ambiente ácido, el estómago animal es más ácido y tiene una composición química diferente a los jugos digestivos de las plantas carnívoras, esto sugiere que las plantas carnívoras han desarrollado mecanismos únicos para digerir y absorber nutrientes de sus presas, que difieren de los mecanismos utilizados por los animales (Freund *et al.*, 2022).

2.3.9 Metabolismo de los compuestos nitrogenados en plantas carnívoras

Alberts *et al.*, (2002); Raven *et al.* (2013); Salisbury & Ross (1992) y Taiz & Zeiger (2010) mencionan que estas plantas obtienen nutrientes esenciales mediante la digestión de las presas involucrando enzimas como proteasas, desaminasas, nucleasas, aminoácido sintasas para realizar el metabolismo de los compuestos nitrogenados y para aprovechar estos compuestos ocurre una serie de pasos:

Catabolismo de compuestos nitrogenados:

- Proteólisis: las enzimas proteolíticas, como la proteasa ácida y la proteasa alcalina, digieren las proteínas de las presas en aminoácidos.

- Desaminación: Los aminoácidos se desaminan, liberando amonio (NH_4^+) o amoníaco (NH_3).
- Descomposición de nucleótidos: las enzimas nucleasas digieren los nucleótidos en nucleósidos y fosfatos.
- Degradación de aminoácidos: los aminoácidos se degradan en compuestos más simples, como aldehídos y cetonas.

Anabolismo de compuestos nitrogenados:

- Síntesis de aminoácidos: el amoníaco o amonio se incorpora en la síntesis de aminoácidos esenciales para las planta carnívoras.
- Biosíntesis de proteínas: los aminoácidos se ensamblan en proteínas estructurales y funcionales.
- Síntesis de nucleótidos: los nucleósidos y fosfatos se reincorporan en nucleótidos.
- Producción de ácidos nucleicos: los nucleótidos se utilizan para sintetizar ADN y ARN.

Regulación del metabolismo (catabolismo y anabolismo):

- Hormonas vegetales: las hormonas vegetales, como la auxina y la citoquinina, regulan el metabolismo.
- Factores ambientales: la luz, la temperatura y la disponibilidad de nutrientes influyen en el metabolismo.
- Genética: la expresión génica y la regulación epigenética también influyen en el metabolismo.

Importancia ecológica del metabolismo en plantas carnívoras:

- Obtención de nutrientes: las plantas carnívoras obtienen nutrientes esenciales en entornos pobres en nutrientes.
- Competencia: las plantas carnívoras compiten con otros organismos por los nutrientes disponibles.
- Evolución: el catabolismo y anabolismo de compuestos nitrogenados han evolucionado en respuesta a la presión selectiva.

Es importante destacar que el catabolismo y anabolismo de compuestos nitrogenados en plantas carnívoras pueden variar según la especie y las condiciones ambientales.

2.3.10 Crecimiento en plantas carnívoras

El crecimiento se define como el aumento irreversible de volumen de una célula, tejido, órgano o individuo, generalmente acompañado de un aumento de masa

(Lallana & Lallana, 2004). Esto significa que el crecimiento se produce, fundamentalmente, a través del alargamiento, incluyendo tanto la división celular como la expansión de las células (Azcón-Bieto & Talón, 2013). Este proceso de crecimiento implica tres fases: división celular (no es un mecanismo de crecimiento por sí mismo, ya que no conduce a un incremento en el tamaño global de la estructura), expansión de las células (aumento del tamaño de las células existentes) y la diferenciación posterior (especialización de las células para realizar funciones específicas) (Azcón-Bieto & Talón, 2013; Lallana & Lallana, 2004). El crecimiento depende de varios factores, incluyendo la regulación génica, factores edafoclimáticos, como la luz, el agua, CO₂ y la disponibilidad de nutrientes minerales (Azcón-Bieto & Talón, 2013).

En caso de las plantas carnívoras el crecimiento es un proceso complejo que implica la coordinación de varios factores, incluyendo la nutrición, el agua, la luz y la temperatura y que la comprensión de estos factores es crucial para el cultivo y la conservación de estas plantas, las plantas carnívoras obtienen nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, a través de la digestión de insectos y otros pequeños animales, gracias a esto las trampas de las plantas carnívoras crecen y se desarrollan en respuesta a la disponibilidad de nutrientes y la presencia de presas, las hojas de las plantas carnívoras crecen y se desarrollan en respuesta a la luz y la temperatura, y las raíces de las plantas carnívoras crecen y se desarrollan en respuesta a la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo, por último, las hormonas del crecimiento, como la auxina y la giberelina, juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas carnívoras (Barry A. Rice, 2006).

Juniper *et al.* (1989) menciona que el nitrógeno ingresa a una planta carnívora después de la digestión de las presas bajo las siguientes formas:

- Amonio (NH₄⁺): la enzima ureasa convierte la urea en amonio
- Iones de nitrato (NO₃⁻): las enzimas nitratasas convierten los compuestos nitrogenados en nitrato.
- Aminoácidos: las enzimas proteolíticas convierten las proteínas de las presas en aminoácidos.
- Péptidos: las enzimas peptidasas convierten los péptidos de las presas en aminoácidos.

Una vez que el nitrógeno ingresa a la planta es utilizado para sintetizar aminoácidos y proteínas, formar clorofila y otros pigmentos, sintetizar ácidos

nucleicos (ADN y ARN) y sintetizar otros compuestos nitrogenados esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta carnívora.

También Juniper *et al.* (1989) menciona que el fósforo ingresa a una planta carnívora posteriormente de la digestión de la presa en las siguientes formas:

- Fosfato inorgánico (Pi): la digestión de las presas libera fosfato inorgánico, que es absorbido por la planta a través de las paredes celulares de las glándulas digestivas.
- Fosfato orgánico: la digestión de las presas también libera fosfato orgánico, como los fosfolípidos y los ácidos nucleicos, que son absorbidos por la planta y luego hidrolizados para liberar fosfato inorgánico.
- Nucleótidos: la digestión de las presas libera nucleótidos, como el ADN y el ARN, que contienen fósforo en forma de grupos fosfato.

Una vez que el fósforo ingresa a la planta es utilizado para sintetizar ácidos nucleicos (ADN y ARN), formar fosfolípidos para las membranas celulares, sintetizar ATP (la molécula energética de la célula), sintetizar otros compuestos orgánicos que contienen fósforo, como las fosfoproteínas y los fosfoazúcares.

Además Juniper *et al.* (1989) menciona que el potasio ingresa a una planta carnívora luego de la digestión en las siguientes formas:

- Iones de potasio (K⁺): la digestión de las presas libera iones de potasio, que son absorbidos por la planta a través de las paredes celulares de las glándulas digestivas.
- Compuestos orgánicos que contienen potasio: la digestión de las presas también libera compuestos orgánicos que contienen potasio, como los aminoácidos y los péptidos, que son absorbidos por la planta.

Una vez que el potasio ingresa a la planta en estas formas, es utilizado para: mantener el equilibrio de iones y el potencial de membrana en las células, regular la apertura y cierre de los estomas, activar enzimas involucradas en el metabolismo de los carbohidratos y las proteínas, y sintetizar compuestos orgánicos que contienen potasio, como los ácidos nucleicos y los fosfolípidos.

2.3.11 Sustrato

Uno de los materiales más usados para cultivos de invernadero son los sustratos y para los productores puede ser todo un desafío seleccionar el mejor sustrato para sus cultivos, debido a las diversas fórmulas disponibles (Bloodnick, 2021).

El sustrato “ideal” según su utilidad y eficiencia dependerá de numerosos factores como: tipo de planta que se va a producir (especie a propagar), fase del proceso

productivo en el que se necesita (sembrado, propagación, crecimiento, etc.), condiciones ambientales climatológicas, materiales y recursos disponibles, y algo fundamental, el manejo de ese sustrato (Pastor, 1999; UNALM, 2016). Para facilitar el proceso de selección se debe comprender la composición, sus funciones y el uso previsto (Bloodnick, 2021).

El término "sustrato" se refiere a cualquier material sólido diferente al suelo, que permite el desarrollo de las raíces de las plantas, proporciona agua a la planta y el oxígeno necesario a las raíces para su respiración y está limitado físicamente en su volumen, los sustratos pueden ser naturales o sintéticos, orgánicos o minerales, el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta (Pastor, 1999; Tamargo, 2012).

Químicamente pueden clasificarse en inertes (perlita, "lana de roca", roca volcánica, etc.) éstos actúan únicamente como soporte de la planta; y activos (turba, corteza de pino, etc.) interviniendo en procesos como la adsorción y fijación de los nutrientes (Pastor, 1999).

Según su origen pueden clasificarse en natural o sintético, orgánico o inerte y puede usarse sólo o mezclado, de acuerdo a los requerimientos de cada planta, labor de propagación a realizar (almacigado, repique u otros) y tipo de contenedor y material de fabricación (plástico, tecnoport, cartón, arcilla, madera, metal, concreto u otros) y en que volumen (bandejas, macetas, jardineras u otros) (UNALM, 2016).

Los componentes pueden ser orgánicos o inorgánicos: los orgánicos son, turba de musgo, coco en trozos, cascarilla de arroz, fibra y corteza de árboles, etc., los componentes inorgánicos son, perlita, piedra pómez, vermiculita, arena, etc., algunos de estos componentes tienen la capacidad de retener el agua sobre sus superficies, otros dentro de sus estructuras y otros como la perlita retienen muy poca agua (Bloodnick, 2021).

¿Cuáles son las funciones de los sustratos? el sustrato es el lugar donde ocurre el intercambio de gases y los nutrientes por parte de las plantas, sirviendo además como anclaje para su sistema radicular, retención agua y nutrientes, estas características físicas están definidas por los componentes que se utilizan y la cantidad en la que se encuentran en la mezcla, la capacidad de retención de agua y la estructura física puede variar según su origen y la forma de procesamiento, por ejemplo, la fuente y la estructura de la turba de musgo pueden variar en gran medida según cómo se procesa y la turba de musgo gruesa de color marrón claro

tiene una estructura porosa con capacidad de retener hasta 16 veces su peso en agua, sin embargo su capacidad de retención es de la mitad que de la gruesa que la turba de musgo de partículas finas, reduciéndose drásticamente la aireación (Bloodnick, 2021).

Según Bloodnick, (2021); Pastor (1999); UNALM (2016) y Urrestarazu (2004) en la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas se requieren las siguientes características del medio de cultivo, para obtener buenos resultados, para lo cual un buen sustrato debe reunir las siguientes características:

2.3.11.1 Propiedades físicas: son determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Destacan:

- Soporte, firme y denso para mantener las semillas botánicas en su lugar.
- Elevada porosidad, para permitir un adecuado drenaje y oxigenación, valor óptimo: > 85% volumen.
- Buena aireación, referido al volumen del espacio poroso ocupado por el aire después de que se deja drenar libremente un sustrato saturado, valor óptimo: 20-30% volumen.
- Distribución del tamaño de las partículas, para mantener las condiciones de retención de agua y aireación.
- Estructura estable, debe mantener su volumen; que impida la demasiada contracción al secarse, ni "hincharse" demasiado al humedecerse.
- Capacidad elevada de retención de agua disponible o asimilable, para mantener una humedad constante durante toda la etapa de propagación (germinación y enraizamiento) y para no tener que regar con mucha frecuencia. Valor óptimo: 20-30% volumen, y agua en reserva, valor óptimo: 4-10% volumen.
- Limpio, para evitar posibles enfermedades causados por hongos, nematodos, bacterias o presencia de sustancias tóxicas.
- Densidad aparente (peso por volumen), la mayor parte de los sustratos envasados poseen esta característica, ya que la mayoría son fabricados en base a turba de musgo y por lo tanto retiene una mayor cantidad de agua. Teniendo ambos una buena aireación, encontrándose entre 10 y 18% por volumen en la mayoría de los sustratos.

2.3.11.2 Propiedades químicas: la composición elemental es el factor clave que determina las propiedades específicas de un material; éstas características regulan el intercambio de materia entre el sustrato y la solución. Destacan:

- Susceptible a esterilizarse, sin sufrir cambios que puedan afectar el sustrato (liberación de compuestos tóxicos, precipitados, etc.)
- pH levemente ácido y moderada capacidad tampón.
- Baja salinidad, no debe tener exceso de sales (genera germinación tardía o muerte de plántulas).
- Alto contenido de materia orgánica (para semillas botánicas), con un suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Velocidad mínima de descomposición (sustrato orgánico).
- Capacidad de intercambio catiónico baja o apreciable a moderada.
- Relación Carbono – Nitrógeno (C/N).
- La conductividad eléctrica es de entre 1,0 y 2,0 Siemens/cm. La conductividad eléctrica es un indicador de la cantidad de nutrientes disponibles que las plantas cultivadas pueden absorber, capacidad para conducir la corriente eléctrica.
- Los parámetros recomendados en sustratos para la germinación de semillas son el intervalo 5,0 y 6,0 del pH, mientras que la conductividad eléctrica deseada es de entre 0,5 y 1,1 S/cm. En general el sustrato “ideal” debe tener el intervalo de pH ideal es entre 5,2 y 6,2 (ácido).

2.3.11.3 Otras características

- Libre de semillas de otras plantas, parásitos y microorganismos patógenos, y sustancias tóxicas.
- Fácil de mezclar, preparar, manejar y desinfectar.
- Buena estabilidad frente a la desinfección.
- Resistente a cambios extremos fisicoquímicos y ambientales.
- Fácil disponibilidad y de bajo costo.

El objetivo máximo en la utilización de un sustrato para producir plantas es, obtener calidad, con un bajo costo posible y en el menor tiempo posible. Para el cultivo de plantas carnívoras recomiendan los sustratos comerciales turba rubia, musgo esfagno, fibra de coco, etc., y como aireante comercial perlita, vermiculita, arena de sílice, arlita, rocas volcánicas, etc. Estos materiales ayudan a proporcionar un entorno óptimo para el crecimiento de las plantas carnívoras, con buen drenaje, aireación y retención de agua. Sin embargo, es importante mencionar que la elección del sustrato y los aireantes dependerá de las necesidades específicas de cada especie de planta y las condiciones de cultivo.

2.3.12 Musgo esfagno “musgo blanco”

Las poblaciones de *Sphagnum* spp. en su hábitat natural poseen una particularidad en la morfología de sus hojas, las cuales acumulan una gran cantidad de agua debido a que tienen células fotosintéticas alternadas con células vacías y porosas (atrapadoras de agua) en las hojas (Domínguez & Larraín, 2012). Todas las especies de *Sphagnum* poseen estructuras para acumular gran cantidad de agua, estas estructuras llamadas hidrocitos están en sus tallos y hojas, con paredes perforadas que una vez muertas que permiten la entrada de agua en su interior, estas células están adaptadas a la conservación del agua, entre estas grandes células muertas están las células vivas y verdes, las únicas provistas de protoplasma, comparativamente muy pequeñas (Blanco & De la Balze, 2004). Estas células grandes pueden absorber rápidamente el agua a través de sus poros (de diámetro de 5 - 20 μm), pudiendo contener mucha agua abarcando alrededor del 80% del volumen del musgo (Domínguez & Larraín, 2012).

Se extrae las fibras de *Sphagnum* vivo y después es deshidratado, este material es utilizada en la floricultura como soporte para la germinación, trasplantes, injertos y almácigos, ayudando a la prolongación natural de la floración, y al sustrato aportando mayor oxigenación y humedad, ya que tiene la cualidad de retener agua hasta 20 veces su peso seco (Agüero, 2013; Domínguez & Larraín, 2012). También se utiliza como material de embalaje, en el transporte de bulbos y flores, y en los llamados jardines verticales, así como también ha sido utilizado como material filtrante en los procesos de tratamiento de aguas servidas, descargas tóxicas y ácidas, con alto contenido de metales pesados y sustancias orgánicas procedentes de industrias (Agüero, 2013).

El musgo esfagno deshidratado es un material versátil y valioso debido a sus propiedades de retención de agua, oxigenación y filtración.

2.3.13 Turba rubia “peat moss”

La turba es un sustrato orgánico que se forma a partir de la acumulación de tejidos muertos de musgos esfagno (*Sphagnum* spp.), que representan alrededor del 90% de la composición de turberas, junto con otras plantas como ericáceas, ciperáceas, droseráceas y otras (10%) (Urrestarazu, 2004).

Así forman una serie de estratos alcanzando varios metros de espesor al cabo de miles de años, los tejidos vegetales muertos se acumulan con el paso del tiempo formando el material que llamamos turba (Domínguez & Larraín, 2012). Este

material se forma en las regiones frías, con altas precipitaciones y alta humedad relativa, lo que determina que sea extremadamente pobre en elementos nutritivos, y presente un pH fuertemente ácido, debido a su particular estructura de los musgos esfagnos retienen grandes cantidades de agua, aún después de morir (Urrestarazu, 2004).

La turba rubia tienen un mayor contenido en materia orgánica y tienen un menor grado de descomposición (al estar menos mineralizadas), siendo uno de los primeros sustratos que empezaron a utilizarse en cultivos comerciales (Tamargo, 2012), ampliamente utilizada como sustrato hortícola, ya que posee excelentes propiedades como: alta capacidad de retención de agua, porosidad elevada, densidad baja, estructura esponjosa, contenido adecuado de aire, alta capacidad de intercambio iónico y baja concentración de sales (Urrestarazu, 2004).

Las propiedades físicas y químicas son muy variables resultado de diferentes factores como: su composición botánica (vegetales que las componen), condiciones de formación, del grado de descomposición en que se encuentren, tamaño de partícula, etc. (Tamargo, 2012; Urrestarazu, 2004).

2.3.14 Fibra de coco

Los cocoteros (*Cocos nucifera* L.) crecen de modo natural en entornos altamente alcalinos y con agua salobre; como consecuencia, las cáscaras de coco acumulan muchas sales y antes de que se pueda usar en cultivos hortícolas, se procesa para eliminar las sales acumuladas y reducir su conductividad eléctrica (CE) y pH, el proceso de preparación incluye el lavado con agua dulce o solución tampón de nitrato de calcio para lixiviar las sales, posteriormente las cáscaras de coco pasan al proceso de trituración y separación de las fibras en diferentes tamaños de partículas y la selección de las fibras diminutas para fines hortícolas (Buechel, 2021), se lava con agua dulce o con una solución tampón de nitrato de calcio para lixiviar las sales acumuladas en las cáscaras de coco e incluir una fuente de nitrógeno, este proceso reduce su conductividad eléctrica (CE) y su pH de la fibra, posteriormente las cáscaras de coco pasan por un proceso de trituración y de acuerdo con la aplicación prevista se separan las fibras más largas en una gama de tamaños de partículas, solo las fibras diminutas y polvo “como está” se utiliza para fines hortícolas (Buechel, 2021).

La fibra de coco posee varias ventajas como poseer un alto contenido en lignina (compuesto natural que forma parte de la pared celular de las vegetales), que favorece la presencia de microorganismos beneficiosos en la zona radicular y evita

la descomposición, lo que lo convierte en un medio de cultivo reutilizable, además de ser respetuoso con el ambiente (AEFA, 2024), ya que no se extrae y procesa de su hábitat natural como la turba rubia, siendo este una buena alternativa a la turba rubia y otros sustratos.

Tienen un contenido alto en potasio (K) en comparación con la turba de Sphagnum, que puede beneficiar el crecimiento de las plantas, el sodio (Na) se lava fácilmente del material mediante irrigación (Urrestarazu, 2004). Se puede combinar con turba de musgo esfagno y agregados para producir medios de crecimiento para germinación de semillas y crecimiento general (Buechel, 2021). Las virutas (trozos) de fibra de coco ofrecen propiedades únicas al usarse en medios de crecimiento para plantas, ya que retienen el agua dentro de la partícula, brindando aireación, movimiento de agua y estabilidad dimensional en el medio de crecimiento, una buena formulación del medio de crecimiento contiene una base de fibra de coco y turba de musgo esfagno puede ayudar al enraizamiento y la germinación (Buechel, 2021).

La efectividad de la fibra de coco como medio de crecimiento estará determinada de cómo se procesó y el porcentaje de inclusión en la formulación del medio de crecimiento, entre sus propiedades físicas similares a las de la turba de musgo esfagno son, la estructura porosa y granular, posee una alta porosidad total e incluso ofrece una mayor capacidad de retención de agua en comparación con la turba de musgo esfagno, demostrándose que la fibra de coco retiene hasta nueve veces su peso en agua (Buechel, 2021).

Además Buechel (2021) menciona que la fibra de coco tiene varias propiedades que la hacen una buena opción para mezclar con turba:

1. Excelente capacidad de atrapar y retener la humedad.
2. No tiene una cutícula cerosa que repele el agua, por lo que no requiere un agente humectante.
3. Al secarse, el medio de crecimiento con fibra de coco no se aparta de las paredes del contenedor, lo que evita la canalización del agua al irrigar.
4. Es más resistente a la descomposición física al manejarse y procesarse debido a su alta relación de lignina a celulosa.
5. Ofrece una alta capacidad de retención de aire y agua en el contenedor.
6. Tiene un rango de pH ligeramente ácido a neutro (6,0 a 6,8), en comparación con el pH ácido de la turba de musgo esfagno (3,5 a 4,8).

Estas propiedades hacen que la fibra de coco sea una excelente opción para mezclar con turba y crear un medio de crecimiento óptimo para las plantas.



Figura 12. Sustratos comerciales para plantas, (A) musgo esfagno, (B) turba rubia, (C) fibra de coco y (D) aireante perlita agrícola.

2.3.15 Perlita agrícola

La perlita es un material volcánico que se expande cuando se calienta a altas temperaturas 1000 – 1200 °C, convirtiéndose en un material ligero y poroso (Tamargo, 2012). Está compuesto principalmente por silicato aluminico (SiO_2 y Al_2O_3) y es inerte (desprovista de nutrientes), pero puede liberar aluminio tóxico si se utiliza con soluciones nutritivas ácidas, resultando problemas de toxicidad en las plantas (Urrestarazu, 2004).

La perlita es un material vítreo amorfo, derivado de la rápida solidificación de magma volcánico, con una composición química variable y un contenido de agua

combinada del 2-5%, que se utiliza en aplicaciones industriales, este material se fragmenta en partículas pequeñas, se precalienta a 300 – 400 °C y se deposita en hornos a 1000° C, y el agua combinada es evaporada rápidamente, expandiéndose el producto, para formar un material particulado ligero, con una densidad en promedio de 125 kg/m³, cuando la roca volcánica original pesaba 1 500 kg/m³ (Urrestarazu, 2004).

Su superficie es rugosa y de estructura cerrada, lo que le proporciona una gran área superficial para retener agua, debido a este último, el agua es retenida solamente en la superficie de las partículas o en los poros existentes; las mezclas de sustratos con elevada proporción de perlita son generalmente bien aireadas, esta condición determina que se utilice como componente de aireación en los sustratos (Urrestarazu, 2004). La perlita se forma a partir de rocas volcánicas vítreas y se procesa industrialmente para crear un material con una gran área superficial para retener agua, sin embargo no retiene mucha agua y se utiliza principalmente para mejorar la aireación en los sustratos, sus ventajas incluyen baja densidad, capilaridad y estabilidad, pero tiene la desventaja de ser frágil y requerir eliminación de partículas pulverulentas (Tamargo, 2012). La perlita es resistente a la descomposición biológica y química (Urrestarazu, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La presente investigación se llevó a cabo en condiciones de invernadero (tipo pasivo) en las instalaciones de CarniSuc Plants Ayacucho dedicada al cultivo y producción de plantas carnívoras de valor económico, a 2860 msnm, desde el mes de abril de 2022 hasta mayo de 2023.

3.1.1 Ubicación política

Región: Ayacucho
Provincia: Huamanga
Distrito: Carmen Alto

3.2 Población y muestra experimental

3.2.1 Población

Estuvo constituido por las plantas carnívoras producidas en el invernadero. *Drosera capensis* var. albino (Familia Droseraceae) y *Pinguicula tina* (Familia Lentibulariaceae) distribuidas en catorce unidades experimentales.

3.2.2 Muestra

Estuvo constituida por 56 plantas carnívoras; 28 plantas de *Drosera capensis* y 28 plantas de *Pinguicula tina* distribuidas en dos grupos, grupo uno: 12 plantas de *Drosera capensis* y 12 plantas de *Pinguicula tina* y grupo dos: 16 plantas de *Drosera capensis* y 16 plantas de *Pinguicula tina*.

3.2.3 Unidad muestral u observacional

Macetas cuadradas de plástico de 7 cm x 7 cm x 6,5 cm, con capacidad de 318,5 cm³, equivalente a 0,3 L de sustrato, con una planta carnívora.

3.3 Diseño de investigación

Experimental – Longitudinal, el diseño experimental empleado para la presente investigación fue el diseño completamente al azar (DCA), con dos experimentos separados, para el primer experimento: tres sustratos comerciales (turba rubia, musgo esfagno y fibra de coco) y para el segundo experimento: cuatro cantidades de alimento (0, 2, 5 y 10 presas), cada tratamiento con cuatro repeticiones.

Se diseñó dos experimentos separados, organizados de la siguiente manera:

- Primer experimento, 24 plantas en total: 12 plantas de *Drosera capensis* y 12 plantas de *Pinguicula tina*, las cuales se trasplantaron en las respectivas macetas con los sustratos a evaluar, siendo cuatro repeticiones por tratamiento. Estos tratamientos fueron:

T1: turba rubia, T2: musgo esfagno y T3: fibra de coco



Figura 13. Diseño experimental del primer experimento, conformado por tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, 12 plantas de *Drosera capensis* y 12 plantas de *Pinguicula tina*, 24 plantas en total.

- Segundo experimento, 32 plantas en total: 16 plantas de *Drosera capensis* y 16 plantas de *Pinguicula tina*, aplicando cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre” (Diptera: Drosophilidae) suministradas cada dos semanas, de acuerdo con lo que le corresponde a cada planta, siendo cuatro repeticiones por tratamiento. Estos tratamientos fueron:

T1: 0 presas, T2: 2 presas, T3: 5 presas y T4: 10 presas



Figura 14. Diseño experimental del segundo experimento, conformado por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, 16 plantas de *Drosera capensis* y 16 plantas de *Pinguicula tina*, 32 plantas en total.

3.4 Metodología

3.4.1 Identificación y taxonomía de las plantas carnívoras

Para identificar y clasificar las plantas carnívoras *Drosera capensis* var. albino (Familia Droseraceae) y *Pinguicula tina* híbrido derivado de la *Pinguicula agnata* y *Pinguicula zechei* (Familia Lentibulariaceae), se llevó a cabo mediante una combinación de recursos incluyendo bases de datos en línea, literatura especializada y consulta con un experto en taxonomía vegetal; se consultó las bases de datos en línea como The Plant List (<http://www.theplantlist.org/1/>) y del Jardín Botánico de Missouri (<https://www.tropicos.org/home>), además de fuentes bibliográficas especializadas. Se analizaron características morfológicas y estructurales como la forma de las hojas, coloración y formación de flores. Y para para confirmar la identidad de las plantas se obtuvo la certificación botánica (Anexo 19) de un Especialista en Taxonomía y Sistemática de Plantas, y según el Sistema de Clasificación de Cronquist, A. (1988) se determinó la taxonomía que es la siguiente:

División: Magnoliophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida
 Sub Clase: Dilleniidae
 Orden: Nepenthales
 Familia: Droseraceae
 N.C.: *Drosera capensis*
 variedad: albino, alba

Clase: Magnoliopsida
 Sub Clase: Asteridae
 Orden: Scrophulariales
 Familia: Lentibulariaceae
 N.C.: *Pinguicula tina*
 híbrido de *P. agnata* y *P. zecheri*

3.4.2 Construcción y acondicionamiento del invernadero pasivo

Se construyó un invernadero pasivo de tipo capilla simple con estructura de madera, con dimensiones de 1,5 m de ancho por 8 m de largo en el piso, lateral superior de 2,5 m e inferior de 2 m cubierto de plástico para invernadero y con una malla de sombra en el techo que reduce la intensidad de la luz en un 30%. Este invernadero pasivo proporcionó las condiciones ambientales ideales reduciendo excesos de iluminación, temperatura y humedad para el cuidado, aclimatación, crecimiento y desarrollo de plantas carnívoras. Las plantas se colocaron en mesas de madera a 1,5 m del suelo, dentro de bandejas de plástico para la evaluación del crecimiento.

3.4.3 Registro de los parámetros del ambiente y del agua

Se llevó a cabo un monitoreo de los parámetros ambientales y del agua en el invernadero, registrando la temperatura (°C) y humedad relativa (%HR) con un termohigrómetro, así como también los parámetros del agua de riego, incluyendo sólidos disueltos totales (ppm), conductividad eléctrica (μS/cm) y pH utilizando un multiparámetro. Estas mediciones se realizaron cada dos semanas a lo largo del proceso, y los resultados se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 2. Datos en el invernadero y del agua del riego durante el crecimiento de las plantas.

	Parámetros	Medidas
Invernadero	Temperatura máxima	33,38 °C
	Temperatura mínima	10,88 °C
	Temperatura media	22,13 °C
	Humedad relativa máxima	91,51 %
	Humedad relativa mínima	31,85 %
	Humedad relativa media	61,68 %
	Fotoperiodo	8 horas
Agua	Sólidos disueltos totales	19 ppm
	Conductividad eléctrica	40 μS/cm
	pH	6,94

3.4.4 Producción y manejo de las plantas carnívoras

Las plantas carnívoras fueron obtenidas de la ciudad de Lima de cultivadores de plantas ornamentales exóticas. Posteriormente fue reproducida en el invernadero hasta alcanzar su tamaño adulto y obtener varias plantas adultas. Para la producción de las plantas carnívoras necesarias se realizó la siembra de semillas frescas de la *Drosera capensis*, y la propagación vegetativa de la *Pinguicula tina*, siendo obtenidos de plantas adultas cultivadas anteriormente en el invernadero, brindando a ambos la adecuada temperatura, humedad ambiental y riego. Después de seis meses, se seleccionaron plantas pequeñas con características uniformes, varias hojas y buenas raíces, listas para ser trasplantadas a macetas individuales. El riego con agua de lluvia se realizó semanalmente o cuando el nivel de agua lo requería, mediante inmersión o "método de bandeja", cubriendo la base de la maceta con 1-2 cm de agua.

3.4.5 Cultivo de las plantas carnívoras en los sustratos

Se prepararon los sustratos para el cultivo de plantas carnívoras siguiendo las recomendaciones de referencias bibliográficas especializadas, para las droseras se utilizó una proporción de 3:2 y para las pinguiculas 1:4 (sustrato + aireante), y se adicionó perlita agrícola para mejorar la aireación del sustrato. Luego de obtener una mezcla homogénea e hidratar, se trasplantaron las plantas de *Drosera capensis* y *Pinguicula tina* en tres tipos de sustratos comerciales diferentes (musgo esfagno, turba rubia y fibra de coco), todas las macetas con las plantas carnívoras fueron etiquetadas (especie, tipo de sustrato y n° de repetición) para evaluar su crecimiento.

3.4.6 Aplicación de las presas a las plantas carnívoras

Se cultivaron nuevas plantas de *Drosera capensis* en sustrato musgo esfagno y *Pinguicula tina* en turba rubia, y durante 180 días se aplicaron cuatro cantidades de alimento (0, 2, 5 y 10) con presas de *Drosophila melanogaster* "mosca del vinagre" muertas por congelación cada dos semanas, se colocaron las presas en hojas jóvenes y sanas con bastante mucilago utilizando una pinza de punta fina de acuerdo a lo que corresponde, todas las macetas con plantas carnívoras fueron etiquetadas (especie, cantidad de presas y n° de repetición) para evaluar su crecimiento.

Las presas *Drosophila melanogaster* "mosca del vinagre" se cultivaron en un ambiente alejado del invernadero donde se encontraban las plantas, se utilizaron los siguientes métodos para cultivar y suministrar las presas: cultivo (se cultivaron

las presas en un medio rico en carbohidratos), suministro (se suministraron presas muertas por congelación cada dos semanas a las plantas) y el método de suministro (se utilizaron pinzas metálicas de punta fina para colocar las presas en hojas sanas, jóvenes y llenas de mucilago de las plantas). Este método permitió controlar la cantidad y calidad de las presas suministradas a las plantas, lo que es importante para evaluar el efecto del alimento en el crecimiento y desarrollo de las plantas carnívoras.

3.4.7 Recolección de datos

Se llevaron a cabo evaluaciones periódicas para medir el crecimiento de las plantas carnívoras en ambos experimentos. Estas evaluaciones se realizaron cada 60 días, durante un total de cuatro tiempos. Para la *Drosera capensis* se tomó las medidas de altura (cm) desde la base de la planta hasta el punto más alto utilizando una regla metálica milimétrica, para la producción de hojas trampa y la producción de escapos florales se hizo un conteo manual. Y para la *Pinguicula tina* se tomó las medidas de diámetro (cm) utilizando un calibrador vernier, para la producción de hojas trampa y la producción de flores se hizo un conteo manual. En cada evaluación, se retiraron las hojas y flores contabilizadas en la evaluación anterior (excepto en la primera evaluación), para evitar contarlas nuevamente en la próxima evaluación y así evidenciar la formación de nuevas hojas y flores.

3.5 Análisis estadístico

Se utilizó Microsoft Excel para construir una matriz de datos, a partir del cual se hizo tablas y figuras en las que se presentan estadísticos en MINITAB 19, con la finalidad de ver el crecimiento de las dos plantas carnívoras *Drosera capensis* y *Pinguicula tina* cultivadas en tres tipos de sustratos comerciales (turba rubia, musgo esfagno y fibra de coco) y mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* (0, 2, 5 y 10 presas).

Se realizó un análisis de varianza (ANVA) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Además, se utilizaron comparaciones múltiples de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para identificar qué sustrato y qué cantidad de alimento tienen un mayor efecto positivo en el crecimiento de las plantas.

IV. RESULTADOS

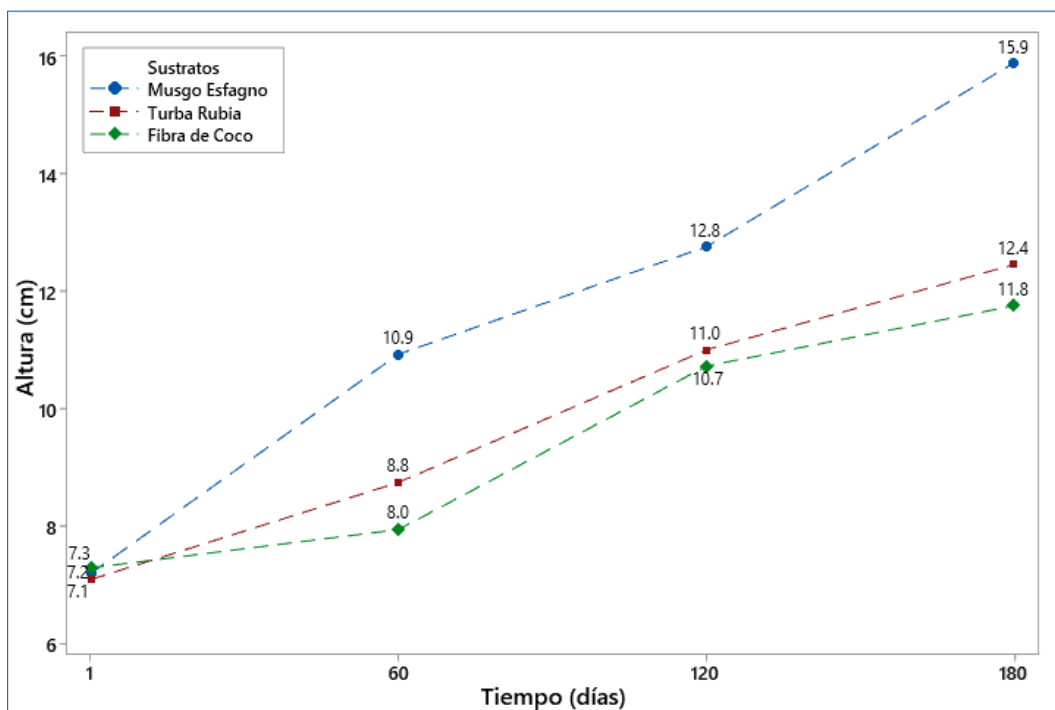


Figura 15. Tendencia del incremento de la altura promedio de la planta carnívora *Drosera capensis* cultivada en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.

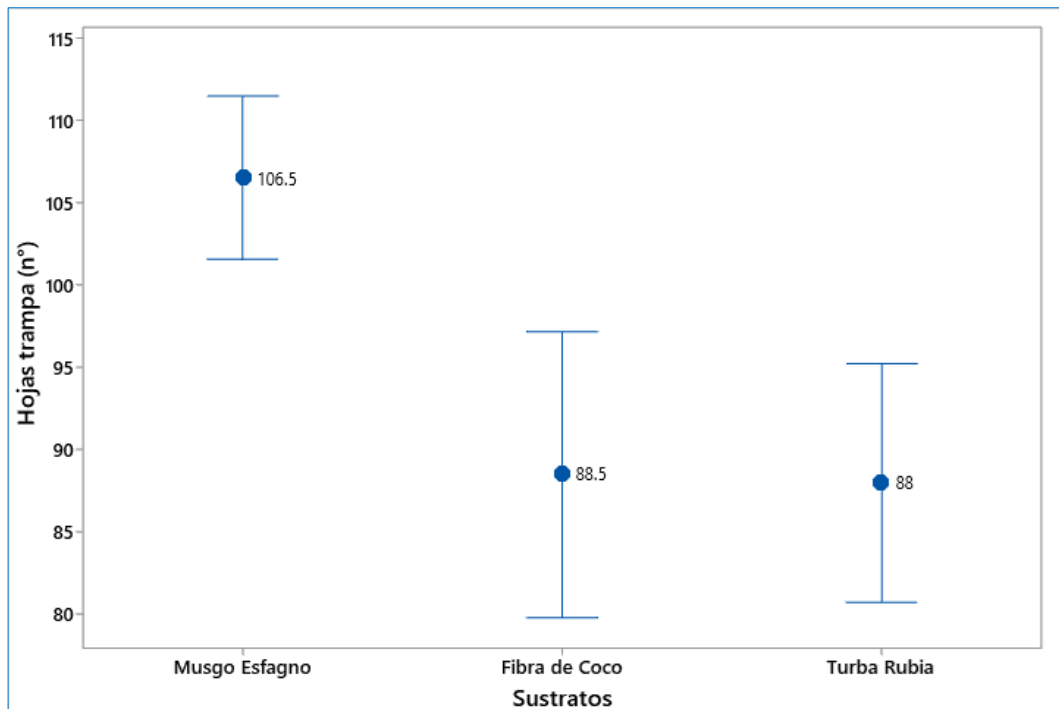


Figura 16. Producción de hojas trampa promedio y desviación estándar de la planta carnívora *Drosera capensis* cultivada en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.

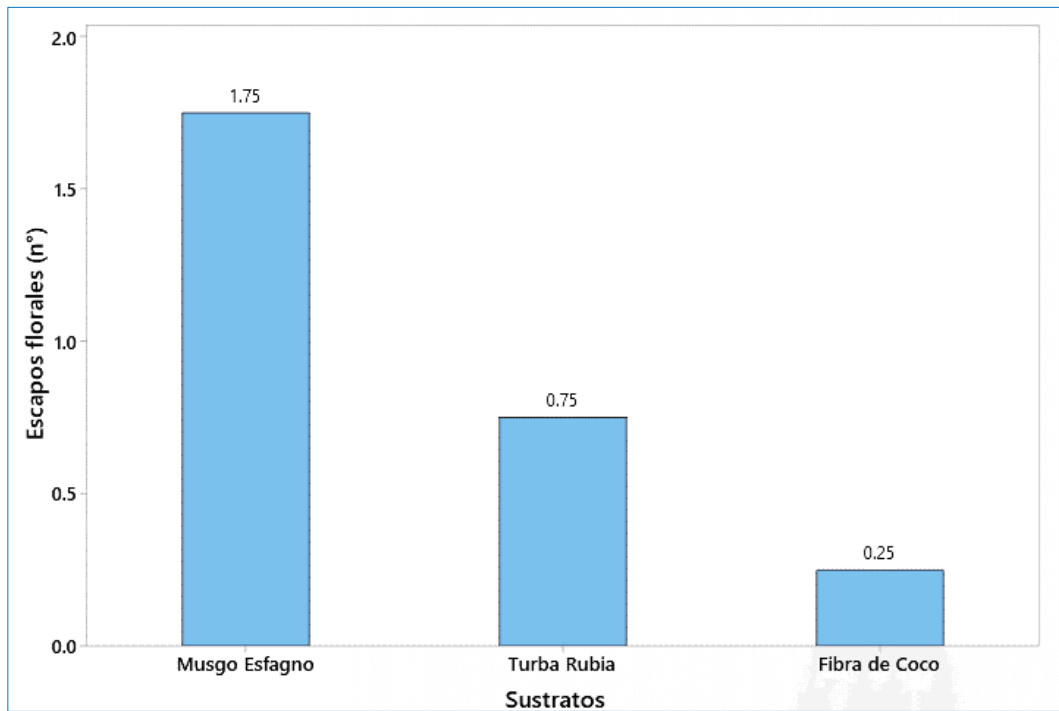


Figura 17. Producción de escapos florales promedio de la planta carnívora *Drosera capensis* cultivada en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.

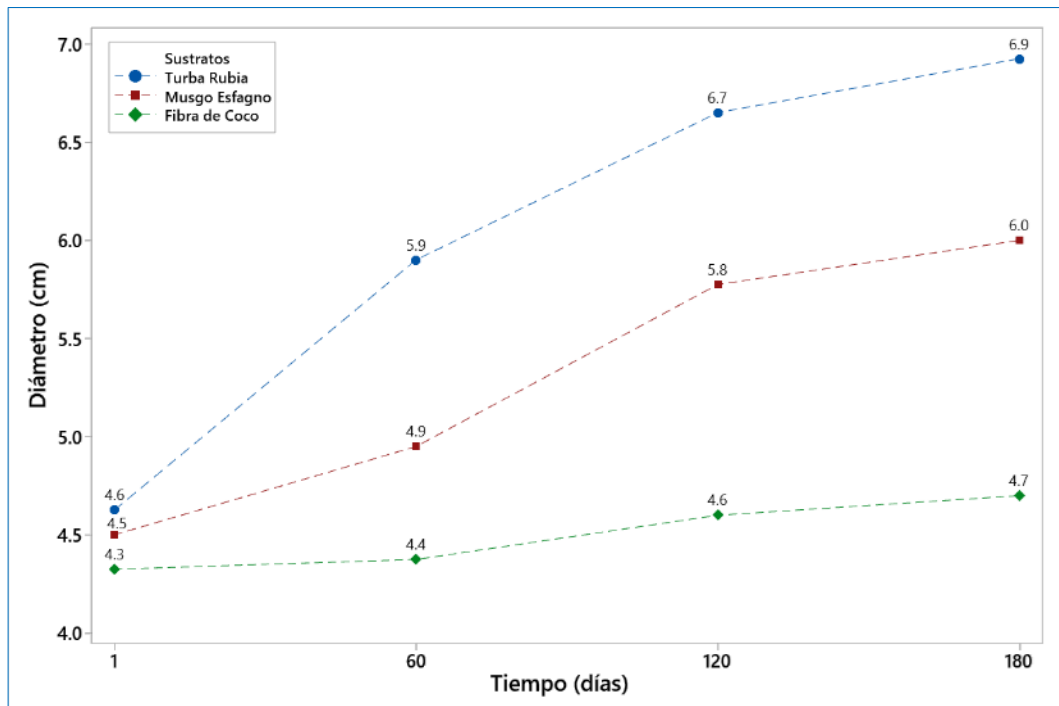


Figura 18. Tendencia del incremento del diámetro promedio de la planta carnívora *Pinguicula tina* cultivada en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.

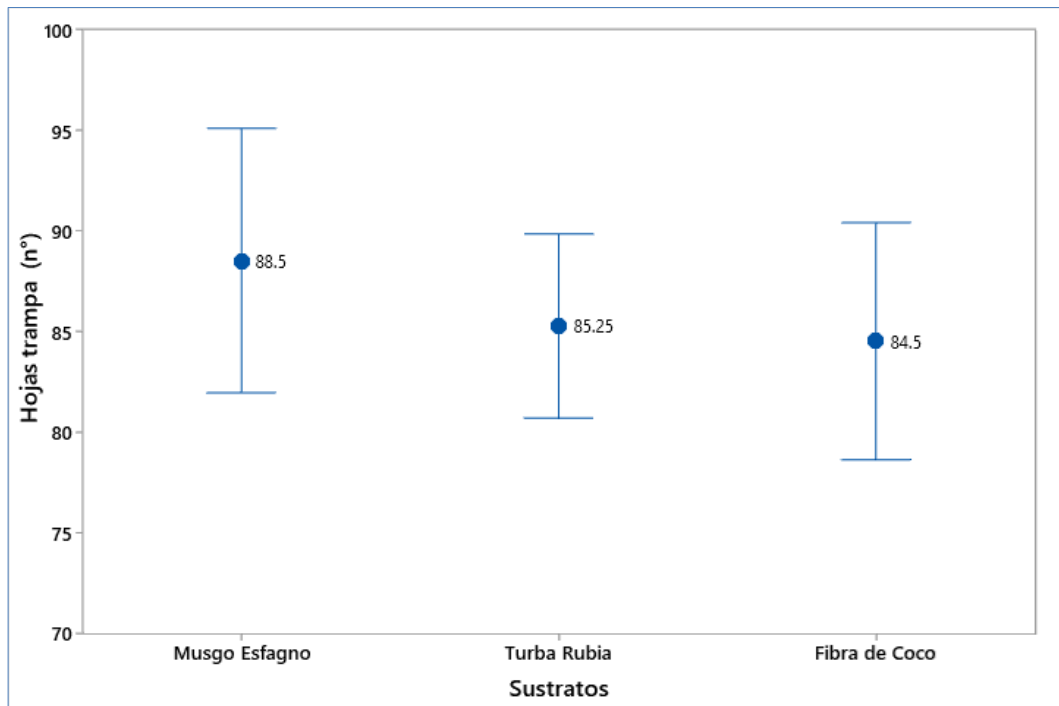


Figura 19. Producción de hojas trampa promedio y desviación estándar de la planta carnívora *Pinguicula tina* cultivada en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.

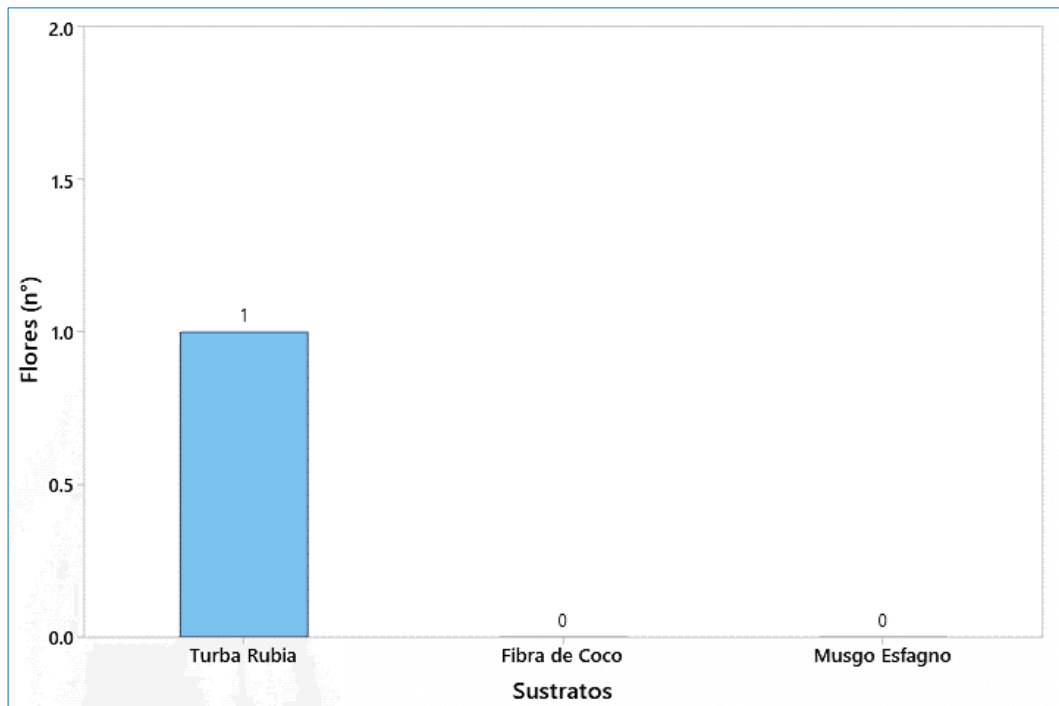


Figura 20. Producción de flores promedio de la planta carnívora *Pinguicula tina* cultivado en tres sustratos comerciales, en un periodo de 180 días.

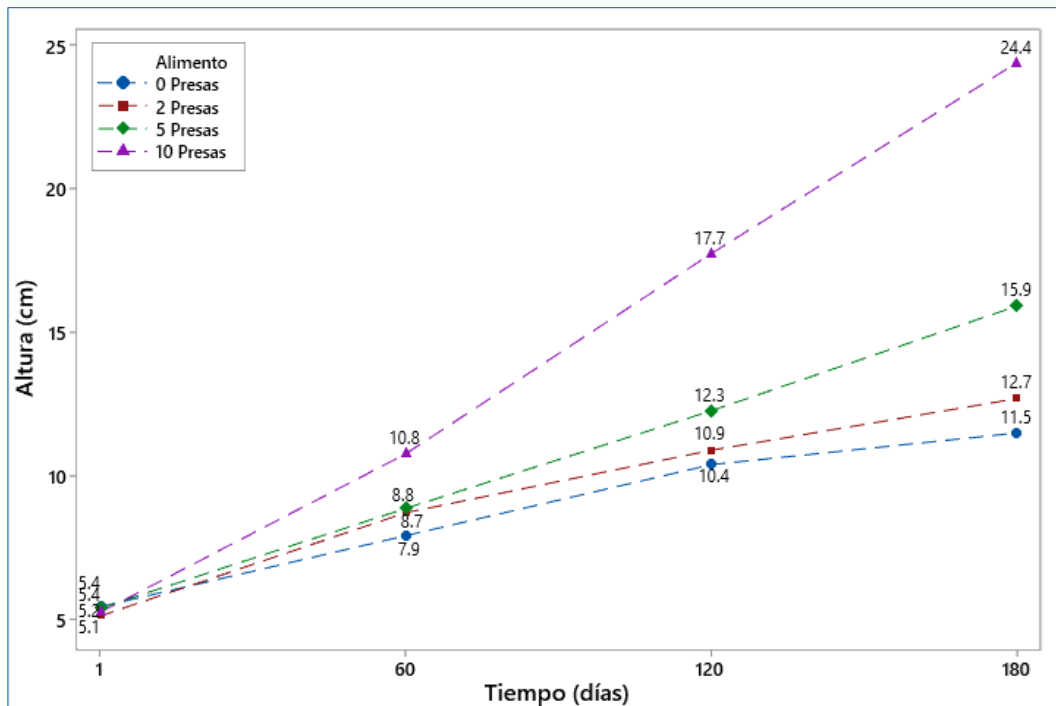


Figura 21. Tendencia del incremento de la altura promedio de la planta carnívora *Drosera capensis* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.

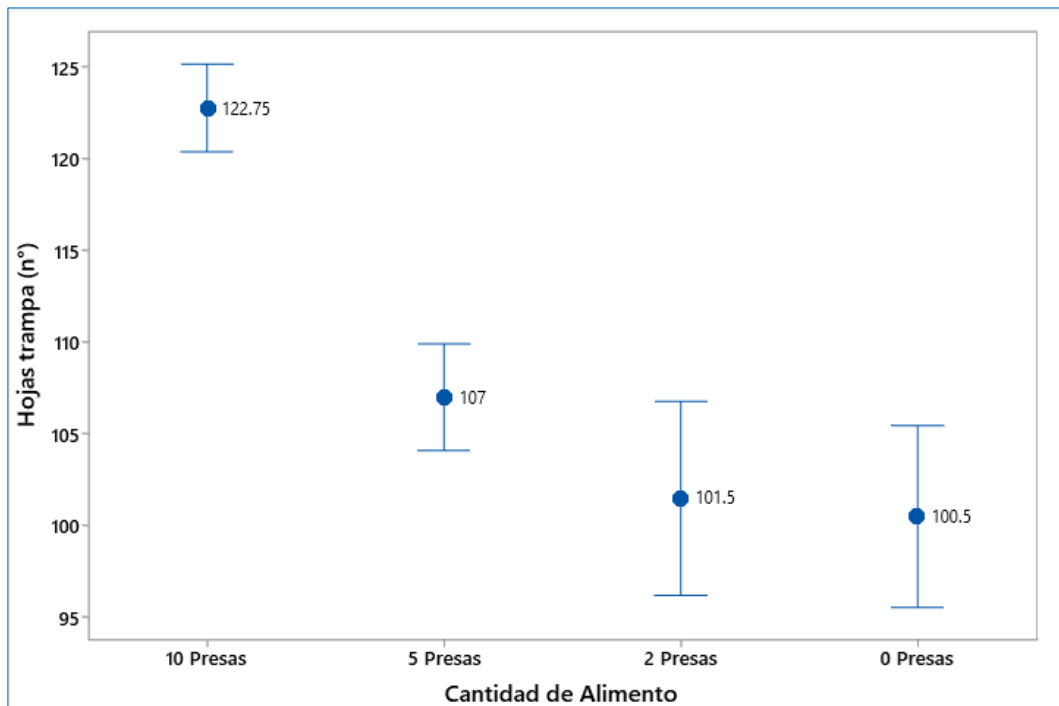


Figura 22. Producción de hojas trampa promedio y desviación estándar de la planta carnívora *Drosera capensis* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.

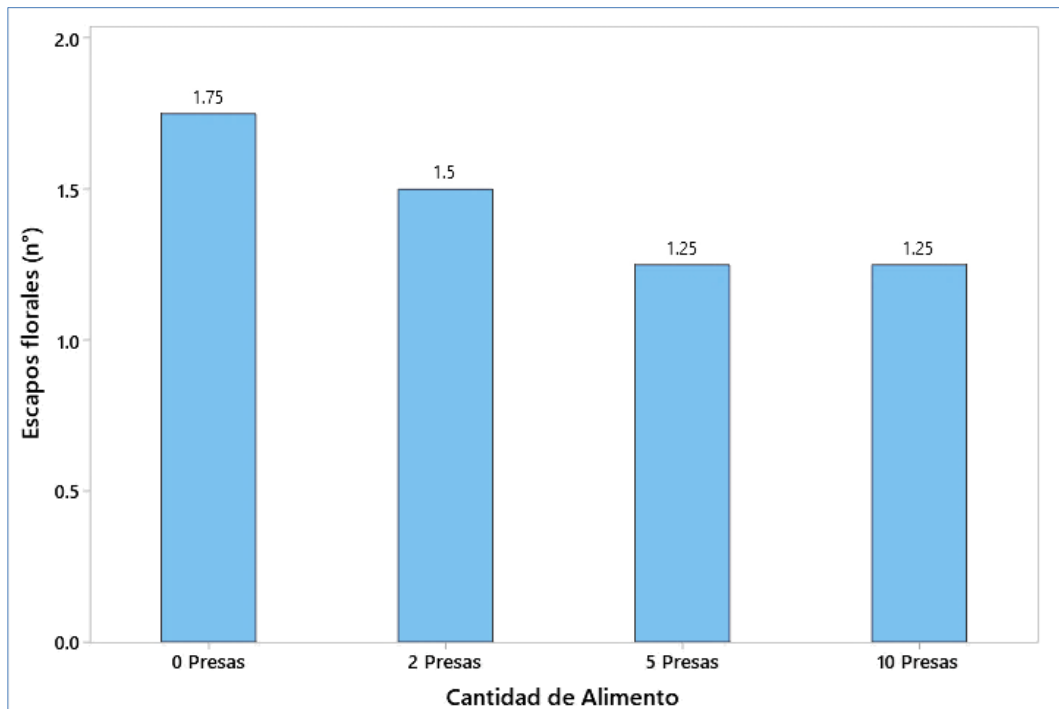


Figura 23. Producción de escapos florales promedio de la planta carnívora *Drosera capensis* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.

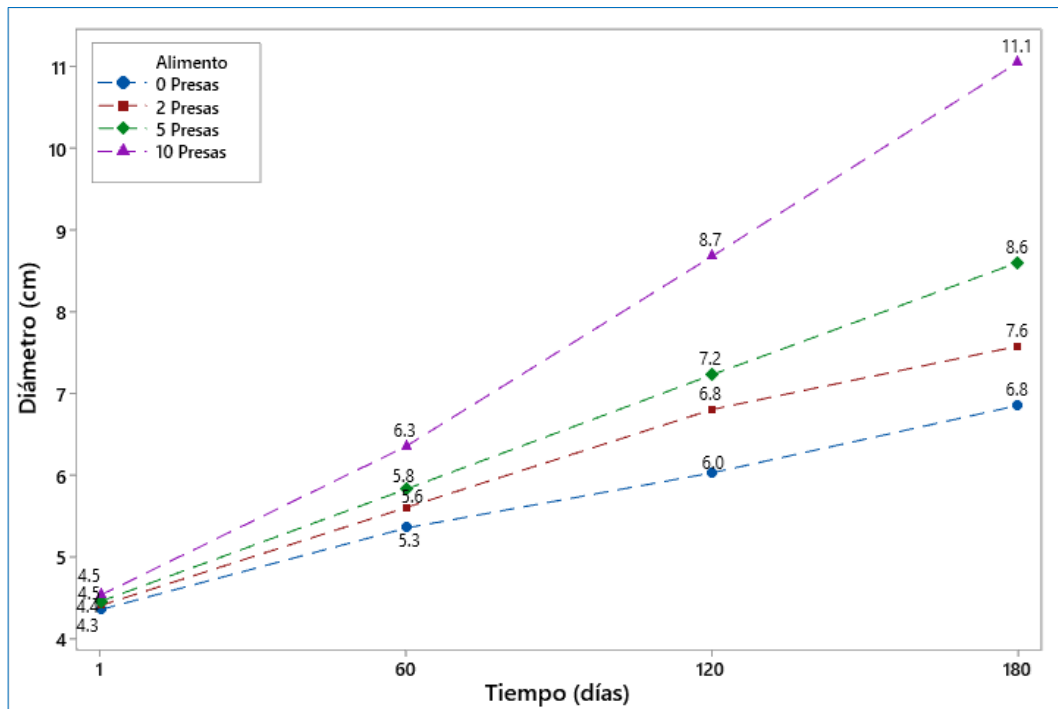


Figura 24. Tendencia del incremento del diámetro de la planta carnívora *Pinguicula tina* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.

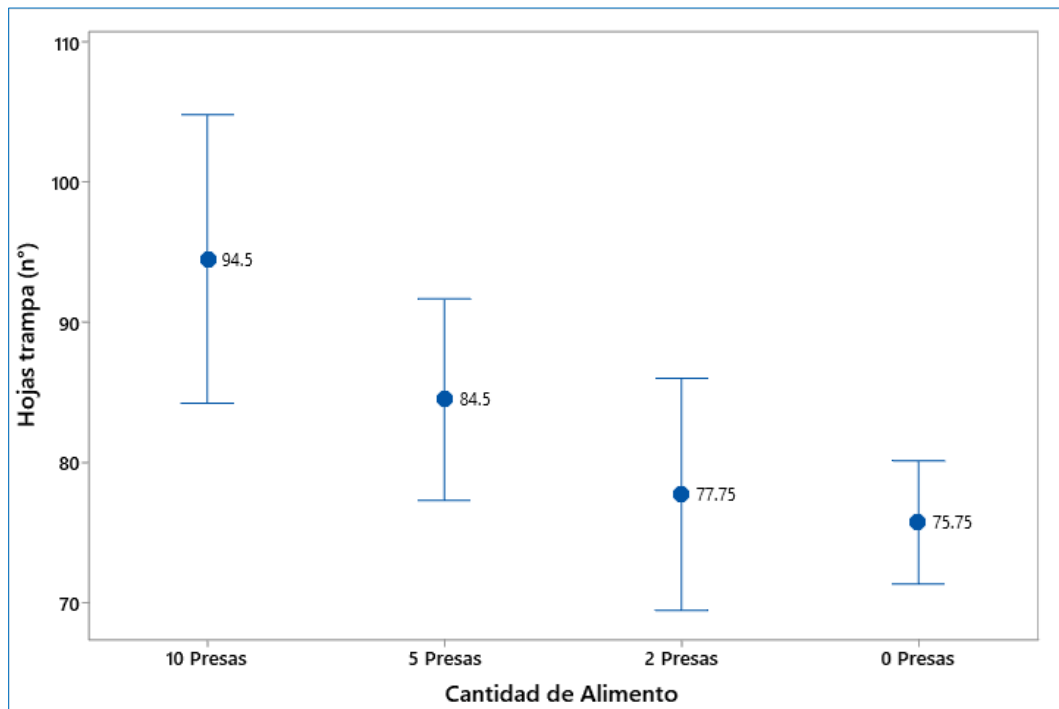


Figura 25. Producción de hojas trampa promedio y desviación estándar de la planta carnívora *Pinguicula tina* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.

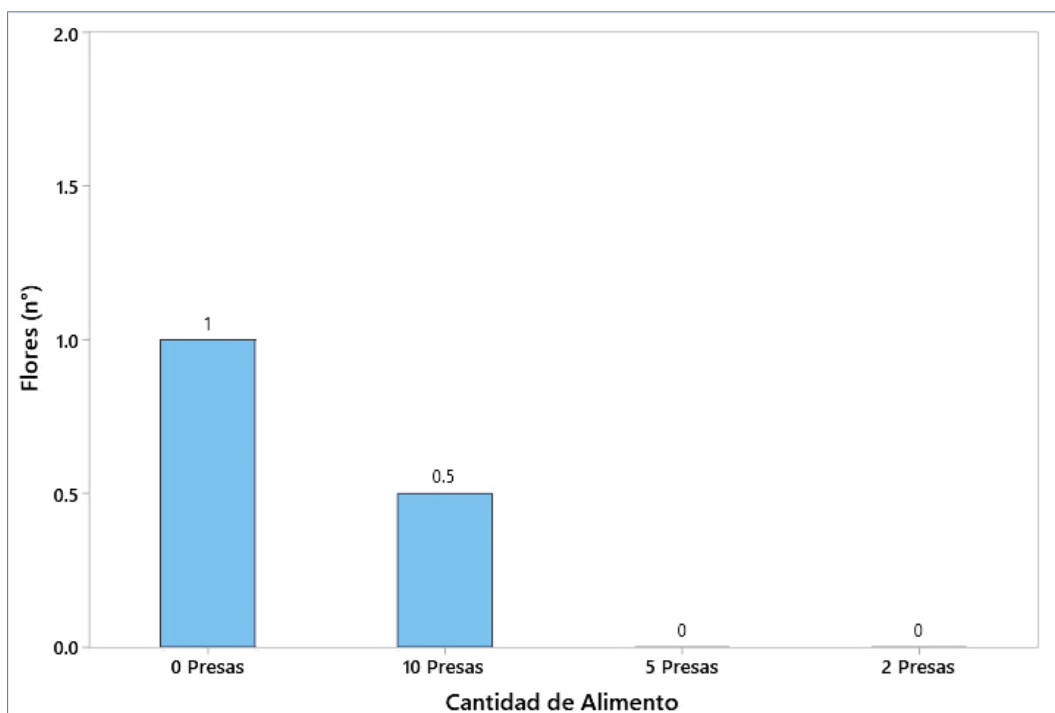


Figura 26. Producción de flores promedio de la planta carnívora *Pinguicula tina* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, en un periodo de 180 días.

V. DISCUSIÓN

A continuación, se describe la evaluación del crecimiento de la planta *Drosera capensis* y la *Pinguicula tina* cultivada en tres sustratos comerciales (musgo esfagno deshidratado, turba rubia y fibra de coco).

La Figura 15 muestra que la tendencia del crecimiento promedio en altura de la *Drosera capensis* fue mayor en el sustrato musgo esfagno (15,9 cm), seguido por la turba rubia (12,4 cm) y la fibra de coco (11,8 cm), con un inicial promedio de 7,2 cm de altura en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que existen diferencias significativas en el crecimiento de las plantas cultivadas en tres tipos de sustratos. Y la prueba de tukey ($\alpha=0.05$) confirmó que el sustrato musgo esfagno produce el mayor crecimiento.

La Figura 16 muestra que la producción promedio de hojas trampa de la *Drosera capensis* fue mayor en el sustrato musgo esfagno (106,5 hojas), seguido por la fibra de coco (88,5 hojas) y la turba rubia (88 hojas), con un inicial promedio de 4 hojas en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que existen diferencias significativas en la producción de hojas trampa de las plantas cultivadas en tres tipos de sustratos. Y la prueba de tukey ($\alpha=0.05$) confirmó que el musgo esfagno produce la mayor cantidad de hojas trampa.

La Figura 17 muestra que la producción promedio de escapos florales “tallos florales” de la *Drosera capensis* fue mayor con el sustrato musgo esfagno (1,75 escapos florales), seguido de la turba rubia (0,75 escapos florales) y la fibra de coco (0,25 escapos florales), con un inicial promedio de 0 en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que existen diferencias significativas en la producción de escapos florales de las plantas cultivadas en tres tipos de sustratos. Y la prueba

de tukey ($\alpha=0.05$) confirmó que el musgo esfagno produce la mayor cantidad de escapos florales.

La Figura 18 muestra que la tendencia del crecimiento promedio en diámetro de la *Pinguicula tina* fue mayor con el sustrato turba rubia (6,9 cm), seguido del musgo esfagno (6 cm) y la fibra de coco (4,7 cm), con un inicial promedio de 4,46 cm de diámetro en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que existen diferencias significativas en el crecimiento de las plantas cultivadas en tres tipos de sustratos. Y la prueba de tukey ($\alpha=0.05$) confirmó que el sustrato turba rubia produce el mayor crecimiento.

La Figura 19 se muestra que la producción promedio de hojas trampa de la *Pinguicula tina* fue mayor con el sustrato musgo esfagno (88,5 hojas), seguido de la turba rubia (85,3 hojas) y la fibra de coco (84,5 hojas), con un inicial promedio de 7,1 hojas en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que no existen diferencias significativas en la producción de hojas trampa de la planta carnívora *Pinguicula tina* cultivada en tres tipos de sustratos.

La Figura 20 muestra que la producción promedio de flores de la *Pinguicula tina* fue mayor con el sustrato turba rubia (1 flor), el musgo esfagno y fibra de coco (0 flores), con un inicial promedio de 0 flores en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que no existen diferencias significativas en la producción de flores de la planta carnívora *Pinguicula tina* cultivada en tres tipos de sustratos.

Investigación realizada por (Cifuentes, 2023) en plantas de *Dionaea muscipula* “venus atrapamoscas” propagadas *in vitro*, cultivando en sustratos diferentes (musgo esfagno y turba rubia, con y sin piedra pómez) con el objetivo de encontrar el sustrato que mejore la supervivencia y el desarrollo, determinándose que el sustrato (100% turba rubia) fue el más efectivo, sugiriendo que la turba rubia es el sustrato ideal para estas plantas propagadas *in vitro*.

Resultados distintos obtuvo (Santini *et al.*, 2015) realizada con la planta carnívora *Drosera spatulata* cultivado en los sustratos fibra de coco y turba, resultando que la fibra de coco proporcionó un mejor establecimiento y adaptación de la planta, y el mayor número de hojas se obtuvieron utilizando una mezcla de fibra de coco (80%) y turba (20%). Estos resultados son debido a que la fibra de coco proporciona una buena aireación y drenaje a las plantas (Oliveira *et al.*, 2008), aumentando la disponibilidad de agua y oxígeno, favoreciendo la respiración y, en consecuencia, el aumento de la producción de energía que favorece el desarrollo de hojas (Santini *et al.*, 2015), siendo una buena opción como sustrato, pero el

efecto de la fibra de coco dependerá de los factores como el procesamiento y el porcentaje del material utilizado en la formulación del sustrato (Buechel, 2021).

Otra investigación en dos especies de orquídeas, que son plantas de similares requerimientos que las plantas carnívoras, fueron cultivadas en cuatro tipos de sustratos: musgo esfagno, musgo, turba y fibra de helecho, determinando que el mejor sustrato para su crecimiento y desarrollo de las orquídeas en estudio es el musgo esfagno, obteniendo un mayor crecimiento, altura de las plantas y la producción de hojas (Jiménez, 2014).

Ellison & Lubomír (2018) destacan que para el crecimiento de la *Drosera capensis* es importante considerar factores como la calidad del sustrato, la temperatura ambiental, la humedad relativa ambiental y la iluminación. Siendo el musgo esfagno el sustrato ideal para el mejor rendimiento de la *Drosera capensis*, proporcionando un entorno ácido (pH ácido) y húmedo, ayuda a mantener la humedad necesaria y retener los nutrientes, mencionando también que el musgo esfagno es un sustrato “tradicional” y efectivo para cultivar estas plantas carnívoras, dado como resultado un mayor crecimiento de las hojas con este sustrato que con la turba rubia.

Las características del sustrato es el factor abiótico más influyente en el crecimiento de las plantas carnívoras, así la turba rubia favorece a las pinguiculas debido a que es un sustrato muy pobre en nutrientes y presenta un pH muy ácido al estar formadas en regiones frías, con altas precipitaciones y alta humedad, teniendo una alta capacidad de retención de agua, porosidad elevada, estructura esponjosa, buen contenido de aire y baja salinidad (Urrestarazu, 2004), la turba rubia utilizada tuvo un pH de 6 – 6.5, capacidad de retención de la humedad del 50 – 60 %, granulometría 0 – 10 mm. Por otra parte el musgo esfagno también favorece al crecimiento ya que tiene una gran capacidad de acumular agua en sus estructuras (80% del volumen del musgo), gracias a unas células llamadas hidroclitos que son perforaciones en las paredes que una vez muertas el musgo permiten la entrada de agua a su interior (Domínguez & Larraín, 2012), aportando la oxigenación y humedad ya que tiene la capacidad de retener hasta 20 veces su peso seco (Agüero, 2013), el musgo esfagno utilizado tuvo un pH de 4.5 – 6, capacidad de retención de la humedad menor a 20% y porosidad del 90%. Finalmente la fibra de coco tiene una excelente capacidad de atrapar y retener la humedad, retienen el agua dentro de la partícula, brindando aireación, movimiento del agua, además la fibra de coco retiene hasta 9 veces su peso en agua debido

a que tiene una estructura porosa y granular, teniendo una alta porosidad (Buechel, 2021), la fibra de coco utilizada tuvo un pH de 6 – 6.5, capacidad de retención de la humedad menor a 20%, granulometría 0 – 7 mm. Las plantas carnívoras habitan en lugares altamente pobres en nutrientes (como las turberas) promoviendo una marcada especialización hacia la carnivoría y una reducción en la capacidad de utilizar fuentes de nutrientes derivadas del suelo (Karlsson & Pate, 1992), siendo los tres sustratos utilizados en la presente investigación altamente pobres en nutrientes, alta capacidad de retener agua en sus estructuras, proporcionando buena aireación a las raíces de las plantas carnívoras.

A continuación, se describe la evaluación del crecimiento de la planta *Drosera capensis* y la *Pinguicula tina* mediante la aplicación de alimento 0, 2, 5 y 10 presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”.

La Figura 21 muestra que la tendencia del crecimiento promedio en altura de la *Drosera capensis* fue mayor con 10 presas de alimento (24,4 cm), seguido de 5 presas (15,9 cm), con 2 presas (12,7 cm) y 0 presas (11,5 cm), con un inicial promedio de 5,3 cm de altura en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que existen diferencias significativas en el crecimiento en altura de las plantas mediante la aplicación de presas de *Drosophila melanogaster* “moscas del vinagre” como alimento. Y la prueba de tukey ($\alpha=0.05$) confirmó que la dotación de 10 presas de alimento produce el mayor crecimiento.

La Figura 22 muestra que la producción promedio de hojas trampa de *Drosera capensis* fue mayor con 10 presas de alimento (122,8 hojas), seguido de 5 presas (107 hojas), con 2 presas (101,5 hojas) y con 0 presas (100,5 hojas), con un inicial promedio de 4 hojas en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que existen diferencias significativas en la producción de hojas trampa de las plantas mediante la aplicación de presas de *Drosophila melanogaster* “moscas del vinagre” como alimento. Y la prueba de tukey ($\alpha=0.05$) confirmó que la dotación de 10 presas de alimento produce la mayor cantidad de hojas trampa.

La Figura 23 muestra que la producción promedio de escapos florales “tallos florales” de *Drosera capensis* fue mayor con 0 presas de alimento (1,75 escapos florales), seguido de 2 presas (1,5 escapos florales), con 5 y 10 presas (1,25 escapos florales). El análisis ANVA indicó que no existen diferencias significativas en la producción de escapos florales de las plantas mediante la aplicación de presas de *Drosophila melanogaster* “moscas del vinagre” como alimento.

Resultados similares obtuvieron (Paniw *et al.*, 2017) cultivando *Drosophyllum lusitanicum* en el sustrato turba y arena de sílice (1:1), alimentando con *Drosophila virilis* “moscas de la fruta”, obteniendo que las plantas alimentadas crecieron cuatro veces más que las plantas no alimentadas. Los resultados de (Chandler & Anderson, 1976) realizadas en las plantas *Drosera binata* y *Drosera whittakeri* cultivadas en el sustrato turba rubia y arena (2:1), aplicando insectos *Drosophila melanogaster* en las trampas, produjeron el crecimiento óptimo de ambas plantas; también con los resultados de (Karlsson & Pate, 1992) realizadas en *Drosera closterostigma* y *Drosera glanduligera* en condiciones de invernadero, alimentadas con colémbolos *Hypogastrura vernalis* y moscas *Drosophila melanogaster*, en la que indicaron que registraron aumentos muy significativos en la materia seca de las plantas carnívoras y en el rendimiento reproductivo; así mismo con los resultados de (Krafft & Handel, 1991) realizadas en *Drosera filiformis* y *Drosera rotundifolia* alimentadas con moscas de la fruta *Drosophila melanogaster* (0, 5, 10 y 20 moscas por semana), resultando que el crecimiento de ambas especies mejoró, siendo más beneficiosas para la reproducción que para el crecimiento, pues las plantas con una cantidad mayor de alimento produjeron más flores que las plantas sin alimentar; también con los resultados de (Thum, 1988) realizadas en *Drosera intermedia* y *Drosera rotundifolia* suministrando alimentación complementaria con moscas *Drosophila melanogaster*, los resultados mostraron en ambas especies de drosera produjeron más hojas, más flores, más semillas y un área de captura más grande, el peso seco de las plantas en las cuales fueron añadidos las presas aumentó mucho más, lo que indica que los insectos suministrados tienen un "efecto fertilizante".

El suministro de presas no fue beneficiosa para la producción de escapos florales en la *Drosera capensis* debido a las siguientes razones que (Ellison & Lubomír, 2018) mencionan: cuando la planta recibe suficientes nutrientes reducen la producción de flores ya que redirigen esa energía hacia el crecimiento vegetativo (producción de hojas, tallos y raíces), además la falta de nutrientes estimula la floración como estrategia adaptativa para asegurar la continuidad de la especie.

La Figura 24 muestra que la tendencia del crecimiento promedio en diámetro de la *Pinguicula tina* fue mayor con 10 presas de alimento (11,1 cm), seguido de 5 presas (8,6 cm), con 2 presas (7,6 cm) y con 0 presas (6,8 cm), con un inicial promedio de 4,5 cm de diámetro en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que existen diferencias significativas en el crecimiento en diámetro de las plantas

mediante la aplicación de presas de *Drosophila melanogaster* “moscas del vinagre” como alimento. Y la prueba de tukey ($\alpha=0.05$) confirmó que la dotación de 10 presas de alimento produce el mayor crecimiento.

La Figura 25 muestra que la producción promedio de hojas trampa de *Pinguicula tina* fue mayor con 10 presas de alimento (94,5 hojas), seguido de 5 presas (84,5 hojas), con 2 presas (77,8 hojas) y con 0 presas (75,8 hojas), con un inicial promedio de 6,9 hojas en todas las plantas. El análisis ANVA indicó que existen diferencias significativas en la producción de hojas trampa de las plantas mediante la aplicación de presas de *Drosophila melanogaster* “moscas del vinagre” como alimento. Y la prueba de tukey ($\alpha=0.05$) confirmó que la dotación de 10 presas de alimento produce la mayor producción de hojas trampa.

La Figura 26 muestra que la producción promedio de flores de la *Pinguicula tina* fue mayor con 0 presas de alimento (1 flor), seguido de 10 presas (0,5 flores) y con 2 y 5 presas (0 flores). El análisis ANVA indicó que no existen diferencias significativas en la producción de flores de las plantas mediante la aplicación de presas de *Drosophila melanogaster* “moscas del vinagre” como alimento.

Resultados similares consiguieron (Aldenius *et al.*, 1983) donde trabajaron con la planta *Pinguicula vulgaris*, indicando que las plantas alimentadas con insectos mostraron valores más altos de longitud, número de hojas y peso seco. También con los resultados de (Thorén & Karlsson, 1998) en la cual alimentaron con dos presas de *Drosophila melanogaster* (muerta por congelación) por semana, a tres plantas de hábitos carnívoros: la *Pinguicula alpina*, *Pinguicula villosa* y *Pinguicula vulgaris*, mostrando que las plantas con alimentación complementaria aumentaron de tamaño, así como también la floración y la producción de semillas aumentó, en relación a las plantas que no tuvieron alimento complementario.

Estos efectos positivos en el crecimiento de las dos plantas carnívoras evaluadas es gracias a la digestión de las presas *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre” que utilizan como fuente complementaria de nutrientes (Blondeau, 2004; Lecoufle, 2006). Las estructuras de caza poseen la particularidad de secretar enzimas digestivas que digieren a los insectos, para luego absorber de las presas el nitrógeno orgánico, pero no asimilan el carbono, formándose este mediante el proceso de fotosíntesis (Climent, 2020).

Al igual que otras especies de drosera, la *Drosera capensis* presenta unas hojas lineales con tricomas glandulares que producen mucílago para capturar insectos,

estas hojas poseen la característica de movilidad para enroscarse alrededor de la presa, siendo mayor el contacto con las glándulas digestivas (Climent, 2020).

En caso de la *Pinguicula tina*, la superficie foliar presentan glándulas viscosas y glándulas sésiles (Lecoufle, 2006), las glándulas viscosas o pedunculadas participan en la producción de polisacáridos para engullir a las presas, y las glándulas sésiles están muy especializadas en producir enzimas para la digestión de la presa, los productos enzimáticos son fosfatasas, esterases, ribonucleasas, que son secretadas en respuesta a una estimulación frente a los compuestos nitrogenados de las presas (Vintéjoux & Shoar-Ghafari, 2000). Las glándulas que se encuentra en la superficie foliar de las plantas, sirven para digerir las partes blandas asimilables de la presa con sus enzimas, las proteínas de la presa se transforman en materia nutritiva y son absorbidas (Lecoufle, 2006). Las secreciones enzimáticas salen en respuesta a un estímulo (compuestos nitrogenados) colocándose alrededor de la presa atrapada y rápidamente penetran el sistema respiratorio a través de los espiráculos, participando las enzimas proteasas, nucleasas, fosfatasas, esterases, y los productos como las proteínas, compuestos nitrogenados, lípidos y glucógeno son movilizados al interior de la hoja a través de las células secretoras de la glándula sésil (Heslop-Harrison, 1976 como se citó en Ramírez, 2004). La secreción enzimática presenta peptidasas, fosfatasas ácidas, quitinasas, peroxidasas y diaforasas (Díaz & Valderrama, 2007). Las proteasas tienen la capacidad de digerir proteínas, la quitinasa tiene la capacidad de descomponer la quitina del exoesqueleto de los insectos, esterases, peroxidas y fosfatasas tiene la capacidad de digerir ácidos grasos, estas son asimiladas en la cabeza del tentáculo y absorbiéndose los nutrientes por las glándulas sésiles (May, 2014).

En relación a la humedad relativa, hubo pérdidas del agua por evaporación, siendo necesario aumentar agua frecuentemente, siendo beneficiosa para las plantas carnívoras mantener la humedad ambiental en un promedio de 61,68 %, también el invernadero proporcionó la adecuada iluminación natural (8 horas) y la temperatura ambiental correcta en promedio 22,13 °C para el crecimiento de todas las plantas carnívoras, el pH promedio del agua registrado fue de 6,94. (Blondeau, 2004) menciona que las plantas carnívoras viven la mayor parte del año en ambientes húmedos, cálidos y con buena iluminación indirecta, con una temperatura de 25 – 30 °C y que el agua para el riego tiene que ser muy inferior al valor neutro 7, de ningún modo caliza. Ellison & Lubomír (2018) mencionan que

el agua de riego para las plantas carnívoras debe cumplir con las siguientes características; debe ser agua destilada o de lluvia (para evitar la acumulación de iones minerales en el sustrato), pH ácido (debe ser ligeramente ácido, entre 5,5 y 6,5), baja conductividad eléctrica ($< 10 \mu\text{S/cm}$) para evitar la acumulación de iones en el sustrato), evitar agua de grifo (puede contener cloruros, fluoruros y otros iones que pueden ser tóxicos), evitar agua con nutrientes (ya que las plantas carnívoras obtienen los nutrientes necesarios de las presas) y sólidos disueltos totales bajos ($< 100 \text{ ppm}$, idealmente $\text{TDS} < 50 \text{ ppm}$) ya que las concentraciones elevadas pueden aumentar la conductividad eléctrica, aumentar iones minerales tóxicos e interferir con la absorción de nutrientes, y concentraciones bajas ayudan a mantener el pH ácido, reduce el riesgo de toxicidad por iones y simula las condiciones naturales de crecimiento.

VI. CONCLUSIONES

1. El mejor sustrato comercial para optimizar la producción de la planta carnívora *Drosera capensis* es el musgo esfagno deshidratado (musgo blanco); y para la planta carnívora *Pinguicula tina* es la turba rubia (peat moss), presentando resultados significativamente diferentes entre los otros sustratos, logrando un mayor efecto positivo durante la evaluación de su crecimiento.
2. La aplicación de 10 presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre” como alimento lograron un mayor crecimiento de las plantas carnívoras *Drosera capensis* y *Pinguicula tina*, presentando resultados significativamente diferentes entre las otras cantidades de alimento, resultando que la aplicación de insectos tiene efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de estas plantas, teniendo un efecto fertilizante los insectos aplicados.

VII. RECOMENDACIONES

1. Evaluar el crecimiento de las plantas carnívoras en diferentes marcas comerciales del sustrato turba rubia y fibra de coco.
2. Propagar musgos silvestres y cultivar las plantas carnívoras, posteriormente ver su efecto en la aclimatación y crecimiento.
3. Evaluar el efecto de sustratos comerciales en otras especies de Drosera y Pinguicula, además de otras familias de plantas carnívoras.
4. Estudiar los efectos de la sobrealimentación y privación de alimento en el crecimiento y desarrollo de plantas carnívoras.
5. Evaluar el potencial de las plantas carnívoras como biocontroladores y para tratar ciertas enfermedades.
6. Buscar alternativas en los sustratos para evitar impactos ambientales importantes en los ecosistemas formados por musgo esfagno y las turberas.
7. Realizar expediciones a los bosques húmedos de la Región, para registrar posibles especies de plantas carnívoras.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamec, L. (2002). Leaf absorption of mineral nutrients in carnivorous plants stimulates root nutrient uptake. En *New Phytologist* (Vol. 155, Número 1, pp. 89–100). <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00441.x>
- Adamec, L., Matušíková, I., & Pavlovič, A. (2021). Recent ecophysiological, biochemical and evolutionary insights into plant carnivory. *Annals of Botany*, 128(3), 241–259. <https://doi.org/10.1093/aob/mcab071>
- Adlassnig, W., Koller-Peroutka, M., Bauer, S., Koshkin, E., Lendl, T., & Lichtscheidl, I. K. (2012). Endocytotic uptake of nutrients in carnivorous plants. *Plant Journal*, 71(2), 303–313. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2012.04997.x>
- Adlassnig, W., Peroutka, M., Lang, I., & Lichtscheidl, I. K. (2000). Glands of carnivorous plants as a model system in cell biological research. *Acta Botanica Gallica*, 152(2), 111–124.
- AEFA. (2024). *Fibra de coco | AEFA - Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes*. <https://aeфа-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/fibra-de-coco>
- Agüero, T. (2013). Musgo Sphagnum: manejo sostenible del recurso. En *Oficina de estudios y políticas agrarias*. (p. 9).
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). *Biología molecular de la célula* (Omega (ed.); 5ta ed.).
- Alcalá, R. (2011). Darwin, los pinzones y las plantas carnívoras. *Narraciones De La Ciencia*, 13, 73–77.
- Alcalá, R. E., & Domínguez, C. A. (1997). Biología de las plantas carnívoras: aspectos ecológicos y evolutivos. *Botanical Sciences*, 69(60), 59. <https://doi.org/10.17129/botsci.1519>
- Aldenius, J., Carlsson, B., & Karlsson, S. (1983). Effects of insect trapping on growth and nutrient content of *Pinguicula vulgaris* L. in relation to the nutrient content of the substrate. *New Phytologist*.
- Aranguren, Y. (2022). *Utricularias, una maravilla escondida en las ciénagas colombianas – Iraka Unisimón*. <https://iraka.unisimon.edu.co/utricularias-una-maravilla-escondida-en-las-cienagas-colombianas/>
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (McGraw-Hill Interamericana de España (ed.); 2da ed.).
- Barry A. Rice. (2006). *Growing Carnivorous Plants* (Press Timber (ed.)).

- Blanco, D. E., & De la Balze, V. M. (2004). Los Turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. *Wetlands International*, 19, 149.
- Blondeau, G. (2004). *El Gran Libro de las Plantas Carnívoras* (De Vecchi S.A.U. (ed.)).
- Bloodnick, E. (2021). *Principios básicos de los sustratos* | PRO-MIX (p. 7). <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/principios-basicos-de-los-sustratos/>
- Brewer, J. S. (2003). Why don't carnivorous pitcher plants compete with noncarnivorous plants for nutrients? *Ecology*, 84(2), 451–462. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[0451:WDTCPP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[0451:WDTCPP]2.0.CO;2)
- Buechel, T. (2021). *Fibra de coco: un componente de los medios de cultivo*. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/fibra-de-coco-un-componente-de-los-medios-de-cultivo/>
- Casper, S., Bussmann, R., & Henning, T. (2020). *Pinguicula rosmarieae* Casper, Bussmann & T.Henning (Lentibulariaceae), a new butterwort from the Amotape-Huancabamba Zone (northern Peru). *PhytoKeys*, 140, 107–123. <https://doi.org/10.3897/PHYTOKEYS.140.49529>
- Chandler, G. E., & Anderson, J. W. (1976). Studies on the Nutrition and Growth of *Drosera* Species With Reference To the Carnivorous Habit. *New Phytologist*, 76(1), 129–141. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1976.tb01445.x>
- Cifuentes, M. (2023). *Evaluación de dos sustratos principales y un drenante en la aclimatación de vitro plantas de venus atrapamoscas (Dionaea muscipula)* Cifuentes. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Climont, Ó. (2020). *Las Plantas Carnívoras y sus Interacciones con los Insectos*. Universidad de Alicante.
- Comunidad Portuguesa De Plantas Carnívoras. (2010). *Designación de estruturas de plantas carnívoras*. Comunidad Portuguesa De Plantas Carnívoras. <https://plantascarnivoras.forumeiros.com/t389-designacao-das-estruturas-das-plantas-carnivoras>
- Cruz, S., Jiménez, S., Nieto, I., & Villarejo, B. (2013). *Plantas Carnívoras* (p. 11).
- Darwin, C. (1875). *Insectivorous plants*.
- Díaz, D., & Valderrama, F. (2007). *Estudio preliminar de los fluidos enzimáticos producidos por la planta carnívora Dionaea muscipula y el uso de estos en la degradación de sustratos protéicos*. Universidad de los Andes.

- Domínguez, E., & Larraín, J. (2012). *Sphagnum magellanicum* (pompon): el musgo de la turbera. *Sustentabilidad y Medio Ambiente*, 21–24.
- Ellison, A., & Lubomír, A. (2018). *Carnivorous Plants: physiology, ecology, and evolution* (Oxford University (ed.)).
- Freund, M., Graus, D., Fleischmann, A., Gilbert, K. J., Lin, Q., Renner, T., Stigloher, C., Albert, V. A., Hedrich, R., & Fukushima, K. (2022). The digestive systems of carnivorous plants. *Plant Physiology*, 190(1), 44–59. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac232>
- Gómez, L. D., & Gómez-Laurito, J. (1998). Historia natural y presencia de la “planta insectívora” *Drosera capillaris* (Droseraceae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(4), 1033–1037. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441998000400010&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Gonella, P. M., Fleischmann, A., Rivadavia, F., Neill, D. A., & Sano, P. T. (2016). A revision of *Drosera* (Droseraceae) from the central and northern Andes, including a new species from the Cordillera del Cóndor (Peru and Ecuador). *Plant Systematics and Evolution*, 302(10), 1419–1432. <https://doi.org/10.1007/s00606-016-1341-3>
- Hedrich, R., & Neher, E. (2018). Venus Flytrap: How an Excitable, Carnivorous Plant Works. *Trends in Plant Science*, 23(3), 220–234. <https://doi.org/10.1016/J.TPLANTS.2017.12.004>
- Jardín Botánico de Missouri. (s/f). *Drosera capensis* L. Recuperado el 8 de diciembre de 2021, de <http://legacy.tropicos.org/NamePage.aspx?nameid=11400053>
- Jiménez, L. G. (2014). *Influencia de cuatro tipos de sustratos en la fase inicial de desarrollo de dos especies de orquídeas (Dendrobium earsakul y Dendrobium sky blue), obtenidas por cultivo in vitro*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3307>
- Juniper, B. E., Robins, R. J., & Joel, D. M. (1989). *The carnivorous plants* (Academic Press Inc (ed.)).
- Karlsson, P. S., & Pate, J. S. (1992). Contrasting effects of supplementary feeding of insects or mineral nutrients on the growth and nitrogen and phosphorous economy of pygmy species of *Drosera*. *Oecologia* 1992 92:1, 92(1), 8–13. <https://doi.org/10.1007/BF00317256>
- Krafft, C. C., & Handel, S. N. (1991, enero). *The Role of Carnivory in the Growth*

- and Reproduction of *Drosera filiformis* and *D. rotundifolia*. Bulletin of the Torrey Botanical Club; JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2996970>
- Lallana, V. H., & Lallana, M. (2004). Unidad Temática 7: Crecimiento. En *Fisiología Vegetal*.
- Lecoufle, M. (2006). *Plantas Carnívoras: Clasificación, origen, cultivo y plagas* (Omega S.A. (ed.)).
- León, B. (2006). Droseraceae endémicas del Perú. *Rev. peru. biol. Número*, 13(2), 2.
- Lichtscheidl, I., Lancelle, S., Weidinger, M., Adlassnig, W., Koller-Peroutka, M., Bauer, S., Krammer, S., & Hepler, P. K. (2021). Gland cell responses to feeding in *Drosera capensis*, a carnivorous plant. *Protoplasma*, 258(6), 1291–1306. <https://doi.org/10.1007/s00709-021-01667-5>
- May, A. (2014). *Información sobre la drosera, taxonomía de Drosera, descripción biológica de la drosera y la anatomía de la hoja de la drosera*. The Sundew Grow Guides. http://www.growsundews.com/sundews/sundew_drosera_information.html
- Oliveira, A., Ferreyra, F., & Assis, R. (2008). Pó de coco verde, uma alternativa de substrato na produção de mudas de berinjela. *Revista Ciencia Agronomica*, 39(1), 39–44.
- Paniw, M., Gil-Cabeza, E., & Ojeda, F. (2017). Plant carnivory beyond bogs: Reliance on prey feeding in *Drosophyllum lusitanicum* (Drosophyllaceae) in dry Mediterranean heathland habitats. *Annals of Botany*, 119(6), 1035–1041. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw247>
- Pastor, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 231–235. <http://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Pavlovič, A., Krausko, M., & Adamec, L. (2016). A carnivorous sundew plant prefers protein over chitin as a source of nitrogen from its traps. *Plant Physiology and Biochemistry*, 104, 11–16. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2016.03.008>
- Ramírez, E. R. (2004). *Revisión sobre las especies Drosera rotundifolia y Pinguicula vulgaris, y su acción coagulante en la leche*. Universidad Austral de Chile.
- Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2013). *Biología de las plantas* (McGraw-Hill (ed.); 8va ed.).
- Salisbury, F., & Ross, C. (1992). *Fisiología vegetal* (Grupo Editorial

Iberoamericana (ed.); 4ta ed.).

- Santini, P. T., Maciel, A. L. D. R., Barbosa, R. A., Santini, A. T., Ávila, R. G., & De Souza, K. R. D. (2015). Otimização de substrato de cultivo e características morfoanatômicas de *Drosera spathulata*. *Revista Agrogeoambiental*, 7(4), 11–18. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v7n42015720>
- Schulze, W., & Schulze, E.-D. (1990). Insect capture and growth of the insectivorous *Drosera rotundifolia* L. *Oecologia* 1990 82:3, 82(3), 427–429. <https://doi.org/10.1007/BF00317494>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Fisiología vegetal* (Universidad de Barcelona (ed.); 5ta ed.).
- Tamargo, F. (2012). Sustratos. En *Compendios de Horticultura* (p. 22). <http://www.horticom.com/tematicas/cultivosinsuelo/pdf/sustratos.pdf>
- Thorén, L. M., & Karlsson, P. S. (1998). Effects of supplementary feeding on growth and reproduction of three carnivorous plant species in a subarctic environment. *Journal of Ecology*, 86(3), 501–510. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2745.1998.00276.X>
- Thum, M. (1988). The significance of carnivory for the fitness of *Drosera* in its natural habitat. *Oecologia* 1988 75:3, 75(3), 472–480. <https://doi.org/10.1007/BF00376954>
- UNALM. (2016). *Sustratos para propagación y siembra en invernaderos* (p. 12).
- Urrestarazu, M. (2004). *Tratado de Cultivos sin Suelo* (Mundi-Prensa (ed.); 3ra ed.).
- Vintéjoux, C., & Shoar-Ghafari, A. (2000). *Cellules productrices de mucilages chez les plantes carnivores*. *Acta Botanica Gallica*. <https://doi.org/10.1080/12538078.2000.10515831>
- Zamudio, S. (2005). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. En *Instituto de Ecología A. C.*

URL:

The Plant List. <http://www.theplantlist.org/1/>

Jardín Botánico de Missouri. <https://www.tropicos.org/home>

ANEXOS

Anexo 1. Características de los sustratos comerciales utilizados.

Tabla 3. Características del sustrato comercial turba rubia

PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS		COMPOSICIÓN	
Color	Café y marrón	Materia seca	55 – 75 gr/L
pH	6 – 6,5		
EC	0,8 – 1,2 mS/cm		
Humedad	50 – 60%		
Granulometría	0 – 10 mm		
Procedencia	Europa		

Tabla 4. Características del sustrato comercial musgo esfagno deshidratado

PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS		COMPOSICIÓN	
Color	Rojo, amarillo y café	Materia orgánica	> 97%
pH	4,5 – 6	Proteína	1,9 – 2,2%
EC	< 2 mS/cm	Fibra	39,1 – 43.3%
Humedad	< 20%	Cenizas	4,7 – 6%
Porosidad (en volumen)	90%	Grasas	0,4 – 0,5%
Procedencia	Perú	Carbohidratos	30 – 36,9%

Tabla 5. Características del sustrato comercial fibra de coco

PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS	
Color	Café y marrón
pH	6 – 6,5
EC	< 0,55 mS/cm
Humedad	< 20%
Granulometría	2 – 6 mm
Procedencia	India

Tabla 6. Características del aireante perlita agrícola

PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS		SILICATOS	
Color	Grisáceo - Blanco	SiO ₂ Al ₂ O ₃ Na ₂ O K ₂ O CaO MgO Fe ₂ O ₃	60 – 80% 12 – 16% 5 – 10% 2 – 5% 0 – 2% 0 – 1% 0 – 2,5%
pH	7		
Granulometría	2 – 3 mm (20 – 35%)		
Humedad límite	<1,5% de su peso		
Densidad	2 – 2,2 g/cm ³		
No contiene sales que pudieran influir en el intercambio iónico y catiónico de la raíz.			
Procedencia	Alemania		

Anexo 2. Prueba P de normalidad del crecimiento de la planta carnívora *Drosera capensis* cultivado en tres sustratos comerciales, utilizando la prueba de Shapiro – Wilk con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2023.

Shapiro – Wilk ($\alpha=0.05$)			
Sustratos	Crecimiento	SW	p
Musgo esfagno	Altura	0,929	0,100
	Producción de hojas trampa	0,992	0,100
	Producción de escapos florales	1,000	0,100
Turba rubia	Altura	0,937	0,100
	Producción de hojas	0,982	0,100
	Producción de escapos florales	0,999	0,100
Fibra de coco	Altura	0,983	0,100
	Producción de hojas trampa	0,999	0,100
	Producción de escapos florales	1,000	0,100

Valores de $p \geq 0,05$ indica distribución normal de la muestra.

Anexo 3. Prueba P de normalidad del crecimiento de la planta carnívora *Pinguicula tina* cultivado en tres sustratos comerciales, utilizando la prueba de Shapiro – Wilk con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2023.

Shapiro – Wilk ($\alpha=0.05$)			
Sustratos	Crecimiento	SW	p
Musgo esfagno	Diámetro	0,932	0,100
	Producción de hojas trampa	0,983	0,100
	Producción de flores		
Turba rubia	Diámetro	0,959	0,100
	Producción de hojas trampa	0,999	0,100
	Producción de flores	1,000	0,100
Fibra de coco	Diámetro	0,984	0,100
	Producción de hojas trampa	0,966	0,100
	Producción de flores		

Valores de $p \geq 0,05$ indica distribución normal de la muestra.

Anexo 4. Prueba P de normalidad del crecimiento de la planta carnívora *Drosera capensis* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, utilizando la prueba de Shapiro – Wilk con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2023.

Shapiro – Wilk ($\alpha=0.05$)			
Cantidad de alimento	Crecimiento	SW	p
0 presas	Altura	0,984	0,100
	Producción de hojas trampa	0,992	0,100
	Producción de escapos florales	1,000	0,100
2 presas	Altura	0,968	0,100
	Producción de hojas trampa	0,992	0,100
	Producción de escapos florales	1,000	0,100
5 presas	Altura	0,983	0,100
	Producción de hojas trampa	0,983	0,100
	Producción de escapos florales	1,000	0,100
10 presas	Altura	0,996	0,100
	Producción de hojas trampa	0,994	0,100
	Producción de escapos florales	1,000	0,100

Valores de $p \geq 0,05$ indica distribución normal de la muestra.

Anexo 5. Prueba P de normalidad del crecimiento de la planta carnívora *Pinguicula tina* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, utilizando la prueba de Shapiro – Wilk con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2023.

Shapiro – Wilk ($\alpha=0.05$)			
Cantidad de alimento	Crecimiento	SW	p
0 presas	Diámetro	0,990	0,100
	Producción de hojas trampa	0,977	0,100
	Producción de flores	1,000	0,100
2 presas	Diámetro	0,876	0,057
	Producción de hojas trampa	0,962	0,100
	Producción de flores		
5 presas	Diámetro	0,994	0,100
	Producción de hojas trampa	0,876	0,057
	Producción de flores		
10 presas	Diámetro	0,978	0,100
	Producción de hojas trampa	0,956	0,100
	Producción de flores	1,000	0,100

Valores de $p \geq 0,05$ indica distribución normal de la muestra.

Anexo 6. Análisis de varianza del crecimiento de la planta carnívora *Drosera capensis* cultivado en tres sustratos comerciales. Ayacucho – 2023.

Análisis de Varianza ($\alpha=0.05$)						
Crecimiento	FV	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Altura	Entre	2	195.07	97.536	17.71	0.001
	Dentro	9	49.58	5.509		
	Total	11	244.65			
Producción de hojas	Entre	2	888.7	444.33	22.22	0.000
	Dentro	9	180.0	20.00		
	Total	11	1068.7			
Producción de escapos florales	Entre	2	4.667	2.3333	4.94	0.036
	Dentro	9	4.250	0.4722		
	Total	11	8.917			

Valores de $p \leq 0,05$ indican que son significativamente diferentes

FV: Fuente de variación

GL: Grados de libertad

SC: Suma de cuadrados

MC: Media de cuadrados

Anexo 7. Comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%, para el crecimiento de la planta carnívora *Drosera capensis* cultivado en tres sustratos comerciales. Ayacucho – 2023.

Altura

Sustratos	N	Media	Agrupación
Musgo esfagno	4	46.750	A
Turba rubia	4	39.600	B
Fibra de coco	4	37.275	B

Producción de hojas trampa

Sustratos	N	Media	Agrupación
Musgo esfagno	4	106.50	A
Turba rubia	4	88.50	B
Fibra de coco	4	88.00	B

Producción de escapos florales

Sustratos	N	Media	Agrupación
Musgo esfagno	4	1.750	A
Turba rubia	4	0.750	A
Fibra de coco	4	0.250	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 8. Análisis de varianza del crecimiento de la planta carnívora *Pinguicula tina*, cultivado en tres sustratos comerciales. Ayacucho – 2023.

Análisis de Varianza ($\alpha=0.05$)						
Crecimiento	FV	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Diámetro	Entre	2	55.80	27.901	16.64	0.001
	Dentro	9	15.09	1.677		
	Total	11	70.90			
Producción de hojas trampa	Entre	2	36.17	18.08	0.43	0.661
	Dentro	9	374.75	41.64		
	Total	11	410.92			
Producción de flores	Entre	2	2.667	1.333	3.00	0.100
	Dentro	9	4.000	0.444		
	Total	11	6.667			

Valores de $p \leq 0,05$ indican que son significativamente diferentes

FV: Fuente de variación

GL: Grados de libertad

SC: Suma de cuadrados

MC: Media de cuadrados

Anexo 9. Comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%, para el crecimiento de la planta carnívora *Pinguicula tina* cultivado en tres sustratos comerciales. Ayacucho – 2023.

Diámetro

Sustratos	N	Media	Agrupación
Turba rubia	4	24.100	A
Musgo esfagno	4	21.255	B
Fibra de coco	4	18.825	B

Producción de hojas trampa

Sustratos	N	Media	Agrupación
Turba rubia	4	88.50	A
Musgo esfagno	4	85.25	A
Fibra de coco	4	84.50	A

Producción de flores

Sustratos	N	Media	Agrupación
Turba rubia	4	1.000	A
Musgo esfagno	4	0.000	A
Fibra de coco	4	0.000	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 10. Análisis de varianza del crecimiento de la planta carnívora *Drosera capensis* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”. Ayacucho – 2023.

Análisis de Varianza ($\alpha=0.05$)						
Crecimiento	FV	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Altura	Entre	3	684.56	228.188	78.47	0.000
	Dentro	12	34.89	2.908		
	Total	15	719.46			
Producción de hojas trampa	Entre	3	1268.19	422.729	64.42	0.000
	Dentro	12	78.75	6.563		
	Total	15	1346.94			
Producción de escapos florales	Entre	3	0.6875	0.2292	0.85	0.495
	Dentro	12	3.2500	0.2708		
	Total	15	3.9375			

Valores de $p \leq 0,05$ indican que son significativamente diferentes

FV: Fuente de variación

GL: Grados de libertad

SC: Suma de cuadrados

MC: Media de cuadrados

Anexo 11. Comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%, para el crecimiento de la planta carnívora *Drosera capensis* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”. Ayacucho – 2023.

Altura

Alimento	N	Media	Agrupación
10 presas	4	52.150	A
5 presas	4	42.380	B
2 presas	4	37.350	C
0 presas	4	35.175	C

Producción de hojas trampa

Alimento	N	Media	Agrupación
10 presas	4	122.75	A
5 presas	4	107.00	B
2 presas	4	101.50	C
0 presas	4	100.50	C

Producción de escapos florales

Alimento	N	Media	Agrupación
10 presas	4	1.750	A
5 presas	4	1.500	A
2 presas	4	1.250	A
0 presas	4	1.250	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 12. Análisis de varianza del crecimiento de la planta carnívora *Pinguicula tina* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”. Ayacucho – 2023.

Análisis de Varianza ($\alpha=0.05$)						
Crecimiento	FV	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Diámetro	Entre	3	142.042	47.3475	147.39	0.000
	Dentro	12	3.855	0.3213		
	Total	15	145.897			
Producción de hojas trampa	Entre	3	858.3	286.08	7.81	0.004
	Dentro	12	439.5	36.63		
	Total	15	1297.8			
Producción de flores	Entre	3	2.750	0.9167	1.57	0.248
	Dentro	12	7.000	0.5833		
	Total	15	9.750			

Valores de $p \leq 0,05$ indican que son significativamente diferentes

FV: Fuente de variación

GL: Grados de libertad

SC: Suma de cuadrados

MC: Media de cuadrados

Anexo 13. Comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%, para el crecimiento de la planta carnívora *Pinguicula tina* mediante la aplicación de cuatro cantidades de alimento con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”. Ayacucho – 2023.

Diámetro

Alimento	N	Media	Agrupación
10 presas	4	30.600	A
5 presas	4	26.100	B
2 presas	4	24.375	C
0 presas	4	22.575	D

Producción de hojas trampa

Alimento	N	Media	Agrupación
10 presas	4	94.50	A
5 presas	4	84.50	A B
2 presas	4	77.75	B
0 presas	4	75.75	B

Producción de flores

Alimento	N	Media	Agrupación
10 presas	4	1.000	A
5 presas	4	0.500	A
2 presas	4	0.000	A
0 presas	4	0.000	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

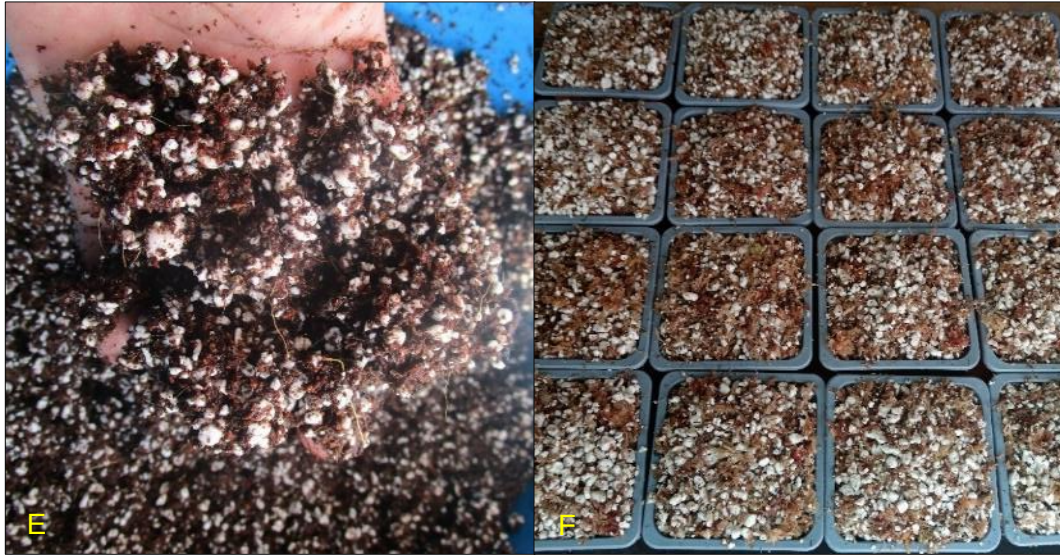
Anexo 14. Panel fotográfico del proceso de producción de las plantas carnívoras, preparación de los sustratos y llenado en las macetas.



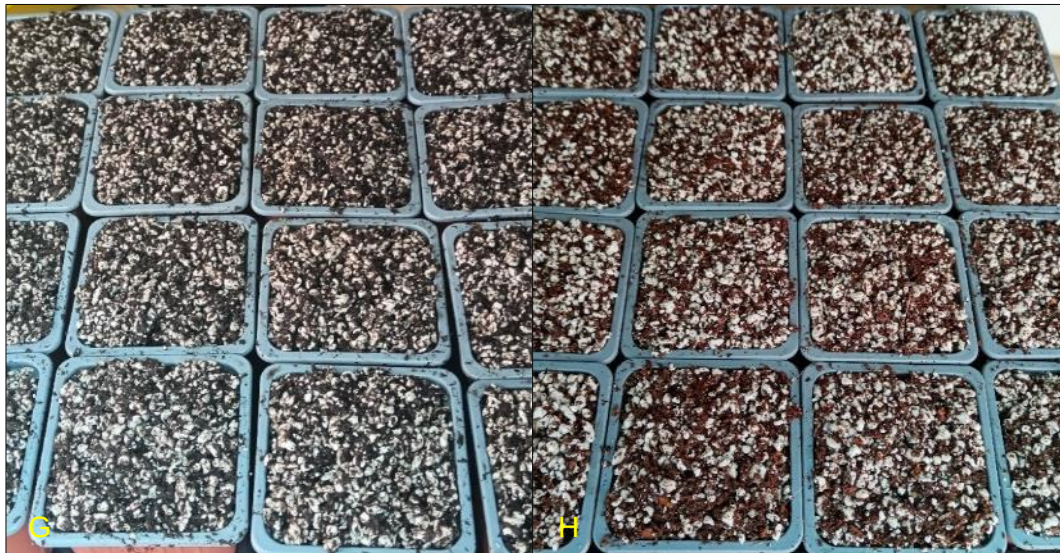
Producción de las plantas carnívoras, (A) *Drosera capensis* y (B) *Pinguicula tina*



Preparación de sustratos comerciales, (C) musgo esfagno y (D) turba rubia



(E) Sustrato fibra de coco, y (F) llenado del sustrato musgo esfagno en las macetas

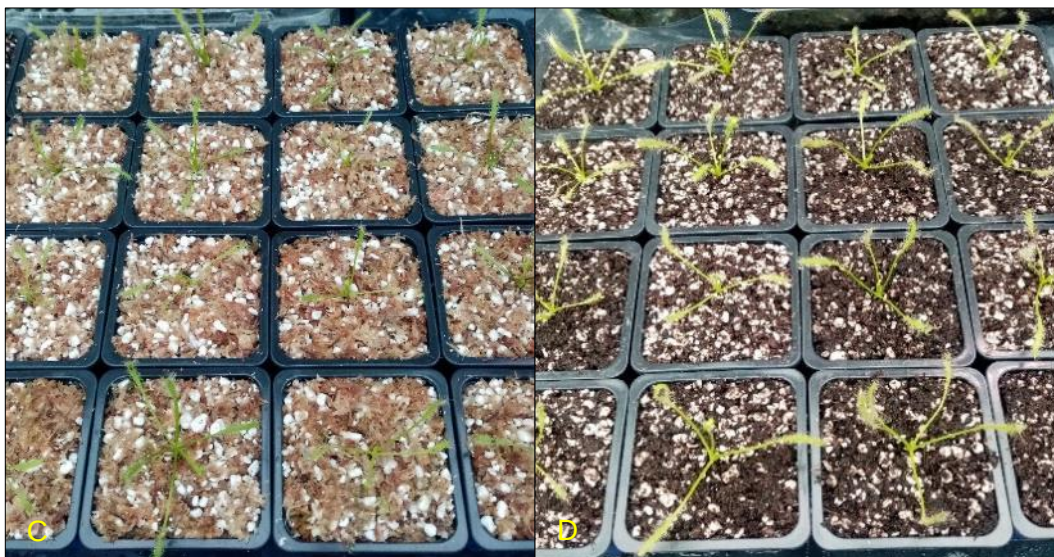


Llenado de los sustratos preparados en las macetas, (G) turba rubia y (H) fibra de coco.

Anexo 15. Panel fotográfico del proceso de selección y trasplante de las plantas carnívoras en sus respectivas macetas.



Selección de las plantas carnívoras a trasplantar, (A) *Drosera capensis* y (B) *Pinguicula tina*.



Cultivo de plantas de *Drosera capensis* en el sustrato (C) musgo esfagno y (D) turba rubia



(E) Cultivo de plantas de *Drosera capensis* en el sustrato fibra de coco y (D) *Pinguicula tina* en el sustrato turba rubia



Cultivo de plantas de *Pinguicula tina* en los sustratos, (G) musgo esfagno y (H) fibra de coco

Anexo 16. Panel fotográfico del proceso de alimentación con *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre” a las plantas carnívoras.



Alimentación de la *Drosera capensis* con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, (A) aplicación de presas y (B) planta en proceso de digestión.



Alimentación de la *Pinguicula tina* con presas de *Drosophila melanogaster* “mosca del vinagre”, (C) aplicación de las presas y (D) planta en proceso de digestión.

Anexo 17. Panel fotográfico del proceso de evaluación del crecimiento de las plantas carnívoras.



Evalulación del crecimiento en la planta carnívora *Drosera capensis*, (A) altura de la planta, (b) producción de hojas trampa y escapos florales.



Evalulación del crecimiento de la planta carnívora *Pinguicula tina*, (C) diámetro de la planta, (D) producción de hojas trampa y flores.

Anexo 18. Panel fotográfico de los equipos utilizados para medición de parámetros ambientales y del agua de riego, y del investigador.



Evaluación de los parámetros del ambiente y del agua, (A) termohigrómetro y (B) multiparámetro respectivamente.



Investigador realizando las evaluaciones del crecimiento de las plantas carnívoras

Anexo 19. Panel fotográfico del proceso de la captura y digestión de presas por la planta carnívora *Drosera capensis*.



Trampas semiactivas de sustancia viscosa de la planta carnívora *Drosera capensis*



Proceso de captura y digestión de presas por la planta carnívora *Drosera capensis*

Anexo 20. Panel fotográfico del proceso de la captura y digestión de las presas por la planta carnívora *Pinguicula tina*.



Trampas semiactivas de sustancia viscosa de la planta carnívora *Pinguicula tina*



Proceso de digestión de presas por la planta carnívora *Pinguicula tina*

Anexo 21. Constancia de identificación por Especialista de la planta carnívora *Drosera capensis* "rocío de sol".

CERTIFICADO

LA BIÓLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS CERTIFICA:

Que, el Bachiller en Ciencias Biológicas, **Sr. Jhonny Cristóbal, MIRANDA PÉREZ**, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist, A. 1988, siendo su taxonomía la siguiente:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	DILLENIIDAE
ORDEN	:	NEPENTHALES
FAMILIA	:	DROSERACEAE
GÉNERO	:	Drosera
ESPECIE	:	<i>Drosera capensis</i> L.
VARIEDAD	:	'Albino'
N. V.	:	"rocío de sol"

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 15 de Agosto de 2023


LAURA AUCASIME MEDINA
BIÓLOGA
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

Anexo 22. Constancia de identificación por Especialista de la planta carnívora *Pinguicula tina* “pinguicula x tina”.

CERTIFICADO

**LA BIÓLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN
TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS CERTIFICA:**

Que, el Bachiller en Ciencias Biológicas, **Sr. Jhonny Cristóbal, MIRANDA PÉREZ**, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist, A. 1988, siendo su taxonomía la siguiente:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ASTERIDAE
ORDEN	:	SCROPHULARIALES
FAMILIA	:	LENTIBULARIACEAE
GÉNERO	:	<i>Pinguicula</i>
ESPECIE	:	<i>Pinguicula tina</i>
		Híbrido de <i>Pinguicula agnata</i> x <i>Pinguicula zecheri</i>
N. V.	:	“pinguicula x tina”

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 15 de Agosto de 2023


LAURA AUCASIME MEDINA
BIÓLOGA
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

Anexo 23. Muestra botánica de la planta carnívora *Drosera capensis* utilizada en el presente estudio.



Anexo 24. Muestra botánica de la planta carnívora *Pinguicula tina* utilizada en el presente estudio.



Guía de cuidados

PLANTAS CARNÍVORAS

CARNISUC PLANTS

AYACUCHO

 CarniSuc Plants Ayacucho

¿CUÁNDO Y CÓMO REGARLAS?

Las plantas carnívoras necesitan mantener la humedad constante en el sustrato, por ello no se debe dejar que se seque por completo. Agregar AGUA DE LLUVIA y/o DESTILADA al recipiente en el que está la maceta, de manera que el sustrato absorba la cantidad necesaria de agua.

¿DÓNDE UBICARLAS?

Es importante ubicarlas en un ambiente cerrado (que no haga demasiado viento) en donde puedan recibir la mayor cantidad de luz solar de manera indirecta (filtrada o semisombra), por ello es recomendable ubicarlas bajo techos transparentes o cerca de una ventana.

¿CÓMO ALIMENTARLAS?

Alimentar cada dos o tres semanas con presas vivas, son un fertilizante natural. Las hojas trampa a menudo se marchitan y mueren, produciendo nuevas hojas continuamente. Evitar jugar y cerrar sus trampas.

¿QUÉ SUSTRATO USAR?

Solo MUSGO blanco con perlita (tienen alta capacidad de retener humedad). NO usar tierra de jardín, NO tierra negra, NO fertilizantes o abonos. NO otros materiales.

IMPORTANTE:

- ⇒ Cortar las hojas viejas una vez comiencen a decaer y negrarse.
- ⇒ Recomendable cortar sus flores (gastan mucha energía, se debilita la planta)
- ⇒ También se puede usar agua de lluvia, agua destilada. NO del caño. NO hervida. NO reposada. NO del río.

Síguenos

 CarniSuc Plants Ayacucho

Consultas Adicionales
vía WhatsApp

 +51 951 726 041



® SOMOS PRODUCTORES DE PLANTAS CARNÍVORAS EN AYACUCHO

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Efecto de sustratos y la alimentación en el crecimiento de plantas carnívoras *Drosera capensis* (Droseraceae) y *Pinguicula tina* (Lentibulariaceae)

Autor: Bach. MIRANDA PEREZ, Jhonny Cristobal

Asesor: Dr. CARRASCO BADAJOZ, Carlos Emilio

PROBLEMA	OBJETIVOS	BASES TEORICAS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál será el efecto de tres sustratos y el efecto de la carnivoría en el crecimiento de las plantas carnívoras <i>Drosera capensis</i> y <i>Pinguicula tina</i> ?	Objetivo General Evaluar el efecto de tres sustratos comerciales (turba rubia, musgo esfagno y fibra de coco) y el efecto de la aplicación de cuatro cantidades de alimento (0, 2, 5 y 10 presas) con <i>Drosophila melanogaster</i> “mosca del vinagre” en el crecimiento de dos plantas carnívoras <i>Drosera capensis</i> y <i>Pinguicula tina</i>. Objetivos específicos - Determinar el efecto de tres sustratos comerciales (turba rubia, musgo esfagno y fibra de coco) en el crecimiento de las plantas carnívoras <i>Drosera capensis</i> y <i>Pinguicula tina</i>. - Determinar el efecto de la aplicación de cuatro cantidades de alimento (0, 2, 5 y 10 presas) con <i>Drosophila melanogaster</i> en el crecimiento de las plantas carnívoras <i>Drosera capensis</i> y <i>Pinguicula tina</i>.	- Plantas Carnívoras - Condiciones generales para su cultivo (Sustrato, Agua, Humedad, Luminosidad) - Clasificación - Tipos de Trampas <i>Drosera</i> Linneo 1753 <i>Pinguicula</i> Linneo 1753 - Actividad proteolítica de enzimas digestivas - Absorción y asimilación de nutrientes - Metabolismo de los compuestos nitrogenados - Crecimiento de Plantas carnívoras - Sustratos (Turba rubia, Musgo esfagno y Fibra de coco)	Uno de los sustratos (turba rubia, musgo esfagno y fibra de coco) y a mayor cantidad de alimento con <i>Drosophila melanogaster</i> (0, 2, 5 y 10 presas) determina el mayor efecto positivo en el crecimiento de las plantas carnívoras <i>Drosera capensis</i> y <i>Pinguicula tina</i> .	Se consideran las siguientes variables en este estudio. Variable Independiente Sustratos <u>Indicador</u> - Tipo de sustrato (Turba Rubia, Musgo Esfagno y Fibra de Coco) Alimentación <u>Indicador</u> - Cantidad de alimento (0, 2, 5, 10 presas) Variable dependiente Crecimiento <u>Indicadores</u> - Altura/Diámetro (cm) - Producción de hojas trampa (n°/planta) - Producción de flores (n°/planta) Variables Intervinientes Del ambiente - Temperatura (°C) - Humedad Relativa (%) Del agua - pH (0 – 14) - Sólidos Disueltos Totales (ppm) - Conductividad Eléctrica (µS/cm²)	TIPO DE INVESTIGACIÓN Básica - Experimental NIVEL DE INVESTIGACIÓN Explicativo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Experimental POBLACIÓN Plantas carnívoras cultivadas en condiciones de invernadero MUESTRA 28 plantas de <i>Drosera capensis</i> (Droseraceae) y, 28 plantas de <i>Pinguicula tina</i> (Lentibulariaceae) DISEÑO EXPERIMENTAL Diseño Completamente al Azar (DCA). Para el primer experimento: tres tipos de sustratos comerciales (turba rubia, musgo esfagno y fibra de coco), con cuatro repeticiones cada uno, y para el segundo experimento: cuatro cantidades de alimento (0, 2, 5 y 10 presas), con cuatro repeticiones cada uno. Total 14 unidades experimentales

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Jhonny Cristobal MIRANDA PEREZ
RESOLUCIÓN DECANAL N° 386-2024-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cinco y treinta de la tarde del día jueves veintiséis de setiembre del año dos mil veinticuatro; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente y miembro jurado el Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA, el Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO (Miembro – Jurado), Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI (Miembro – Jurado), Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ (Miembro – Asesor) actuando como secretario docente el Mg. Luis Uriel MOSCOSO GARCÍA; para presenciar la sustentación de tesis titulada: **Efecto de sustratos y la alimentación en el crecimiento de plantas carnívoras *Drosera capensis* (Droseraceae) y *Pinguicula tina* (Lentibulariaceae)**; presentado por el **Bach. Jhonny Cristobal MIRANDA PEREZ**; el presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta a preguntas	Promedio
Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA	17	17	17
Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO	16	16	16
Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI	18	15	17
		PROMEDIO	17

El sustentante alcanzó el promedio de 17 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las siete de la noche con cinco minutos; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA

Presidente
Miembro – Jurado

Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO
Miembro – Jurado

Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI

Miembro – Jurado

Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ
Miembro – Asesor

Mg. Luis Uriel MOSCOSO GARCÍA
Secretario – Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 77-2024-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Efecto de sustratos y la alimentación en el crecimiento de plantas carnívoras *Drosera capensis* (Droseraceae) y *Pinguicula tina* (Lentibulariaceae)**, por JHONNY CRISTOBAL MIRANDA PEREZ; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 8%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 22 de noviembre de 2024.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología

Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Efecto de sustratos y la alimentación en el crecimiento de plantas carnívoras *Drosera capensis* (Droseraceae) y *Pinguicula tina* (Lentibulariaceae)

por Jhonny Cristobal MIRANDA PEREZ

Fecha de entrega: 15-nov-2024 06:44a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2520436966

Nombre del archivo: 1A_MIRANDA_PEREZ_Jhonny_Cristobal_Pregrado_2024_TURNITIN_1.pdf (1.78M)

Total de palabras: 20110

Total de caracteres: 109843

Efecto de sustratos y la alimentación en el crecimiento de plantas carnívoras *Drosera capensis* (Droseraceae) y *Pinguicula tina* (Lentibulariaceae)

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.pthorticulture.com

Fuente de Internet

3%

2

kupdf.net

Fuente de Internet

1%

3

www.repositorio.usac.edu.gt

Fuente de Internet

1%

4

florenciavillegas.com.ar

Fuente de Internet

<1%

5

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

www.gem.es

Fuente de Internet

<1%

7

humedaleschiloe.cl

Fuente de Internet

<1%

8

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

9	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
10	www.allbusiness.com Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
14	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
15	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
17	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
18	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
19	"Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning", Springer Nature, 2010 Publicación	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo