

# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



## DECANATO DE POSTGRADO

### MAESTRÍA DE AGRONOMÍA

### MENCIÓN SISTEMAS AGROPECUARIOS

## PROYECTO DE TITULACIÓN CON COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN Y/O DESARROLLO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: MAGISTER EN AGRONOMÍA

### TEMA DE INVESTIGACIÓN

Dinámica del crecimiento del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*) influenciado por los macroinvertebrados del suelo bajo las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana

AUTOR

OSCAR GABRIEL HIDALGO ROQUE

Director del Proyecto

Dr. Hernán Alberto Uvidia Cabadiana, PhD.


PUYO -ECUADOR

2021 – 2022

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Oscar Gabriel Hidalgo Roque, con cédula de identidad 0940615545, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o desarrollo titulado “Dinámica del crecimiento del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*) influenciado por los macroinvertebrados del suelo bajo las condiciones de la Amazonia Ecuatoriana”, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de titulación son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.



---

Oscar Gabriel Hidalgo Roque

CI. 0940615545



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-013B

**FORMATO DP-UT-013B: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE  
EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN**

**EL TRIBUNAL DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN**

**CERTIFICA QUE:**

El presente trabajo “**DINÁMICA DEL CRECIMIENTO DEL PASTO DALLIS (*Brachiaria decumbens*) INFLUENCIADO POR LOS MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO BAJO LAS CONDICIONES DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA**”, bajo la responsabilidad del maestrante **OSCAR GABRIEL HIDALGO ROQUE**, ha sido meticulosamente revisado, autorizando su presentación:

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:

**ALINA  
RAMIREZ**

**Dra. ALINA RAMÍREZ SÁNCHEZ, PhD  
PRESIDENTE DE TRIBUNAL EVALUADOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**



Firmado electrónicamente por:

**SEGUNDO  
BENEDICTO VALLE  
RAMIREZ**

**Dr. SEGUNDO BENEDICTO VALLE RAMÍREZ, PhD  
MIEMBRO 1**




Firmado electrónicamente por:

**SANDRA  
LUI SA**

**MSc. SANDRA LUISA SORIA RE  
MIEMBRO 2**

## FORMATO DP-UT-011: AVAL DEL DIRECTOR DE TRABAJO TITULACIÓN

<b>MAESTRÍA EN AGRONOMIA MENCION SISTEMAS AGROPECUARIOS</b>	
<b>COHORTE: III</b>	<b>FECHA ELABORACIÓN: 11/07/2022</b>
<b>INFORME FINAL Y AVAL</b>	
<p>Quien suscribe, Dr. Hernán Alberto Uvidia Cabadiana, PhD. , portador de la cédula de identidad número: 0602201519, en calidad de Director del trabajo de titulación denominado: “Dinámica del crecimiento del pasto dallis (<i>Brachiaria decumbens</i>) influenciado por los macroinvertebrados del suelo bajo las condiciones de la Amazonia Ecuatoriana”, opción Proyecto de trabajo de titulación con componentes de investigación aplicada, a cargo del maestrante Oscar Gabriel Hidalgo Roque, portador del número de cédula de identidad: 0940615545, certifico haber acompañado y revisado el documento entregado a mi persona, considero que cumple con los objetivos planteados, los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.</p> <p>Por lo antes expuesto se avala el trabajo de titulación para que sea presentado para la sustentación correspondiente.</p>	

<b>ELABORADO POR:</b>
 <small>Firmado electrónicamente por:</small> <b>HERNAN ALBERTO UVIDIA CABADIANA</b>
Dr. Hernán Alberto Uvidia Cabadiana, PhD. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-013C

**FORMATO DP-UT-013C: CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD EN EL SISTEMA ANTIPLAGIO**

**CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD EN EL SISTEMA ANTIPLAGIO**

Quien suscribe el presente Dr. Hernán Alberto Uvidia Cabadiana, PhD. con CI: 0602201519, certifica que el Proyecto final de titulación con componentes de investigación aplicada titulado: “Dinámica del crecimiento del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*) influenciado por los macroinvertebrados del suelo bajo las condiciones de la Amazonia Ecuatoriana”, ha sido examinado a través del sistema Antiplagio Urkund y presenta un porcentaje de similitud del 2%.

En el cantón Pastaza, a los 11 días del mes de julio del 2022.



Firmado electrónicamente por:  
**HERNAN ALBERTO  
UVIDIA  
CABADIANA**

---

Dr. Hernán Alberto Uvidia Cabadiana, PhD.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN**

Incluir la primera hoja del reporte de similitud de la herramienta antiplagio.



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
DECANATO DE POSGRADO  
FORMATO DP-UT-013C



### Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	Tesis maestría Oscar Hidalgo (11-07-2022).pdf (D141962749)
<b>Submitted</b>	7/11/2022 11:48:00 PM
<b>Submitted by</b>	Hernan Uvidia
<b>Submitter email</b>	huidia@uea.edu.ec
<b>Similarity</b>	2%
<b>Analysis address</b>	huidia.uea@analysis.arkund.com

### Sources included in the report

---

SA

**UNIVERSIDADESTATALAMAZÓNICA / Tesis de Oscar 22-5.docx**

Document Tesis de Oscar 22-5.docx (D137855493)

Submitted by: huidia@uea.edu.ec

Receiver: huidia.uea@analysis.arkund.com

---

## RESUMEN

La Presente investigación se realizó en la finca Agua Santa 2 en la Parroquia Cumandá, Provincia Morona Santiago, Cantón Palora, ubicada en la latitud S 01° 29.050' y longitud W078° 07.263' con una altitud de 1297 msnm. Tipo de investigación experimental y correlacional tuvo una duración de 45 días, donde se planteó el siguiente objetivo “Determinar la dinámica de crecimiento del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*) influenciados por la presencia de macroinvertebrados (> 2mm) del suelo en un sistema silvopastoril, bajo las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana”, donde se obtuvo los siguientes resultados: Índice Área Foliar y Área Foliar variaron por las condiciones edafoclimáticas. Tasa Asimilación Neta, T1(9,29 g\*cm<sup>2</sup>\*d) presentó los mejores rendimientos en la eficiencia del follaje para asimilación fotosintética. La ganancia de biomasa vegetal en materia seca en el área Tasa Crecimiento del Cultivo el T9 con 0,751 g\*m<sup>2</sup>\*d. La macrofauna varió en relación con la presencia de Materia Orgánica, árboles, humedad del suelo entre otros factores. Las características del suelo es un pH ácido de 5,9 a 6,3, con alto contenido de Materia Orgánica, presentó variación de elementos por lixiviación y consumo de planta (K, Mg, C, S, Fe, Mn, Cu, Zn y Br) y un aumento P y N, la conductividad eléctrica se mantuvo 0,3 mS/cm debido que no varió las sales totales del suelo. La tasa de crecimiento del pasto *Brachiaria decumbens* tuvo una correlación positiva fuerte con relación a la presencia de los macroinvertebrados > 2 mm en el sistema silvopastoril.

**Palabras clave:** Macrofauna, correlación, suelo.

## **ABSTRACT**

This research was carried out at the Agua Santa 2 farm in Cumandá Parish, Morona Santiago Province, Palora Canton, located at latitude S 01° 29.050' and longitude W078° 07.263' with an altitude of 1297 masl. The experimental and correlational type of research lasted 45 days, with the following objective: "To determine the growth dynamics of dallis grass (*Brachiaria decumbens*) influenced by the presence of soil macroinvertebrates (> 2mm) in a silvopastoral system, under the conditions of the Ecuadorian Amazon", where the following results were obtained: Leaf Area Index and Leaf Area varied by the edaphoclimatic conditions. Net Assimilation Rate, T1 (9.29 g\*cm<sup>2</sup>\*d) presented the best yields in leaf efficiency for photosynthetic assimilation. The plant biomass gain in dry matter in the area Crop Growth Rate was T9 with 0.751 g\*m<sup>2</sup>\*d. Macrofauna varied in relation to the presence of organic matter, trees, soil moisture and other factors. The soil characteristics were an acid pH of 5.9 to 6.3, with high organic matter content, variation of elements by leaching and plant consumption (K, Mg, C, S, Fe, Mn, Cu, Zn and Br) and an increase in P and N, the electrical conductivity was maintained at 0.3 mS/cm because the total salts in the soil did not vary. The growth rate of *Brachiaria decumbens* grass had a strong positive correlation with the presence of macroinvertebrates > 2 mm in the silvopastoral system.

**Key words:** Macrofauna, correlation, soil.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	<b>3</b>
HIPOTESIS.....	<b>3</b>
OBJETIVOS. ....	<b>4</b>
OBJETIVO GENERAL.....	<b>4</b>
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PASTO DALLIS ( <i>Brachiaria decumbens</i> ) .....	<b>5</b>
2.2 EL SUELO.....	<b>6</b>
2.3 SUELOS DE LA AMAZONIA .....	<b>7</b>
2.4 MACROINVERTEBRADOS .....	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO III MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>10</b>
3.1 LOCALIZACIÓN.....	<b>10</b>
3.2 CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS.....	<b>10</b>
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	<b>11</b>
3.4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	<b>11</b>
3.5 VARIABLE Y TOMA DE DATOS .....	<b>12</b>
3.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	<b>14</b>
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS .....	<b>15</b>
<b>CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>17</b>
4.1 ÁREA FOLIAR.....	<b>17</b>
4.2 ÍNDICE ÁREA FOLIAR .....	<b>19</b>
4.3 TASA DE ASIMILACIÓN NETA .....	<b>20</b>
4.4 TASA DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO.....	<b>22</b>
4.5 MACROINVERTEBRADOS .....	<b>23</b>

4.6 VARIACIÓN DEL ANÁLISIS DEL SUELO EN TIEMPO. ....	25
4.7 CORRELACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS Y DINÁMICA DE CRECIMIENTO DEL PASTO. ....	28
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>32</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>41</b>

## FIGURA

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del área experimental finca agua santa 2 (zona de azul).....	10
<b>Figura 2.</b> Diseño del experimento de las 9 parcelas para desarrollo del pasto dallis ( <i>Brachiaria decumbens</i> ). .....	11
<b>Figura 3.</b> Forma representativa de cómo se realizó la toma de datos de largo y ancho de la hoja .....	12
<b>Figura 4.-</b> Interpretación de los valores que entrega el coeficiente de correlación de Pearson. ....	16
<b>Figura 5.-</b> Área foliar (AF) de los 9 tratamientos en 4 fechas. ....	17
<b>Figura 6.-</b> Índice del área foliar (IAF) de los 9 tratamientos en 4 fechas. ....	19
<b>Figura 7.-</b> Tasa asimilación neta (TAN) de los 9 tratamientos. ....	21
<b>Figura 8.-</b> Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de los 9 tratamientos. ....	22
<b>Figura 9.-</b> Presencia de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril, número de individuos por 0,0625 m <sup>2</sup> .....	24
<b>Figura 10.-</b> Diagrama de correlación de la macrofauna y la tasa de crecimiento del cultivo .....	28
<b>Figura 11.-</b> Toma de muestra del suelo .....	43
<b>Figura 12.-</b> Contabilización de fauna >2 mm .....	43
<b>Figura 13.-</b> Toma de parámetros ambientales .....	43
<b>Figura 14.-</b> Propagación del material vegetativo .....	43
<b>Figura 15.-</b> Establecimiento de las 9 parcelas.....	43
<b>Figura 16.-</b> Guía para el envío de las muestras de suelo al laboratorio AGRARPROJEKT S.A .....	44

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación botánica de pasto <i>dallis</i> ( <i>Brachiaria decumbens</i> ).....	5
<b>Tabla 2.</b> Composición química de <i>Brachiaria decumbens</i> .....	6
<b>Tabla 3.</b> Actividades de la microflora y fauna del suelo en el proceso de descomposición y en la estructura del suelo .....	8
<b>Tabla 4.-</b> Media de la presencia de macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril, número de individuos por 0,0625 m <sup>2</sup> y 1m <sup>2</sup> .....	23
<b>Tabla 5.-</b> Características fisicoquímicas de los sitios muestreados con una profundidad de 15 cm en un sistema silvopastoril. ....	.26
<b>Tabla 6.-</b> Correlación de la macrofauna y tasa de crecimiento del cultivo. ....	.28
<b>Tabla 7.</b> Cuadro de registro de la ubicación de la muestra de los macroinvertebrados ....	41
<b>Tabla 8.</b> Base de datos del desarrollo de crecimiento del pasto <i>dallis</i> ( <i>Brachiaria decumbens</i> ) .....	42

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

La Amazonía Ecuatoriana es uno de los ecosistemas del trópico húmedo más frágiles del país, el 82% superficie del suelo en uso agropecuario está ocupado por pastos para actividades ganaderas; la búsqueda de abastecer las necesidades nutricionales del ganado contribuyen a la ampliación campo ganadero y al descenso nutricional de los suelos amazónicos, esto obliga al ganadero adicionar agroquímicos de diferentes tipos para alcanzar un nivel adecuado de crecimiento y producción de forraje (Ramírez de la Rivera et al., 2017).

Según Gobierno Autónomo descentralizado parroquial rural Cumandá (2019), la ganadería es uno de los principales salvamentos de la economía de la Parroquia Cumandá, posee un 15 % de pastizales que son destinado a los diferentes producciones ganaderas; en los últimos 5 años debido al manejo empírico de los pobladores ha ocasionado una disminución de la productividad ocasionando la fragmentación del suelo, pérdida de gran parte de la macrofauna edáfica que son los principales reguladores de muchos procesos dentro de los ecosistemas; la utilización de agroquímicos (herbicidas, insecticidas y fungicidas), son los principales causantes del deterioro de la productividad.

Para el establecimiento de praderas en el trópico húmedo, se deben escoger especies de pastos de crecimiento rápido, que puedan competir eficientemente con el desarrollo agresivo de las malezas, por tal motivo se ha seleccionado trabajar con el pasto dallis es una gramínea originaria del este de África tropical que se ha adaptado a las condiciones edafoclimáticas de la región amazónica ecuatoriana con temperaturas de 20 a 25 °C y precipitaciones de 1000 a 4000 mm, se adapta a suelo ácidos y de baja fertilidad; entre las principales características mantiene un rendimiento promedio entre 13,2 y 24,7 tn/ha/año, el contenido nutritivo es del 10 al 12 % de proteína, digestibilidad del pasto y se puede asociar con otros pasto (Espinosa et al. 2006).

La macrofauna del suelo poco es considerada al momento de establecer los establos de pastoreo y son afectado por las diferentes prácticas agrícolas; ocasionado por el impacto de la labranza y el uso de insumos químicos, condición que se refleja en la disminución o eliminación de la macroflora edáfica, perdida en el rendimiento del pasto (*Brachiaria decumbens*).

La presencia de los macroinvertebrados mayores a 2 mm presenta muchos beneficios en aspectos físico, químicos y biológicos del suelo renovación de nutrientes, síntesis y mineralización de la materia orgánica, la modificación de la estructura del suelo, el intercambio gaseoso, descomposición de la hojarasca, entre otros, lo que influye en la mejora a la estimulación del crecimiento y rendimientos de los pastos (Vargas-Canchanya, 2017).

Según Wolters y Ekschmitt, (1997); Lavelle y Spain, (2001) consideran a los macroinvertebrados del suelo como los principales reguladores de muchos procesos de los diferentes ecosistemas, entre los que destaca la capacidad de activar o inhibir la función de los microorganismos, el intercambio gaseoso, en las propiedades químicas y nutricionales del suelo y ciclado de nutrientes. La alta sensibilidad de muchos macroinvertebrados edáficos a las perturbaciones externas del suelo los convierte en buenos indicadores del impacto humano sobre el ambiente (Guinchard, 1991).

La importancia de realizar esta investigación es obtener resultados que permita en un futuro plantear propuestas de manejo y conservación de los macroinvertebrados demostrando su importancia en las mejoras de la calidad del suelo y su correlación a la dinámica de crecimiento y al rendimiento del pasto que constituyen la fuente de alimentación más económica que dispone el productor para cumplir la nutrición de sus animales.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En la Amazonía ecuatoriana, es difícil tener una producción de pasto eficiente debido a las características climáticas de la región ocasionando que los suelos tengan , alta saturación de óxidos de aluminio y hierro, bajos niveles de pH y nutrientes, provocando una disminución en la absorción de nutrientes necesarios para que los pastos, leguminosas y gramíneas establecidas puedan aportar con los requerimientos nutricionales a los animales, dando lugar a cambios tanto cualitativos como cuantitativos en su mayoría adversos, que conllevan a la pérdida de la capacidad productiva, es por ello, que se debe responder de manera adecuada al desarrollo de tecnologías que conduzcan a conservar y mejorar los suelos aplicando principios de sostenibilidad mediante prácticas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de estos. Los estudios afirman la importancia de los macroinvertebrados para la regulación de la calidad del suelo y sus beneficios. La variación de la macrofauna (> 2 mm) se debe a los diversos usos de suelo (técnicas de arado, uso de agroquímicos, empleo irracional del fuego en el laboreo agrícola, entre otros) que ocasionan un deterioro y el inicio del proceso de degradación que al mismo tiempo afecta al rendimiento del pasto y conlleva a la dependencia de fertilizante sintéticos. La finalidad de esta investigación es incentivar y demostrar los beneficios de los macroinvertebrados en la calidad del suelo, aporte al rendimiento del pasto y disminuir la ampliación del campo agrícola en busca de suelos fértiles, por la cual se planteó determinar la dinámica de crecimiento del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*) influenciados por la presencia de macroinvertebrados (> 2mm) del suelo en un sistema silvopastoril, bajo las condiciones de la Amazonía ecuatoriana.

## **HIPOTESIS.**

Las características agronómicas del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*), emergencia de los tallos y alta tasa de crecimiento son influenciados por la presencia macroinvertebrados (>2mm) presentes en el suelo en un sistema silvopastoril en condiciones amazónicas ecuatoriana.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la dinámica de crecimiento del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*) influenciados por la presencia de macroinvertebrados (> 2mm) del suelo en un sistema silvopastoril, bajo las condiciones de la Amazonía ecuatoriana.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar tasa de crecimiento del cultivo, área foliar, tasa asimilación neta, número de hojas y altura del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*), bajo las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana.
- Contabilizar la presencia macroinvertebrados mayores de 2 mm en la profundidad de 0 – 15 cm en los suelos.
- Realizar un análisis químico (pH, Materia orgánica, Nitrógeno totales, Fósforo y Potasio) del suelo.
- Establecer la correlación de los macroinvertebrados del suelo con la dinámica del crecimiento del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*).



## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PASTO DALLIS (*Brachiaria decumbens*)

El género *Brachiaria* se adaptado a amplio abanico de condiciones edafoclimáticas desde el de extrema se queda hasta suelos inundables y con mal drenaje (Campos et al., 2010). El pasto dallis (*Brachiaria decumbens*) se desarrollan en altura que varía de 0 – 1800 msnm, con temperaturas de 17 – 27 °C; presenta un crecimiento decumbentes o procumbentes con una altura de 30 a 100 cm, enraizamiento en los nudos inferiores y ramificados, hojas de 15 a 20 cm de largo y 8 a 10 mm de ancho, son lanceoladas con un color verde brillantes, y la inflorescencia es una panícula que va de tres a cinco racimos ramificado como señala Pérez, Murillo y Verdecía (2020); Reyes, Méndez, Luna, y Macias (2019). Se adapta muy bien a condiciones amazónicas (poco fértiles, ácidos y ambiente alto en precipitaciones).

#### Tabla 1

*Clasificación botánica de pasto dallis (Brachiaria decumbens)*

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae
<b>Subfamilia:</b>	Panicoideae
<b>Género:</b>	<i>Brachiaria</i>
<b>Especie</b>	<i>decumbens</i>
<b>Nombre común</b>	Pasto Dallis

Fuente: (Villegas, 2020)

Según Conrado, Lopes, Cândido, Santos-Neto, Morais, Torres, Nascimento & Carneiro (2021), el pasto dallis (*Brachiaria decumbens*) es la especie más cultivada del género *Brachiaria* por crecimiento, productividad y adaptabilidad a ambientes de baja fertilidad y

de mal drenaje; pierde su potencial productiva y nutritiva en la época de baja precipitación obteniendo un balance bajo en rendimiento.

El pasto dallis presenta mejor rendimiento a los 40 – 45 días con un promedio de 1,4 t/ha-1 en condiciones amazónica, se debe tomar en cuenta el manejo agronómico y condiciones ambientales.

**Tabla 2**

Composición química de *Brachiaria decumbens*

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje</b>
Materia Seca	23,7
Proteína cruda	13,6
Fibra cruda	34,9
Materia cruda	91,7
Digestibilidad	70

*Nota:* (Sarabia y Pilamala, 2020)

Para establecer el cultivo en condiciones amazónicas se recomienda realizar una escarificación para acotar el tiempo de germinación por la alta precipitación (Sarabia y Pilamala, 2020). El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2018), recomienda plantar en una distancia de 0,8 x 0,8 m; Martínez (2021), con una distancia de 0,30 x 0,60 m para el rápido cubrimiento, pero en épocas secas llega a disminuir hasta un 70% de la producción.

## **2.2 EL SUELO**

EL suelo es un recurso semi renovable, es dinámica (constante cambio), es uno de los recursos naturales esenciales de la Tierra, pero la mayoría de la gente no es consciente de que el suelo es un sistema viviente que respira y mantiene casi toda la vida terrestre. El suelo y las funciones varían notablemente por el ambiente, fauna y flora formando grande ecosistema. En los últimos años la mayoría de los suelos presenta erosión severa, déficit de nutrientes y pérdida de la biota edáfica. El estado degradación de los suelos provoca que no proporcionen bienes y servicios para el desarrollo de la vida (Estrada, Hidalgo, Guzmán, Almaraz, Navarro, & Etchevers 2017)

Según Vargas, Nicolalde, Calero y Vizúete (2018), los suelos están constituidos por cuatro componentes principales:

- Minerales de diferentes tamaños.
- Materia orgánica procedente de los restos de plantas y animales muertos.
- Agua que se introduce en los poros del suelo.
- Aire que rellena los poros del suelo.

Un suelo apropiado destinado para el desarrollo ganadero y agrícola se recomienda que presente estas características: 45% de minerales, 5% de materia orgánica, 25% de aire y 25% de agua. Las Plantas se han adaptado adecuadamente a las condiciones del suelo como por ejemplo los arbustos que viven en terreno pantanoso requieren más agua y menos aire para su desarrollo (Estrada et al., 2017).

### **2.3 SUELOS DE LA AMAZONIA**

Los suelos de la Amazonía presentan una baja fertilidad tanto por factores físico como químicos: alta acidez y toxicidad causadas por el aluminio, deficiencia de fósforo, estructura no definida y alta saturación de humedad (Martín y Pérez, 2009). Otro factor de la degradación de los suelos amazónicos es el aumento del horizonte agrícola, la tala indiscriminada (50 000 ha año<sup>-1</sup>) e introducción de la ganadería y el uso de agroquímicos, ha provocado pérdida de la biodiversidad de fauna y flora autóctonas de la región. Las pérdidas de suelo en el país varían entre 30 y 50 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en áreas de estribaciones con pendientes superiores al 25% (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2018).

### **2.4 MACROINVERTEBRADOS**

Según Durán, Rodríguez y Suárez (2018), los macroinvertebrados (lombrices, termitas y hormigas), son denominados los ingenieros de los diferentes ecosistema, son importantes reguladores de muchos procesos como la conservación de la estructura del suelo, actúan sobre el microclima y la aireación; en el movimiento y retención de agua, en el intercambio gaseoso y en las propiedades químicas y nutricionales del mismo, pueden activar o inhibir la función de los microorganismos y están involucrados en la conservación y ciclado de nutrientes.

Desde el punto de vista Gutiérrez-Bermúdez et al. (2020), la evaluación del estado de conservación/perturbación del suelo y del ecosistema se debe tomar en cuenta la macrofauna edáfica, la cual agrupa los invertebrados mayores de 2 mm de diámetro. Muchos organismos de la macrofauna son importantes en la transformación de las propiedades del suelo, entre ellos: las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta), las termitas (Insecta: *Isoptera*) y las

hormigas (Insecta: *Hymenoptera: Formicidae*) y algunos funcionan como depredadores de animales vivos de la macrofauna y la mesofauna edáfica.

Como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo, la macrofauna edáfica debe estar relacionada con atributos físicos y químicos de este, que a la vez manifiestan la productividad del ecosistema. Dentro de este tipo de organismo se encuentran las lombrices de tierra, que, por ser de cuerpo blando y limitada movilidad, son afectadas por factores como el clima, la alimentación, la humedad, la textura y las condiciones químicas del suelo; por lo que manifiestan cambios de composición y abundancia en una corta escala de tiempo según menciona Hernández et al. (2020).

Los organismos epigeos con función detritívora (se alimentan de materia orgánica), representados por los diplópodos (milpiés), isópodos (cochinillas), algunos coleópteros (escarabajos) y gastrópodos (caracoles), son utilizados como indicadores del estado de perturbación del suelo, debido que se alimentan de la hojarasca, la comunidad detritívora, es un indicador de la calidad del suelo debido a que es muy sensible a los cambios bruscos de humedad y temperatura, por lo que tienden a desaparecer ante estas condiciones de estrés como se observa en la Tabla 3 (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2015).

**Tabla 3**

*Actividades de la microflora y fauna del suelo en el proceso de descomposición y en la estructura del suelo.*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CICLADO NUTRIENTES</b>	<b>DE</b>	<b>ESTRUCTURA DEL SUELO</b>
<b>Microflora</b>	Catabolizan	material	Producen compuestos orgánicos que unen los agregados.
Bacterias	orgánico.		
Hongos	Mineralizan e inmovilizan nutrientes		Las hifas unen partículas y agregados
<b>Microfauna</b>	Regulan las poblaciones de bacteria y hongos		Pueden afectar la estructura de los agregados mediante sus interacciones con la microflora
Nematodos	Intervienen en el reciclado de nutrientes		
Protozoarios			
Ácaros (pequeños)			
<b>Mesofauna</b>	Regulan las poblaciones de hongos y de la microfauna.		Produce pelotas fecales
Ácaros	Interviene en el reciclado de nutrientes		Crea bioporos
Collembolos			Promueven la humificación
Artrópodos (pequeños)	Fragmentan	restos	
Enquitraidos (lombrices pequeñas)	vegetales		
<b>Macrofauna</b>	Fragmentan	restos	Mezclan partículas orgánicas y minerales
Lombrices	vegetales		

Enquitrados (grandes)	Estimulan la actividad	Redistribuyen la materia
Bicho bolita	microbiana	orgánica y los microorganismos
Diplopodos		Crean bioporos.
Quilopoda		Promueven la humificación
Moluscos		Producen pelotas fecales
Insecta (larva y adultos)		

*Nota:* (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2015).

Según Torres y Figueroa (2019), se pueden diferenciar dos grupos de macrofauna según el hábitat: epígeas (viven en la superficie del suelo) y endógenas (viven en el interior del suelo). Los factores fisicoquímicos del suelo óptimos para la presencia de macrofauna deben presentar una textura del suelo medias o gruesas que facilite la movilidad, humedad relativa promedio de 85% debido requieren suelos húmedos, no prosperan en ambientes con bajo contenido de humedad, temperatura: favorece un rango de 30° a 37° C, no sobreviven a temperaturas mayores a 40° C y un pH: entre 4 y 8 (Villalobos, Ortiz-Pulido, Moreno, Pavón, Hernández, Bello y Montiel 2000; Torres y Figueroa 2019). Asimismo, los niveles fuera del rango antes mencionados como niveles bajos de oxígeno disuelto, temperaturas y pH's extremos pueden ocasionar modificaciones en las etapas reproductivas, de la alimentación, y de sus tasas metabólicas, lo cual también ocasionaría un descenso en las comunidades de macroinvertebrados (Vargas-Canchanya, 2017).

## CAPÍTULO III

### 3 MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

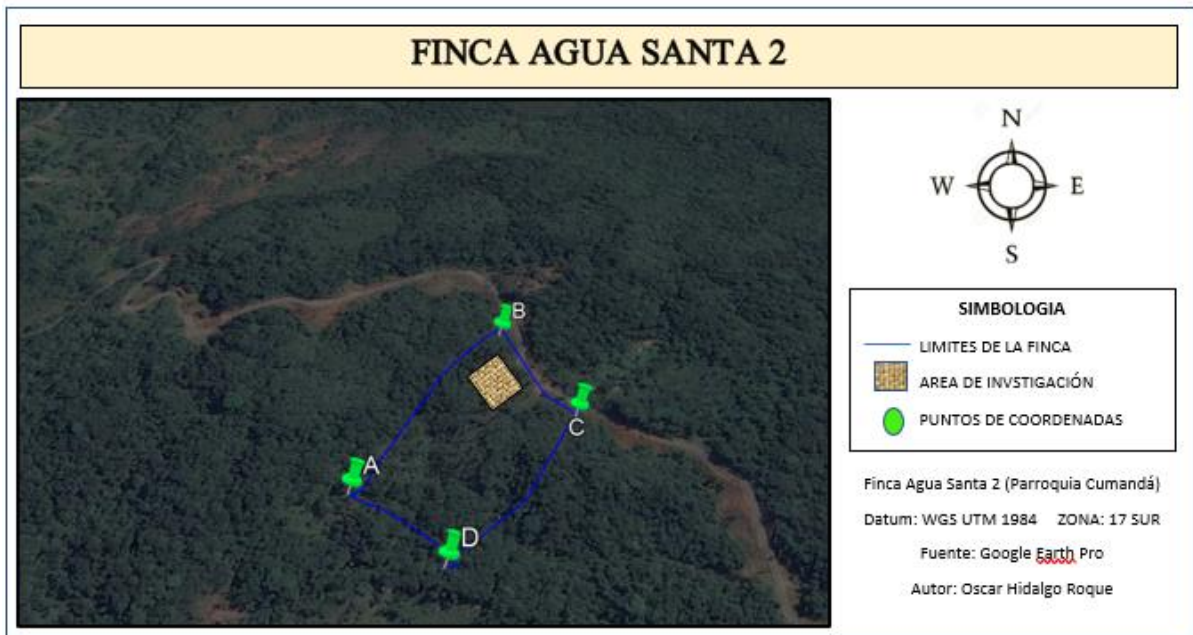
El experimento se lo realizó en la finca Agua Santa 2 propiedad de Juan Lozano ubicada en la parroquia Cumandá, Provincia Morona Santiago, Cantón Palora. El ingreso a la parroquia Cumandá está ubicado en el km 42 de la panamericana Baños – Mera. La propiedad tiene 50 hectáreas, está dividida en media hectárea sistema chacra, 7 hectáreas un sistema silvopastoril y 42,5 hectáreas bosque primario (Figura 1).

#### 3.2 CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS

El suelo es orgánico con características franco limosa con pendientes dominantes entre el 5 y 40%. Presenta una precipitación promedio 3578 mm anuales, con una temperatura que va desde los 16,5 °C a los 28 °C (GAD' P. Cumandá, 2019). El área donde se realizó el trabajo está ubicada en la latitud S 01° 29.050' y longitud W078° 07.263' con una altitud de 1297 msnm.

**Figura 1**

*Ubicación geográfica del área experimental finca Agua Santa 2 (zona de azul)*



### 3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

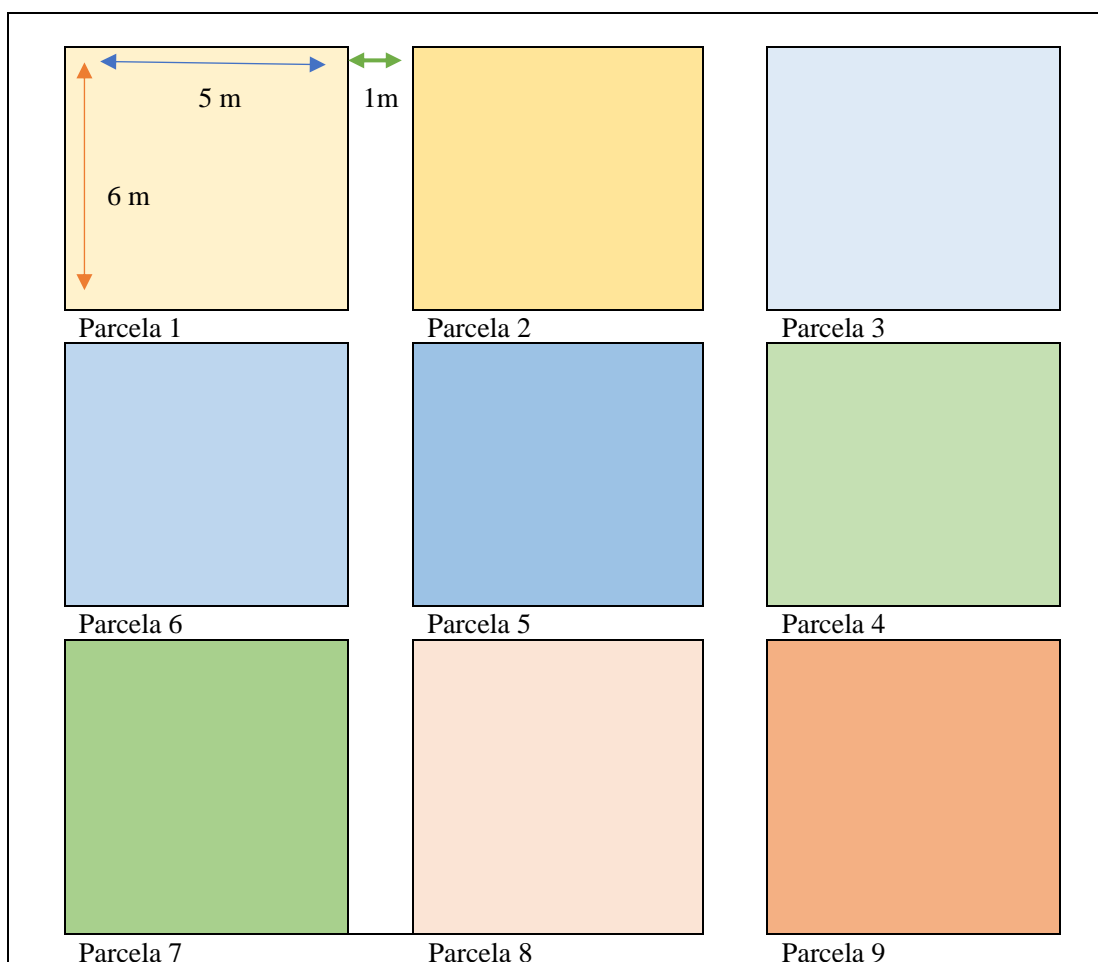
Tipo de investigación experimental y correlacional, para determinar el tamaño de la parcela se tomó en referencia investigaciones de Coloma (2015), Espinosa et al. (2006) y se determinó establecer un diseño de 9 parcelas experimentales de 6 por 5 m dando un área por parcela de 30 m<sup>2</sup> donde se determinará la dinámica de crecimiento del pasto dallis *Brachiaria decumbens* en correlación a la presencia del número de macroinvertebrados (> 2 mm) en el suelo.

### 3.4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Se conformaron parcelas de 5 m de ancho (A) por 6 m de largo (L), para un área por parcelas de 30 m<sup>2</sup>, la distancia (D) entre parcela es de 1 m, con diseño de 9 parcelas y un área total de 378 m<sup>2</sup> (Figura 2).

**Figura 2**

*Diseño del experimento de las 9 parcelas para desarrollo del pasto dallis (Brachiaria decumbens).*



Para la colecta se utilizó la metodología TSBF - Tropical Soil. Biology and Fertility (Robinson,

1993), propuesto por el Programa Internacional Biología y Fertilidad del Suelo Tropical, en que consiste en extraer 5 monolitos de suelo de 25 x 25 cm, con una profundidad de 15 cm. Para el método de análisis de suelo se utilizó los proporcionados por el laboratorio de suelo AGRARPROJEKT S.A. de la ciudad de Quito, se evaluaron en el análisis químico para la determinación de Materia Orgánica, pH, Nitrógenos totales, fosforo y potasio; además textura de suelo y fracción de partículas

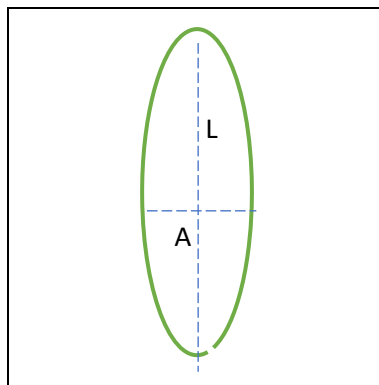
### 3.5 VARIABLE Y TOMA DE DATOS

Para determinar la dinámica de crecimiento se midieron las siguientes variables morfofisiológicas y que serán medidas a los 0, 15, 30, 45 días, con una muestra de 5 plantas por parcela, para determinar los días para la medición se tomaron en cuenta los índices con mejores rendimientos para el pastoreo, característica química y digestibilidad del pasto (Espinosa et al. 2006).

1. Altura de la planta (cm): desde la inserción del pseudo-tallo hasta la hoja más alta, se realizará con la ayuda de un flexómetro.
2. Número de hojas: se realizó por conteo.
3. Largo (L) y ancho (A) de la hoja (cm):

#### Figura 3

*Forma representativa de cómo se realizó la toma de datos de largo y ancho de la hoja*



4. El peso fresco y seco (g): Se lo realizó a cada uno de los órganos vegetativo (raíz, y hojas). Con la ayuda de una balanza se realizó el peso en materia fresca para luego ser sometida en la estufa a 60 °C de temperatura hasta obtener peso constante de materia seca.
5. Área foliar (AF): Consistió en multiplicar el largo x ancho x número de hojas (m<sup>2</sup>).
6. Índice de área foliar (IAF): Consistió área foliar de las hojas de un cultivo expresado



en m<sup>2</sup> y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en m<sup>2</sup>.

IAF= AF x distancia de plantación

7. Tasa de asimilación Neta (TAN): La tasa de asimilación neta se expresó en gramos de sustancia seca producida por unidad de área foliar (m<sup>2</sup>) en la unidad de tiempo (día) (López-Sandoval et al., 2020).

Se aplicó la siguiente formula:  $TAN = 2 (P2 - P1) / (A2 + A1) (t2 - t1)$

Dónde:

P1 = peso seco inicial por planta (primera evaluación)

P2 = peso seco final por planta (segunda evaluación)

A1= área foliar inicial por planta

A2= área foliar final por planta

t2 – t1= intervalo de tiempo transcurrido entre la evaluación inicial y la final

Tasa de crecimiento del cultivo

Se encarga de relacionar la ganancia de la biomasa vegetal con el área de la planta describiendo con precisión el crecimiento del cultivo, usualmente se expresa g\*m<sup>2</sup> (área de la planta) \* día (Silva, Arriagada y Baginsky, 2017).

Se aplico la siguiente formula:

$$TCC = \frac{(1)}{(area\ suelo)} * \left[ \frac{(MSF - MSi)}{(Tf - Ti)} \right]^2$$

MSF = peso seco inicial por planta.

MSi = peso seco final por planta.

Tf – Ti = intervalo de tiempo transcurrido entre la evaluación inicial y la final.

Se evaluó la presencia de macroinvertebrados > 2 mm en una profundidad de suelo 0 – 15 cm en cada una de las parcelas de estudio y se registró los resultados (Tabla 4 de Anexos).

Para el análisis del suelo se tomaron varias submuestras para determinar las condiciones en la que se desarrolla la fauna edáfica y el pasto. Entre los parámetros que se tomaron son los siguientes:

## Análisis químico

- Materia Orgánica. Método por medición de la pérdida de peso por ignición (Loss On Ignition, LOI) Unda, Alava, Espinoza, Leon, y Gorotiza, (2020).
- Nitrógeno total. Mediante cálculo a partir del porcentaje de materia orgánica.
- Fósforo. Método colorimétrico de ácido ascórbico SM 4500-P, C. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2020)
- pH. EPA 9045 D. Método electrométrico que mide el pH en suelo y residuos muestras.
- Potasio. Midiendo el espectro de emisión.

## Textura de suelo y fracción de partículas

Para la determinación de la textura y fracción de partículas en material mineral del suelo se trabajó con el método por tamizado y sedimentación en que consiste determinar la distribución del tamaño de partículas y poder determinar los materiales minerales del suelo siguiendo la normativa ISO 11277 y la fracción de partículas se medirá en porcentaje (Internacional Organization for Standardization, 2009).

## **3.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **Siembra y desarrollo del material vegetativo**

La siembra vegetativa se realizó a una distancia de 50 x 50 cm obteniéndose para el rápido establecimiento de la parcela. No se aplicó ningún tipo de agroquímico para evitar pérdida de la macrofauna. Época de máxima precipitación el pasto dallis alcanza su óptimo rendimiento para el pastoreo a los 35-45 días después del rebrote, por lo cual se realizó las mediciones morfofisiológicas 0, 15, 30, 45 días con una muestra de 5 plantas por parcela. Para la determinación de materia seca se lo realizó a los 15 y 45 días.

### **Conteo de Macroinvertebrados.**

En cada una de las parcelas se extrajeron 5 monolitos de 25 x 25 x 15 cm. Identificando la presencia de macroinvertebrados en la parte superficial del suelo, para su respectiva contabilización. Se retiró la hojarasca y todo tipo de cuerpos extraños, tales como piedras, residuos vegetales, entre otros. Con la ayuda de una pala cuadrada se extrajo los monolitos de suelo y cuidadosamente se colocó en una bandeja para que manualmente separar el suelo de los insectos, con la ayuda de una lupa se llevó a cabo el conteo de la macrofauna in situ en la

profundidad de 0 a 15 cm., el conteo y las especies encontradas se guardaron en Anexo Tabla 7.

### **Análisis químico del suelo**

El muestreo se realizó en zigzag en cada una de la parcela, 5 submuestras correspondiente a la parcela. La muestra retiró con ayuda de pala con una profundidad de 15 cm, para luego unir las 5 submuestras de las parcelas (1, 2 y 3), (4, 5 y 6) y (7, 8 y 9), para formar una muestra global en un balde plástico.

Las muestras se pesaron (1000 gr) con la balanza gramera y se guardó en una funda plástica y posteriormente se envió al laboratorio de AGRARPROJEKT S.A. para realizar los análisis químicos, textura de suelo y fracción de partículas antes mencionados, el tiempo de resultados por parte del laboratorio son 10 días laborables. Esta actividad se la realizó al inicio y final del crecimiento del pasto.

### **3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Los datos que se guardaron en el registro (Tabla 7 y 8 de Anexos) y se tabularon en Excel (Microsoft; EE.UU.), con el software estadístico SPSS v22 (IBM; EE.UU.) se realizó un análisis estadístico para obtener los análisis de varianza para la comparación entre las medias, utilizando la prueba de Tukey al 95% (P valor  $\leq 0,05$ ).

- Densidad de crecimiento del pasto dallis.
- Número de individuos totales de macroinvertebrados en una profundidad de 0 – 15 cm

Para la correlación en la dinámica de crecimiento y la presencia de macroinvertebrados se trabajó con diseño matemático correlacional de Pearson donde el factor A: dinámica de crecimiento del pasto dallis (*Brachiaria decumbens*) y factor B el número de macroinvertebrados del suelo (Lalinde et al., 2018).

$$r_{xy} = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{(N \sum x^2 - (\sum x)^2) (N \sum y^2 - (\sum y)^2)}$$

Dónde:

**N**= Número de valores

$\Sigma xy$  = la suma de los productos de las puntuaciones emparejadas del Factor A y B

$\Sigma x$  = la suma Factor A

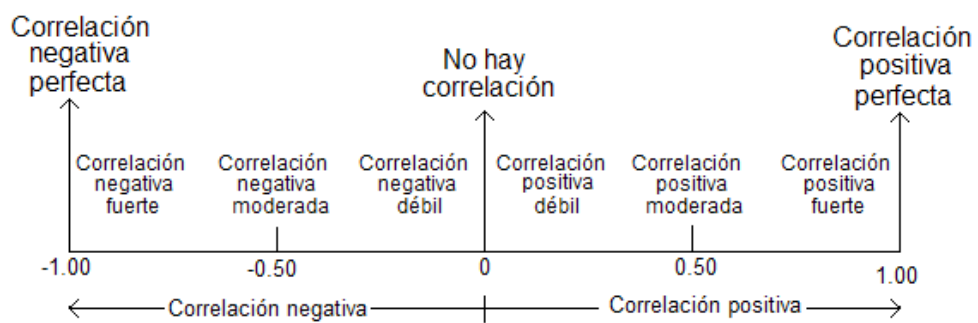
$\Sigma y$  = la suma Factor B

$\Sigma x^2$  = Suma de cuadrados Factor A

$\Sigma y^2$  = Suma de cuadrados Factor B

#### Figura 4

*Interpretación de los valores que entrega el coeficiente de correlación de Pearson*



*Nota:* (Cuellar, 2018)

## CAPITULO IV

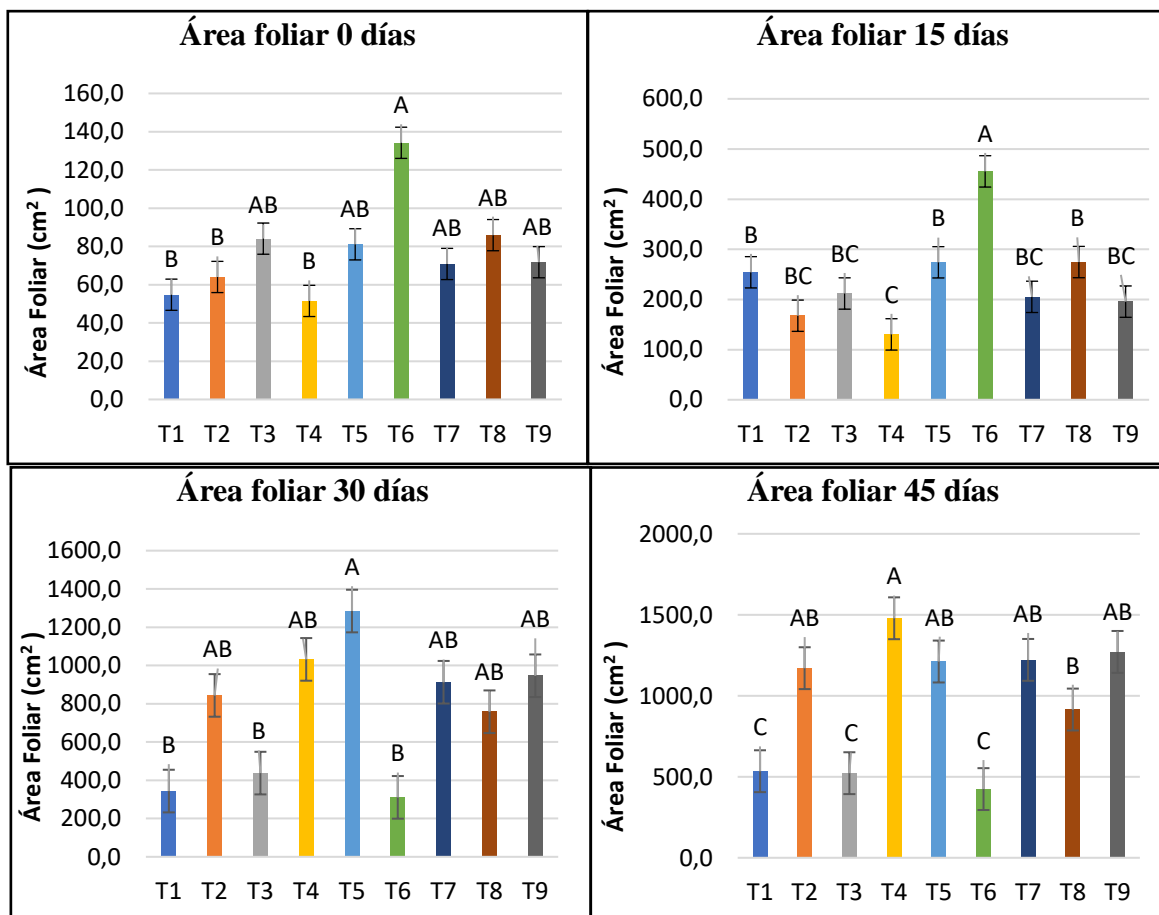
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 ÁREA FOLIAR

En la Figura 5 se muestra la variación del área foliar (AF) del pasto *Brachiaria decumbens* en el tiempo 0 hasta los 45 días en condiciones amazónicas, mostrando diferencia significativa entre los tratamientos.

**Figura 5**

Área Foliar (AF) de los 9 tratamientos en 4 fechas.



*Nota.* Barras con letras diferentes muestran diferencias estadísticas entre sus tratamientos,  $p < 0,05$  prueba de Tukey.

De acuerdo con los resultados obtenidos a los 0 días el T6 con 134 cm<sup>2</sup> AF mostro diferencia significativa con los Tratamientos 1, 2 y 4, los tratamientos restantes presentaron menor AF, pero no difieren ( $p < 0,05$ ) con el T6, estos resultados obtenidos se deban a que el T6 no

presenta árboles alrededor facilitando a la cubierta vegetal interceptar la radiación fotosintética activa en comparación a los demás tratamientos.

El análisis estadístico realizado a los 15 días, el T6 mantuvo mayor AF con 455 cm<sup>2</sup> en relación con el resto de los tratamientos ( $p < 0,05$ ). Así mismo, el T4 presentó el menor rendimiento de AF con 130 cm<sup>2</sup>, pero no mostro diferencia significativa con los Tratamientos 2, 3, 7 y 9. A partir de los 15 días se presentaron cambios edafoclimáticos en el sector dando el inicio de la temporada de lluvia. Según Manrique, (2018) y Garay, (2017), el cambio climático es un factor que afecta el rendimiento AF.

A los 30 solo se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) del T5 con los tratamientos 1, 3 y 6, siendo el T5 con mayor AF con 1284 cm<sup>2</sup>. El T6 a los 30 días presenta una disminución de 455 cm<sup>2</sup> a 310 cm<sup>2</sup> AF debido al encharcamiento excesivo en la parcela. Datos obtenidos por DIAS-FILHO & Carvalho (2000), donde se evaluó el AF en condiciones de inundación hasta los 3 cm en maceta durante 14 días obtuvieron un comportamiento similar a los tratamientos afectados por las condiciones edafoclimáticas.

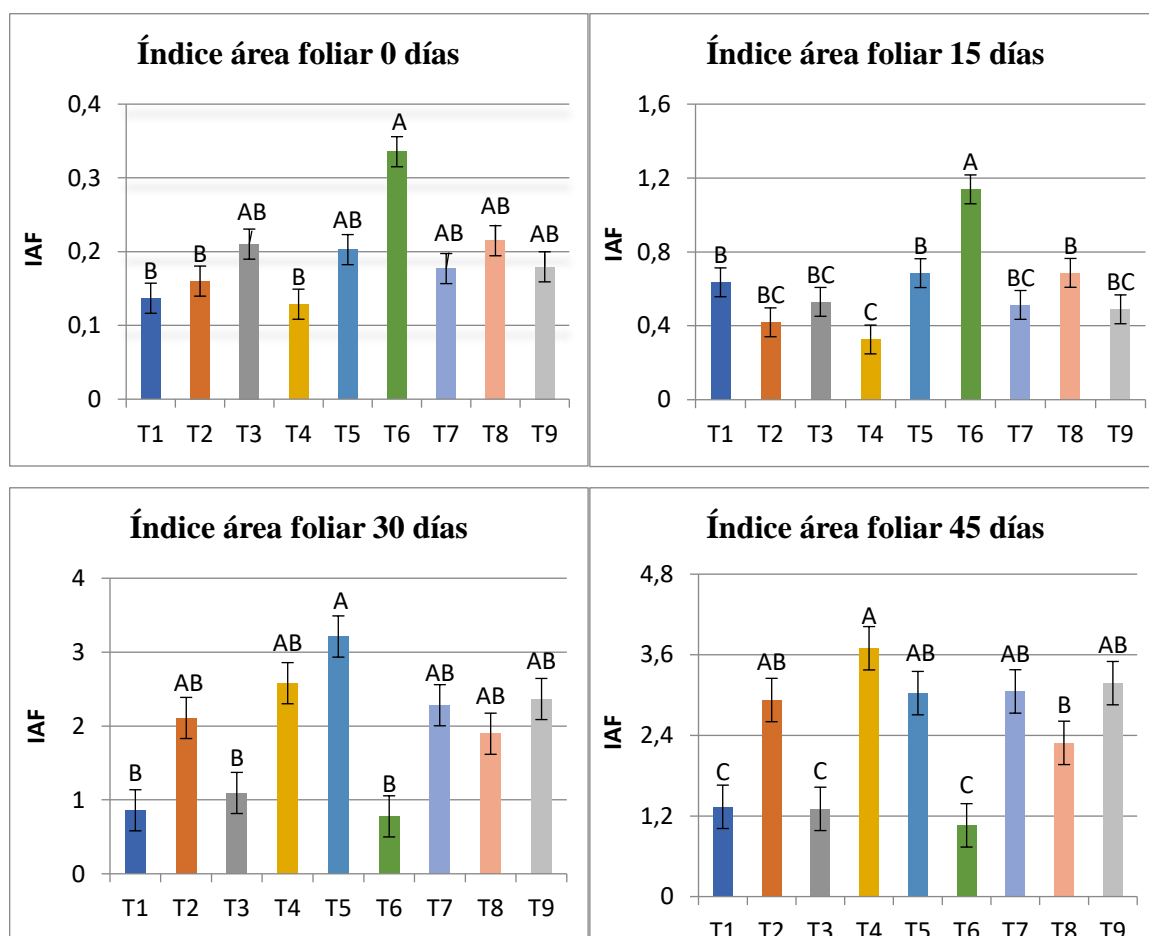
El AF a los 45 días en el T4 presentó mayor rendimiento con 1478 cm<sup>2</sup> AF, pero estadísticamente no presenta diferencia significativa con los tratamientos 2, 5, 7 y 9. En cambio los T6, T2 y T1 obtuvieron menores rendimientos con 424, 522 y 534 cm<sup>2</sup> AF respectivamente y además presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con los demás tratamientos. La variación del AF en el transcurso tiempo posiblemente es dado por los diferentes factores ambientales, propiedades del suelo entre otros, que afecta tanto como directa e indirectamente al desarrollo del pasto. Según Silva, Rocha, Rocha M, & Sousa (2018), en condiciones favorables edafoclimáticas y de calidad del suelo el AF de *Brachiaria decumbens* puede alcanzar los 1400 cm<sup>2</sup> como se obtuvo a los 45 días en el T4 con 1478 cm<sup>2</sup> de AF. Los datos obtenidos por Murillo (2013) y Vélez (2013), donde se evaluó el AF de 5 genotipos de pasto incluido *Brachiaria decumbens* en condiciones del trópico húmedo de Santo Domingo presentaron un AF menor a los datos obtenidos. Sin embargo, un estudio realizados en suelos ácidos de piedemonte llanero de Colombia el AF presento una similitud (Rincón, Ligarreto, y Sanjuanelo 2007).

## 4.2 ÍNDICE ÁREA FOLIAR

Con la determinación del Índice área foliar (IAF) nos proporciona información del crecimiento y distribución espacial del pasto *Brachiaria decumbens* en relación con la cantidad de tejido foliar que intercepta luz solar.

**Figura 6**

*Índice del área foliar (AF) de los 9 tratamientos en 4 fechas*



*Nota.* Barras con letras diferentes muestran diferencias estadísticas entre sus tratamientos,  $p < 0,05$  prueba de Tukey.

En cada uno de los muestreos realizados en las diferentes fechas presentaron diferencia significativa. La variación IAF se ve relacionado al AF obteniendo una similitud en las gráfica y base estadística. A los 0 días el T1, T2 y T4 presenta menor IAF, pero no presenta diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con los tratamientos 3, 5, 7, 8 y 9. El T6 tiene IAF de 0,33 obteniendo el mejor rendimiento a los 0 días. El A los 15 días el T6 tiene el mayor IAF con

1,13 y presenta diferencia significativa con todos los tratamientos, no obstante, el T4 obtuvo un IAF menor en comparación a los demás, pero no difiere significativamente del T2, T3, T7 y T9. El análisis estadístico a los 30 días obtuvo que el T5 presenta diferencia significativa del T1, T3 y T6 que fueron afectados por el encharcamiento excesivo de las parcelas, mientras que a los 45 días el T4 presenta mayor IAF, pero no difiere estadísticamente del T2, T5, T7 y T9; los tratamientos 6, 3 y 1 mantuvo los IAF bajos efecto de los cambios edafoclimáticos del sector. Nafarrate-Hecht (2017), el IAF varía en tiempo como en espacio y puede deberse a condiciones climáticas, las propiedades suelo, contaminantes aéreos y la herbivoría, por tal motivo un cambio del IAF es acompañado por modificación en la productividad del pasto. En trabajos previos realizados en el Estado de Sao Paulo por Sousa, Passos, Martinhão, Fernandes, Herling, Cerqueira & Pereira (2017), obtuvo IAF de 2,97 en época de primavera y 2,44 en verano datos muy bajos similares a los datos obtenidos al final de los 45 días por los tratamientos 1, 3, 6 y 8. Según Rincón C., Ligarreto & Garay (2008), el IAF en el Piedemonte llanero de Colombia alcanza los 3,7 en una pradera establecida con más de 10 años de pastoreo datos similares a los obtenidos a los 45 días por el T4. El IAF varía dependiendo a la calidad del suelo, a las condiciones edafoclimáticas del sector entre otros factores, datos reportados por Borges, da Silva, Lucas, & da Silva W. (2011) donde se evaluó IAF en diferentes tiempo dando datos que van desde los 4,32 hasta los 8,7 en IAF con relación a los diferentes cambios edafoclimáticos del sector.

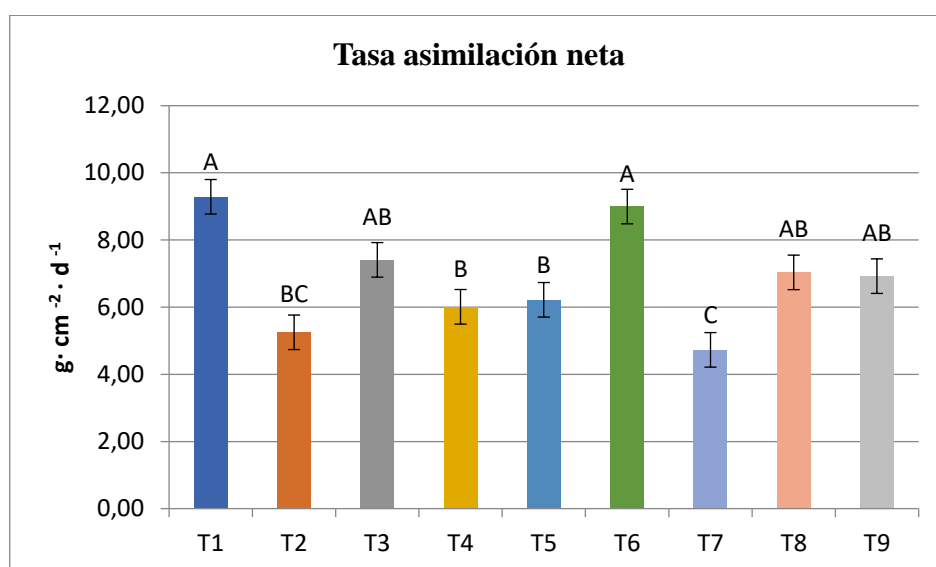
### **4.3 TASA DE ASIMILACIÓN NETA**

Mediante la formulación de la tasa asimilación neta (TAN) se determinó cuál de los tratamientos presentó mayor eficiencia en la producción de follaje, que es la principal fuente de alimentación del ganado.



**Figura 7**

Tasa asimilación neta (TAN) de los 9 tratamientos.



*Nota.* Barras con letras diferentes muestran diferencias estadísticas entre sus tratamientos,  $p < 0,05$  prueba de Tukey.

Al evaluarse los diferentes tratamientos el análisis estadístico mostro diferencia significativas ( $p < 0,05$ ), presentando mayor eficiencia fotosintética y producción de materia seca (MS) promedio que son indicadores del TAN, el T1 y T2 ( $9,29$  y  $9$   $\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ ). En el caso del T7  $4,73$   $\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$  tuvo un comportamiento diferente mostrando diferencia significativa con todos los tratamientos a excepción del T2 (Figura 7). Una variación en los resultados obtenidos se deba al incremento del AF y IAF en el tiempo debido al número de hojas provocando el autosombreamiento de la misma y reduciendo la eficiencia fotosintéticas (Morales, 2015; Fortes, Herrera, García, Cruz, & Romero 2015).

Según Murillo (2013) en condiciones del trópico húmedo de Santo Domingo donde se evaluó 5 genotipos de pasto incluido *Brachiaria decumbens*, la TAN puede alcanzar en época de verano  $0,020$   $\text{g (cm}^2\text{)}^{-1} \text{d}^{-1}$  y en invierno  $0,0020$   $\text{g (cm}^2\text{)}^{-1} \text{d}^{-1}$  datos muy bajo por los datos obtenidos. Un estudio realizado por Vélez (2013), donde se obtuvo el crecimiento inicial de cinco variedades de *Brachiaria* en un programa de mejoramiento genético ovino en el trópico húmedo, la TAN de *Brachiaria decumbens* alcanza los  $0,0040$   $\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$  igual que los alcanzados por Garay J., Cienfuegos, Espinoza, Zárata y Ibarra (2012) en el análisis de crecimiento inicial de cinco genotipos de *Brachiaria* en trópico húmedo. Sin embargo, un estudio realizados en suelos ácidos de piedemonte llanero de Colombia la TAN presentó datos superiores a  $6$   $\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$  datos similares a los obtenidos por algunos tratamientos

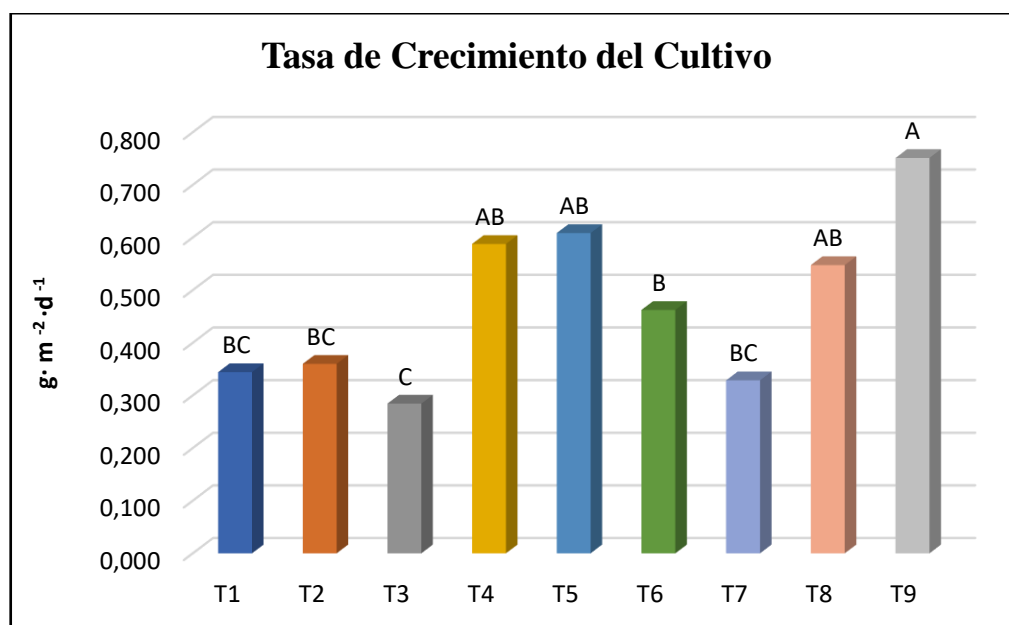
(Rincón et al., 2007). La variaciones en los resultados en las diferentes investigaciones *Brachiaria decumbens* se debe a las diferentes condiciones climáticas, factor suelo y las enmiendas que se realizaron durante la investigación.

#### 4.4 TASA DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) nos permite divisar la velocidad de ganancia de biomasa vegetal por unidad de tiempo del pasto *Brachiaria decumbens*, mostrando diferencia significativa entre los tratamientos. El mejor promedio de ganancia diaria de MS en el transcurso de los 45 días fue T9 con  $0,751 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  TCC. Los tratamientos 5, 4 y 8, presentan mayor área foliar pero no difieren ( $p \leq 0.05$ ) con el T6, el T3 obtuvo la menor ganancia promedio con  $0,284 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  TCC (Figura 8) pero no difieren ( $p \leq 0.05$ ) T1, T2 y T7 que presentaron mayor TCC. Según Portes, Carvalho, Oliveira & Kluthcouski (2000), la familia *Brachiaria* alcanza su óptimo TCC a los 75 hasta 95 días y comienza una reducción de la formación de biomasa provocado por la edad del pasto, otro factor que afecta la TCC es la radiación solar, disponibilidad de agua y nutrientes.

**Figura 8**

Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) de los 9 tratamientos



*Nota.* Barras con letras diferentes muestran diferencias estadísticas entre sus tratamientos,  $p < 0,05$  prueba de Tukey.

Cedeño y Collahuazo (2020), evaluó la tasa crecimiento de gramíneas, obteniendo como resultado una TCC del pasto *Brachiaria decumbens* desde los 21 hasta los 45 días un

rendimiento promedio de 0,45 gMSm<sup>2</sup> en condiciones edafoclimáticas y geográfica del Cantón Buena Fe y que se parecen a los resultados obtenidos. Otro estudio realizados en suelos ácidos de piedemonte llanero de Colombia la TCC presentó datos superiores a 0,7 gMSdía<sup>-1</sup> y con similitud a los datos obtenidos por el T7 (Rincón et al., 2007). Según Murillo (2013) en condiciones del trópico húmedo de Santo Domingo donde se evaluó 5 genotipos de pasto incluido *Brachiaria decumbens*, la TCC alcanzó en época de verano 0,12 gcm<sup>2</sup>d<sup>-1</sup> y en invierno 0,08 gcm<sup>2</sup>d<sup>-1</sup>. Vélez (2013), obtuvo TCC en la evaluación crecimiento inicial de cinco variedades de *Brachiaria* en un programa de mejoramiento genético ovino en el trópico húmedo los 0,15 g cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. En el análisis de crecimiento inicial de cinco genotipos de *Brachiaria* en trópico húmedo TCC de *Brachiaria decumbens* 0,12 g cm<sup>2</sup>d<sup>-1</sup> (Garay et al., 2012). La TCC varía con relación a las condiciones donde se desarrolló el pasto y las enmiendas que se realizaron durante la investigación

#### 4.5 MACROINVERTEBRADOS

Para la prueba de comparación de media de los muestreos realizados en cada una de las parcelas (9 tratamientos) presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en un sistema silvopastoril con un nivel de significancia de  $p < 0,02$  entre los tratamientos. La variación de la macrofauna puede ser ocasionado por la provisión de sombra, contenido de materia orgánica entre otros factores (Escobar-Montenegro, Filella y Valdivia, 2017).

**Tabla 4**

*Media de la presencia de macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril, número de individuos por 0,0625 m<sup>2</sup> y 1m<sup>2</sup>*

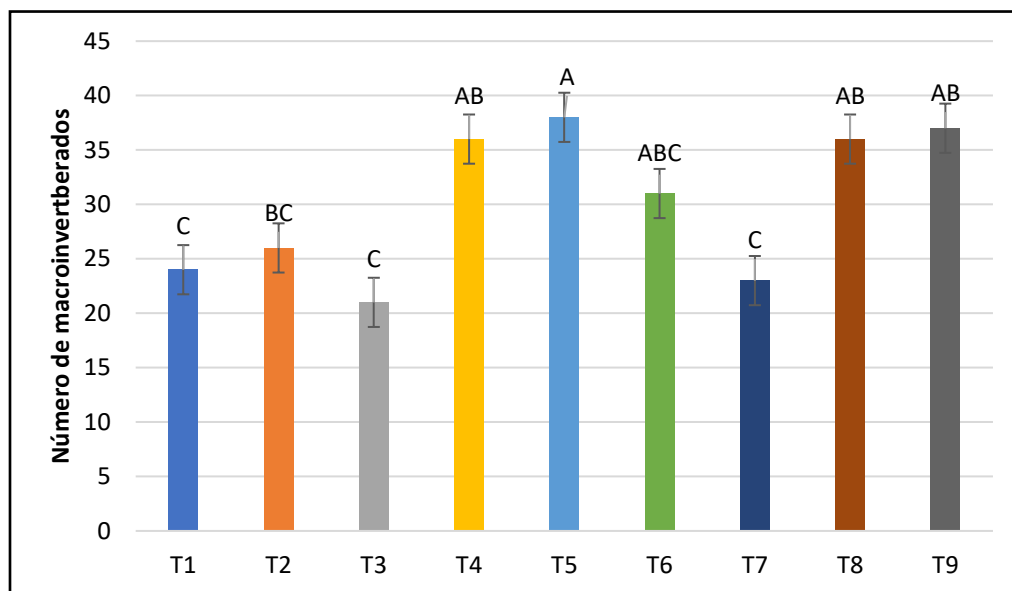
Tratamientos	0,0625 m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup>	Agrupación		
T5	38	608	A		
T9	37	592	A	B	
T4	36	576	A	B	
T8	36	576	A	B	
T6	31	496	A	B	C
T2	26	416	B		C
T1	24	384	C		
T7	23	368	C		
T3	21	336	C		
Total	272	4352			

*Nota.* Letras diferentes muestran diferencias estadísticas entre sus tratamientos,  $p < 0,05$  prueba de Tukey.

El número de macroinvertebrados > 2mm recolectados en el sistema silvopastoril dentro de los 9 tratamientos fue de 4352 individuos (Tabla 4), obteniendo mayor individuos por metros cuadrado (i.p.m<sup>2</sup>) el tratamiento 5 y difiere de los tratamientos T3, T7 y T1 presentaron menor número de individuos con 336, 368 y 384 i.p.m<sup>2</sup> respectivamente en comparación a los demás tratamientos. El T6 estadísticamente no presenta diferencia significativa con los demás tratamientos.

### Figura 9

*Presencia de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril, número de individuos por 0,0625 m<sup>2</sup>*



*Nota.* Barras con letras diferentes muestran diferencias estadísticas entre sus tratamientos,  $p < 0,05$  prueba de Tukey.

Los resultados obtenidos totales se asemejan al de Escobar-Montenegro A. et al., (2017); Vera, Congo, Velástegui, y Mejía, (2018); Chávez, Rodríguez, Benítez, Torres, Estrada, Herrera y Bruqueta, (2020) en el número de invertebrados en un sistema silvopastoril, por el contrario, Ortega S (2019); Hernández-Chávez, Ramírez-Suárez, Zurita-Rodríguez, y Boulandier (2020), presentaron resultados totales por debajo de los 840 macroinvertebrados datos que no coinciden con los resultados obtenidos en esta investigación, esta variación del número de individuos dentro de los sistemas silvopastoriles se debe a las características físico-químicas del suelo, las condiciones edafoclimáticas del sector, la provisión de sombra entre otros

factores donde se desarrolla la investigación. La variación de la macrofauna también se puede observar dentro del sistema silvopastoril, en los tratamientos que se encuentra bajo sombras y campo abierto presentaron diferencia en el número i.p.m<sup>2</sup>, estos datos también se ven reflejado en la investigación realizada por Escobar, Panadero, Medina, Álvarez, Tenjo, y Sandoval, (2020). que presentó a campo abierto 156 i.p.m<sup>2</sup> y 203 i.p.m<sup>2</sup> bajo árboles en un sistema silvopastoril. La alteración de la macrofauna también se debe a la intervención del ser humano al convertir los suelos en sistemas agrícolas intensivos perturbando el medio edáfico con el uso excesivo de labranza, agroquímicos entre otras actividades (Cabrera-Dávila, Socarrás-Rivero, Hernández-Vigoa, León-Lima, Menéndez-Rivero y Sánchez-Rendón 2017); (Caicedo, Benavides, Carvajal y Ortega 2018).

#### **4.6 VARIACIÓN DEL ANÁLISIS DEL SUELO EN TIEMPO.**

Para este estudio se tomaron en cuenta los diferentes niveles de altitud (baja, media y alta).

**Tabla 5**

*Características fisicoquímicas de los sitios muestreados con una profundidad de 15 cm en un sistema silvopastoril*

Análisis		Unidad	1 muestreo			2 muestreo			Niveles óptimos para pastos
			baja	media	alta	baja	media	alta	
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	29,8	31,4	32,7	21,5	27,2	29,4	5,15
	Textura		Suelo orgánico, parte mineral: Franca limosa						Franca arenosa hasta franca arcillosa
	Fracción de partículas	%	Parte Mineral: Arena 31% - Limo: 60% - Arcilla: 9%						
	Conductividad (CE)	mS/cm	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,2 - 0,5
	pH		6,2	5,9	5,9	6,3	5,9	5,9	5,5 - 7,5
Macronutrientes	(NO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	44,7	59,4	68,5	70,2	54,8	56,7	30 - 50
	Fósforo	mg/kg	8,4	9,6	8,1	12,5	13,4	11,6	20 - 35
	Potasio	mg/kg	125,1	121,3	134,2	70,5	68,5	74,5	125 - 250
	Magnesio	mg/kg	31,4	48,2	47,1	29,9	48,8	46,5	45 - 90
	Calcio	mg/kg	356	324	294	82,5	294	211	400 - 1200
	Azufre (SO <sub>4</sub> - S)	mg/kg	2,5	2,5	2,3	2,2	2,2	2	10 - 20
Micronutrientes	Hierro	mg/kg	545	538	545	342	368	316	20 - 50
	Manganeso	mg/kg	160	185	142	23	70,5	69	4 - 20
	Cobre	mg/kg	5,4	7,3	7,3	5,1	7,1	7	1,3 - 5
	Zinc	mg/kg	9,2	3,7	5,4	1,3	6	4,9	2,5 - 10
	Boro	mg/kg	0,24	0,2	0,25	0,17	0,2	0,16	0,15 - 0, 60
Peligro de Salinidad	Sodio	mg/kg	5,8	4,9	6,1	5,3	4,7	5,7	< 140
	Cloruro	mg/kg	3,9	3	4,7	3,5	2,1	4,6	< 210
	Sales totales	mg/kg	24,7	22,8	22,5	22,5	20,8	22,5	< 2000

El análisis del suelo realizado en el sistema silvopastoril hasta los 15 cm de profundidad presenta un suelo orgánico que es el principal elemento para el desarrollo de la macrofauna, el principal aporte de materia orgánica (MO) es proporcionado por los árboles (hojarasca) que se puede observar especialmente en la parte alta de la loma y que representa 32,7 y 29,4 % MO. Las características físicas del suelo presentan una fracción de partículas de un 31% Arena, 60% limosa y 9% Arcilla considerándola un suelo Franco Limosa en la que se adaptó muy bien pasto *Brachiaria decumbens*.

La fertilidad química del suelo en los diferentes muestreos (Tabla 5) muestra un pH medianamente ácido, el pH del suelo es debido a los diversos grupos activos que aportan grados de acidez, con un bajo contenido de salinidad (sodio, cloruro y sales totales) que son los causantes de ocasionar problemas de absorción de los elementos del suelo por la planta (antagonismo iónico). Conductividad Eléctrica (CE), según Rebolledo (2017), es influenciado por el contenido de sales disueltas en el medio, entre mayor sea el contenido de sales minerales mayor será CE y al mismo tiempo traerá consecuencia al rendimiento del cultivo. Según laboratorio de AGRARPROJEKT S.A. (2022), la salinidad y CE se encuentra dentro del rango aceptable para el pasto.

Las disponibilidades de los macronutrientes como (NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>)-N, fósforo, potasio y calcio mostraron bajos niveles en cada uno de los muestreos realizados, estos resultados están relacionados al nivel bajo de pH, que evita la liberación de dichos elementos, otro factor son las fuerte condiciones de lavado de bases por las altas precipitaciones (Huerta, Valier, Romero y Jarquin 2017). El aumento del fosforo del muestreo 1 al 2 según Lucero et al. (2017) señalan que el movimiento del fósforo aumenta con el contenido de agua del suelo.

Segun Gomes, (2011); Silva, (2018), *Brachiaria decumbens* tiene tolerancia a los metales pesados Cd, Pb, Zn y Cu, no obstante, los porcentaje en el análisis de suelos son menores y tolerante para el desarrollo del pasto (Martínez, González, Paternina, y Cantero 2017). Arango, (2020), los micronutrientes son parte esenciales para el desarrollo de la planta y no puede ser remplazado por otro elemento. El hierro y manganeso son los elemento más abundante como se puede observar en la Tabla 5, pero no se observó efecto negativo en el desarrollo de pasto y macrofauna. La disponibilidad de boro se encuentra en el rango óptimo y en todas las formas son solubles (Valdez, 2019). Un alto contenido de cobre nos indica que existe contaminación severa cuando alcanzan concentraciones de 190 mg/kg, no obstante, en trabajos previo el pasto *Brachiaria decumbens* mostró potencial en suelos contaminados con cobre hasta los 45,52 mg Kg<sup>-1</sup> (Martínez, 2017; Silva, C. 2018).

## 4.7 CORRELACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS Y DINÁMICA DE CRECIMIENTO DEL PASTO.

Mediante la prueba de correlación de Pearson con un nivel de significancia 0,01 realizada a los macroinvertebrados > 2 mm y la tasa de crecimiento de cultivo nos proporcionó los niveles críticos afirmando que existe correlación significativa de 0,001 (Tabla 6)

**Tabla 6**

*Correlación de la macrofauna y tasa de crecimiento del cultivo.*

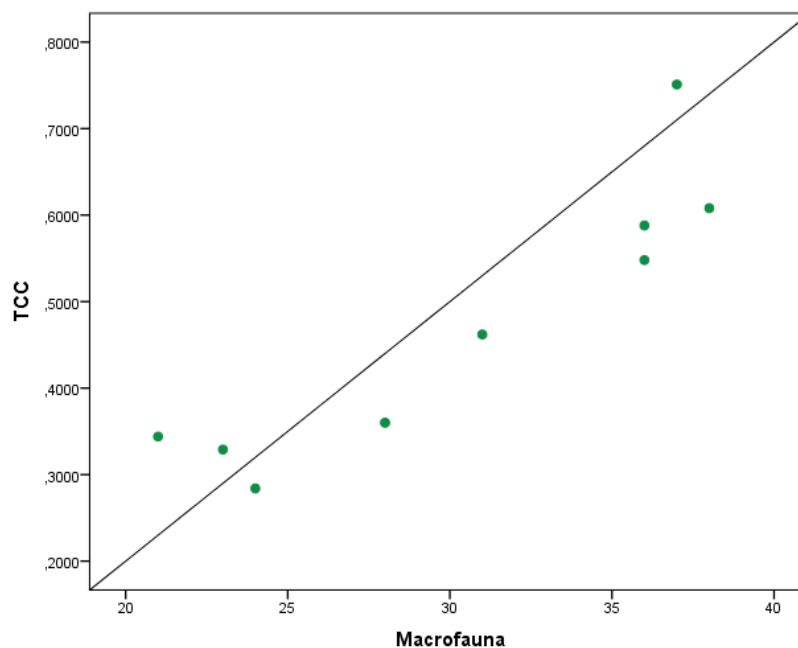
	Datos	Macrofauna	TCC
Macrofauna	Correlación de Pearson	1	,911**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	9	9
TCC	Correlación de Pearson	,911**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	9	9

Nota: \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Podemos observar que presenta correlación positiva de 0,911\*\*, demostrando que la presencia y variación al número de los macroinvertebrados > 2mm en el suelo afecta a la tasa de crecimiento del cultivo

**Figura 10**

Diagrama de correlación de la macrofauna y la tasa de crecimiento del cultivo





En la Figura 10 muestra una relación positiva entre las dos variables evaluadas, determinando que la tasa de crecimiento del pasto aumentará o disminuirá en relación con el número de macroinvertebrados > 2mm presente en el suelo. Estudios realizados a diferentes especies de macroinvertebrados en relación con diferentes rendimientos agrícolas, demostraron la importancia y los beneficios a corto y largo plazo que pueden tener, sin embargo, la falta de investigaciones sobre los efectos en la variación en el número de macroinvertebrados > 2mm en el suelo en relación con el crecimiento de la planta es muy limitado.

Un estudio donde se eliminó toda la macrofauna presente en el suelo para incluir 3 especies lombrices para determinar los beneficios en el desarrollo del cultivo de maíz donde *Lavello-drilus bonampakensis* presento efecto en la altura de maíz, *Balanteodrillus pearsei* promueve en contenido de N en las hojas y *Pontoscolex corethrurus* relacionadas a los altos contenidos materia orgánica (Huerta et al., 2017). Una inoculación con *Pontoscolex corethrurus*, la incorporación de cosecha y abono de leguminosas mejora la producción en los sistemas tradicionales (maíz, arroz y caupí) evaluados a largo plazo (Pashanasi-Amasifuen, Lavelle y Alegre 1994).

Según Masters (2004), no todos los niveles de macrofauna son benéficos, una variación de herbivoría de raíces tendría efecto positivo, negativo o simplemente no afectaría al crecimiento de la planta y que este efecto estaría más relacionado contenido de nutrientes disponibles en el suelo. Aunque los macroinvertebrados no están relacionados directamente con el crecimiento pasto, cumple con la función de mejorar las condiciones del suelo donde se desarrolla el pasto como la aireación, infiltración y distribución del agua, la mezcla de la materia orgánica con el suelo entre factores (Apráez et al., 2012). La macrofauna del suelo es importante en el estudio de la fertilidad, al intervenir en diferentes procesos de formación y relacionarse con la asimilación de micro y macroelementos por parte de las plantas (Lavelle, 1996; Ruiz, Lavelle y Jiménez, 2008).

La presencia de macroinvertebrados en el desarrollo del pasto *Brachiaria decumbens* se debe a que los organismos fragmentan la hojarasca y mediante el proceso de digestión formando pequeños componentes que estimulan la acción microbiana para la formación de nutrientes que luego aprovecha el pasto. La presencia de coleópteros de la familia *Scarabaeidae* son los principales recicladores de las excretas en los pastizales y disminución de la carga parasitaria (Medina, García, Moratinos, Clavero, y Iglesias, 2011). Las gallinas ciegas o larvas de coleópteros, aunque se los considera una plaga es un claro ejemplo de la importancia de los macroinvertebrados debido que su alimentación es base de raíz y MO, liberando heces

nitrogenadas, por lo que se demostró mediante estudios que este organismo por lo natural se encuentra en suelos ricos en nitrógenos y MO (Castro, 2015).

## CONCLUSIONES

- En el rendimiento de Índice Área Foliar y Área Foliar variaron durante los 45 días de estudios por las condiciones edafoclimáticas. La Tasa de Asimilación Neta en el T1 presentó (9,29 g\*cm<sup>2</sup>\*d) siendo el mejor rendimiento en la eficiencia del follaje para asimilación fotosintética, mientras que el T9 con 0,751 g\*m<sup>2</sup>\*d obtuvo mayor ganancia de biomasa vegetal con relación a la Tasa de Crecimiento del Cultivo.
- La macrofauna varió en las parcelas en relación con la presencia de Materia Orgánica, humedad del suelo entre otros factores, obteniendo con mayor número de macrofauna el T5 con 608 individuos por metros cuadrado y el T3 con el menor número de individuos por metros cuadrado con 336.
- El suelo del sistema silvopastoril presentó un pH ácido de 5,9 a 6,3, con alto contenido de Materia Orgánica, con pérdidas de varios elementos por lixiviación y consumo de planta (K, Mg, C, S, Fe, Mn, Cu, Zn y Br) y un aumento P y N; la conductividad eléctrica se mantuvo 0,3 mS/cm debido que no vario mucho las sales totales del suelo.
- La Tasa de crecimiento del pasto *Brachiaria decumbens* tiene una correlación positiva fuerte con (0,911) en relación con la presencia de los macroinvertebrados > 2 mm en el sistema silvopastoril.

## RECOMENDACIONES

- La investigación demostró que existe una correlación entre el crecimiento del pasto *Brachiaria decumbens* y la presencia de macroinvertebrados > 2mm. Por lo tanto, se podría determinar que especie aportan los benéficos tanto al suelo como al pasto.
- Efectuar una siembra del pasto *Brachiaria decumbens* con una gramínea y frecuencia de pastoreo, para el estudio del rendimiento en el tiempo y el proceso de renovación de nutrientes en condiciones amazónicas.
- Realizar estudios de los beneficios de los macroinvertebrados al suelo que nos permita disminuir el uso de agroquímicos en sistema silvopastoriles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apráez Guerrero J E, Gálvez Cerón A, Tapia E, Jojoa L, León J, Zambrano D, Zambrano H R, Obando V and Aux Moreno Y 2012: Determinación de los factores edafoclimáticos que influyen en la producción y calidad del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones de no intervención. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 24, Article #42. <http://www.lrrd.org/lrrd24/3/apra24042.htm>
- Arango, E. (2020). Análisis de la humedad del suelo en el cultivo de caña de azúcar en el Valle del Cauca con sensores de radar de apertura sintética (SAR) [Tesis obtención de título Agronomo, Universidad Nacional Abierta y a Distancia Cead Palmira].
- Borges, da Silva, Lucas, & da Silva W. (2011). Relationship between luminous flux intercepted at different times in leaf area index of different forages. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(4), 1589-1594.
- Cabrera-Dávila, G. D. L. C., Socarrás-Rivero, A. A., Hernández-Vigoa, G., Ponce de León-Lima, D., Menéndez-Rivero, Y. I., y Sánchez-Rendón, J. A. (2017). Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra, en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 118-126.
- Caicedo Rosero, D. M., Benavides Rosales, H. R., Carvajal Pérez, L. A., y Ortega Hernández, J. P. (2018). Población de macrofauna en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera: análisis preliminar. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 77-85.
- Campos, D. S., Tavares de Castro, C. R., Miranda Gomide, C. A. De, Beligoli Fernandes, P., Duarte da Rocha, W. S., Dias Müller, M., & Pereyra Rossiello, R. O. (2010). Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. *Scientia Agricola*, 67(5), 598–603. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162010000500014>
- Castro, J. H. (2015). Evaluación del cultivo de sábila y distribución espacial de macroinvertebrados del suelo, en el centro-norte de Campeche (Doctoral dissertation, El COLEGIO DE LA FRONTERA SUR). [https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1400/1/100000057058\\_documento.pdf](https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1400/1/100000057058_documento.pdf)

- Cedeño y Collahuazo (2020). Tasa de crecimiento de tres gramíneas en la finca los tres potrillos (Bachelor's thesis, Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Chávez, L., Rodríguez, I., Benítez, D., Torres, V., Estrada, W., Herrera, M. y Bruqueta, D. (2020). Caracterización de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma. Riqueza y abundancia. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(4), 599-609.
- Coloma Panata, R. E. (2015). Evaluación del comportamiento forrajero de la *Brachiaria decumbens* (Pasto dalis), con la aplicación de diferentes niveles de micorrizas y una base estándar de abono orgánico (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Conrado, Lopes, Cândido, Santos-Neto, Morais, Torres, Nascimento & Carneiro (2021). Characterization of *Brachiaria decumbens* “Basilisk” pasture subjected to flexible grazing by sheep. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 81(3), 338–350. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392021000300338>
- Cuellar, J. (2018). Interpretación de los valores que entrega el coeficiente de correlación. Researchgate. [https://www.researchgate.net/figure/Figura-23-Interpretacion-de-los-valores-que-entrega-el-coeficiente-de-correlacion-de\\_fig2\\_330448962](https://www.researchgate.net/figure/Figura-23-Interpretacion-de-los-valores-que-entrega-el-coeficiente-de-correlacion-de_fig2_330448962)
- DIAS-FILHO, & Carvalho (2000). Physiological and morphological responses of *Brachiaria spp.* to flooding. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 1959-1966.
- Durán, E. H., Rodríguez, L., y Suárez, J. C. (2018). Relación entre macroinvertebrados y propiedades del suelo bajo diferentes arreglos agroforestales en la Amazonia-Andina, Caquetá, Colombia. *Acta Agronómica*, 67(3), 395–401.
- Escobar, M. I., Panadero, A. N., Medina, C. A., Álvarez, J. D. C., Tenjo, A. I., y Sandoval, L. M. B. (2020). Efecto de prácticas agroecológicas sobre características del suelo en un sistema de lechería especializada del trópico alto colombiano. *Development*, 32, 4. [https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Medina-10/publication/340998749\\_Efecto\\_de\\_practicas\\_agroecologicas\\_sobre\\_caracteristicas\\_del\\_suelo\\_en\\_un\\_sistema\\_de\\_lecheria\\_especializada\\_del\\_tropico\\_alto\\_colombiano/links/5ea91120a6fdcc705097830a/Efecto-de-practicas-agroecologicas-sobre-](https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Medina-10/publication/340998749_Efecto_de_practicas_agroecologicas_sobre_caracteristicas_del_suelo_en_un_sistema_de_lecheria_especializada_del_tropico_alto_colombiano/links/5ea91120a6fdcc705097830a/Efecto-de-practicas-agroecologicas-sobre-)

- Escobar-Montenegro, A., Filella, J. B., y Valdivia, N. A. G. (2017). Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Esteli*, (22), 39-49. <https://rcientificaesteli.unan.edu.ni/index.php/RCientifica/article/view/1399/1478>
- Espinosa, M. V., De la Ribera, J. R., Acosta, I. L., y Igarza, A. (2006). Rendimiento, caracterización química y digestibilidad del pasto *Brachiaria decumbens* en las actuales condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(5), 1-6.
- Estrada, I. R., Hidalgo, C., Guzmán, R., Almaraz, J. J., Navarro, H., & Etchevers, J. D. (2017). Soil quality indicators to evaluate soil fertility. *Agrociencia*, 51(8), 813–831.
- Fortes, Herrera, García, Cruz, & Romero (2015). Pennisetum purpureum cv. Cuba CT-115 used as biomass bank. Morphophysiological indicators. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(4), 521-527.
- Garay J., Cancino, S., Zarate-Fortuna, P., Ibarra-Hinojosa, Ortega C., Gonzalez, & Cienfuegos-Rivas (2017). Dry matter accumulation and crude protein concentration in *Brachiaria spp.* cultivars in the humid tropics of Ecuador. *Tropical Grasslands-Forrajeras Tropicales*, 5(2), 66-76.
- Garay J., Cienfuegos, Espinoza, Zárate y Ibarra (2012). Análisis de crecimiento de cinco genotipos de *Brachiaria* en Trópico Húmedo. *TsaFiqui-Revista de Investigación Científica* 3:83-93.
- Gomes M. (2011). Ecophysiological and anatomical changes due to uptake and accumulation of heavy metal in *Brachiaria decumbens*. *Scientia Agricola* [online]., v. 68, n. 5 [Accessed 7 July 2022] , pp. 566-573. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000500009>>. Epub 03 Oct 2011. ISSN 1678-992X. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000500009>.

- Guinchard R. (1991). Approche biocénotique du système sol par l'étude du peuplement de larves d'insectes (première contribution). *Revue D'écologie et de Biologie du Sol* 28(4): 479-490.
- Gutiérrez-bermúdez, C. C., Mendieta-araica, B. G., y Noruega-Talavera, Á. J. (2020). Composición trófica de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos en el Corredor Seco de Nicaragua. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 32–40.
- Hernández, B., Ramírez, M., Zurita, A., & Navarro, B. (2020). Biodiversity and abundance of the edaphic macrofauna in two animal husbandry systems in Sancti Spíritus, Cuba. *SCIELO*, 43(1), 18–25.
- Hernández-Chávez, M. B., Ramírez-Suárez, W. M., Zurita-Rodríguez, A. A., y Boulandier, M. N. (2020). Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 18-25. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000100018&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000100018&script=sci_arttext&tlng=en)
- Huerta E., Valier O., Romero D. y Jarquin A., (2017). Efecto de tres especies de lombrices en la fertilidad del suelo y el crecimiento inicial del maíz (*Zea mays*). *Acta zoológica mexicana*, 26(spe2), 219-226. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372010000500017&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500017&lng=es&tlng=es).
- Internacional Organization for Standardization, (2009). ISO 11277 Soil quality — Determination of particle size distribution in mineral soil material — Method by sieving and sedimentation. <https://www.sis.se/api/document/preview/911500/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2020). Instructivo de ensayo fósforo reactivo disuelto método del ácido ascórbico sm 4500-p c. <http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/35488871/M-S-LC-I020+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO+DETERMINACI%C3%93N+F%C3%93SFORO+SOLUBLE+v4.pdf/df033e42-5476-45e2-b598-ccb833f49dc6?version=1.0>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2015). Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas INIA Tacuarembó. Inia, 19. <Http://inia.uy/Documentos/Públicos/INIA Tacuarembó/2015/El Suelo 20 de mayo.pdf>

- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2018). Agroforestería Sostenible Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, N ° 2. 11. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5453/1/Por qué son frágiles los suelos de la amazonia ecuatoriana.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5453/1/Por%20qu%C3%A9%20son%20fr%C3%A1giles%20los%20suelos%20de%20la%20amazonia%20ecuatoriana.pdf)
- Lalinde, J. D. H., Castro, F. E., Rodríguez, J. E., Rangel, J. G. C., Sierra, C. A. T., Torrado, M. K. A., ... y Pirela, V. J. B. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595.
- Lavelle, P., 1996. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biology International*. 33, pp, 3-16.
- Lavelle, P. & A. Spain. 2001. Soil ecology. Kluwer Scientific Publications, Dordrecht, Amsterdam. pp. 211-239.
- López-Sandoval, José A., Morales-Rosales, Edgar J., Vibrans, Heike, y Morales-Morales, Edgar J.. (2018). Tasa de asimilación neta y rendimiento de physalis bajo cultivo en dos localidades. *Revista fitotecnica mexicana*, 41(2), 187-197. Epub 25 de septiembre de 2020. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.187-197>
- Lucero, D. S. Á., Huera, T., Barroso, R., Changoluisa, D., Ibarra-Tellez, E., Alemán, R., & Bravo, C. (2017) Caracterización de la fertilidad química en un suelo manejado con el cultivo de la papachina (*Colocasia esculenta*) en el sector Cajabamba, provincia Pastaza. In *Simposio internacional sobre Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria—Ecuador 2017* (p. 86). [https://www.researchgate.net/profile/Richard-Barroso-Tagua/publication/329153802\\_La\\_fertilidad\\_del\\_suelo\\_como\\_un\\_Servicio\\_Ecosistemico\\_en\\_cultivo\\_de\\_cacao\\_Theobroma\\_cacao\\_L\\_en\\_la\\_provincia\\_de\\_Napo/links/5bf8313d92851ced67d275fa/La-fertilidad-del-suelo-como-un-Servicio-Ecosistemico-en-cultivo-de-cacao-Theobroma-cacao-L-en-la-provincia-de-Napo.pdf#page=84](https://www.researchgate.net/profile/Richard-Barroso-Tagua/publication/329153802_La_fertilidad_del_suelo_como_un_Servicio_Ecosistemico_en_cultivo_de_cacao_Theobroma_cacao_L_en_la_provincia_de_Napo/links/5bf8313d92851ced67d275fa/La-fertilidad-del-suelo-como-un-Servicio-Ecosistemico-en-cultivo-de-cacao-Theobroma-cacao-L-en-la-provincia-de-Napo.pdf#page=84)
- Manrique Luna, D. L. Número de hojas verdes por macollo como criterio para determinar el momento óptimo de cosecha en pasturas de *Brachiaria decumbens* del piedemonte Araucano. *Departamento de Ciencias para la Producción Animal*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76172/DianaL.ManriqueLuna.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Martinez, F. (2021). Ficha Técnica Pasto Peludo (*Brachiaria decumbens*). <https://infopastosyforraj.es.com/pasto-de-pastoreo/pasto-peludo-brachiaria-decumbens/>
- Martínez Z., González, M., Paternina, J., y Cantero, M. (2017). Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Colombia. *Temas Agrarios*, 22(2), 2017. <https://doi.org/10.21897/rta.v22i2.941>
- Martín, N. J, y Pérez, G. (2009). Evaluación agroproductiva de cuatro sectores de la provincia de Pastaza en la Amazonía ecuatoriana. *Cultivos Tropicales*, 30(1), 00. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362009000100003&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000100003&lng=es&tlng=es).
- Medina, María G, García, Danny E, Moratinos, Pedro, Clavero, Tyrone, y Iglesias, Jesús M. (2011). Macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles con *Morus alba*, *Leucaena leucophala* y pastos. *Zootecnia Tropical*, 29(3), 301-312. Recuperado en 27 de abril de 2022, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692011000300006&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692011000300006&lng=es&tlng=es)
- Murillo (2013). Producción y calidad de cinco genotipos de *Brachiaria* en el trópico húmedo del Ecuador. Tesis de Ingeniería. Ciencias de la Ingeniería e Industrias. Recuperado en 05 de Julio de 2022, de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/19858>
- Nafarrate-Hecht, A. C. (2017). *Estimación directa e indirecta del índice de área foliar (IAF) y su modelación con LiDAR en un bosque tropical seco de Yucatán* (Doctoral dissertation, Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC, Mérida, Yucatán, México).
- Ortega Hernández, J. P. (2019). Determinación de la diversidad de la macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles con aliso (*Alnus acuminata*), acacia (*Acacia melanoxylon*) y un pastizal convencional como indicador biológico (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica Estatal del Carchi). Obtenido: <http://190.15.129.74/bitstream/123456789/779/1/INFORME.FINAL.MACROFAUNA.JESSICA.ORTEGA.pdf>
- Pashanasi-Amasifuen, B., Lavelle, P., y Alegre, J. (1994). Efecto de lombrices de tierra (*Pontoscolex corethrus*) sobre el crecimiento de cultivos anuales y características físicas y químicas en suelos de Yurimaguas. *Folia amazónica*, 6(1-2), 5-46.

- Pérez, J. J. R., Martínez, Y. M., Murillo, R. A. L., y Verdecía, D. M. (2020). Rendimiento y composición bromatológica de tres variedades de *Brachiaria* en dos zonas de Ecuador. 54(3), 413–424.
- Portes, Carvalho, Oliveira & Kluthcouski (2000). Análise do crescimento de uma cultivar de *Braquiária* em cultivo solteiro e consorciado com cereais. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 35, 1349-1358.
- Ramírez de la Ribera, J., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdezia, D., Chacón, E., Acero, Y., Labrada, Ch. y Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de pastos. REDVET. Volumen 18 n° 6. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63651420007.pdf>
- Rebolledo S. (2017). Conductividad eléctrica y salinidad. Obtenido de <https://www.redagricola.com/cl/conductividad-electrica-salinidad/>
- Reyes, J., Méndez, Y., Luna, R., y Macias, R. (2019). Quality of three *Brachiaria* varieties in Guayas area, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(2), 177–187.
- Rincón, Á., Ligarreto, G. A., & Sanjuanelo, D. (2007). Crecimiento del maíz y los pastos (*Brachiaria sp.*) establecidos en monocultivo y asociados en suelos ácidos del piedemonte llanero colombiano. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 264-272.
- Rincón Castillo, A., Ligarreto Moreno, G. A., & Garay, E. (2008). Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias ya dos intensidades de defoliación en condiciones del Piedemonte llanero colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4336-4346.
- Robinson, J. B. D. (1994). *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. Edited By JM Anderson and JSI Ingram, with 13 appendices by various authors. Wallingford, Oxfordshire: CAB International (1993), pp. 221, £ 19.95. ISBN 0-85198-821-0. *Experimental Agriculture*, 30(4), 487-487.
- Ruiz, N., Lavelle, P. y Jiménez, J., (2008). Soil macrofauna field manual. Institut de recherche pour le développement. FAO
- Sarabia, M., y Pilamala, L. (2020). Dinámica de crecimiento en la asociación del pasto dallis (*brachiaria decumbens*), y mani forrajero (*arachis pintoi*) bajo diferentes dosis de abono orgánico en el CIPCA [Obtención de título Ingeniero Agropecuario, Universidad Estatal

Amazónica].

<https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/734/T.AGROP.B.UEA.1159.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Silva, C. (2018). Growth of *Brachiaria decumbens* in Latosol contaminated with copper. *Ciência e Agrotecnologia* [online], v. 42, n. 2 [Accessed 8 July 2022] , pp. 168-175. <https://doi.org/10.1590/1413-70542018422030317>.

Silva, I. C., Rocha, C., Rocha, M. C., & Sousa, C. M. (2018). Growth of *Brachiaria decumbens* in Latosol contaminated with copper. *Ciência e Agrotecnologia*, 42, 168-175.

Silva H., Arriagada C. y Baginsky C., (2017) Efecto de la fecha de siembra en la tasa de crecimiento relativo, tasa de asimilación neta y parámetros derivados en Chia (*Salvia hispanica* L.) establecida en la Región Metropolitana, Chile.

Sousa, Passos, Martinhão, Fernandes, Herling, Cerqueira & Pereira (2017). Composição morfológica e índice de área foliar de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk de acordo com níveis de fertilização. *Anais*.

Unda, S. B., Alava, A. C., Espinoza, M. U., Leon, J. B., y Gorotiza, A. C. (2020). Evaluación del método de ignición para determinar materia orgánica en suelos de la provincia el oro-ecuador. *Fave: Sección Ciencias Agrarias*, 19(2), 25-36. <file:///C:/Users/COMPUMEGA/Documents/9747-Texto%20del%20art%C3%ADculo-30260-1-10-20201113.pdf>

Valdez, S. I. (2019). Complejos de micronutrientes: caracterización y factores que influyen en su eficacia como fertilizantes (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Madrid). [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/690381/islas\\_valdez\\_samira.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/690381/islas_valdez_samira.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vargas Canchanya, D. E. (2017). Adaptación de macroinvertebrados bentónicos a condiciones extremas: respuesta de biomarcadores de exposición a metales y radiación UV-B en la zona altoandina de la subcuenca Quillcay (Huaraz, Ancash).

Vargas, Y., Nicolalde, J., Calero, A., y Vizuete, O. (2018). Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, N ° 2.

Vélez (2013). Estudio del crecimiento inicial de cinco variedades de *Brachiaria* en un programa de mejoramiento genético ovino en el trópico húmedo del Ecuador. Tesis

Ingeniería. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Recuperado en 05 de julio de 2022, de [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19848/1/6711\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19848/1/6711_1.pdf)

Vera, A., Congo, C. D., Velástegui, F. J., y Mejía, M. J. (2018). Importancia de los sistemas silvopastoriles en el desarrollo de la macrofauna terrestre.

Villalobos, F.J., Ortiz-Pulido, R., Moreno, C., Pavón-Hernández, N.P., Hernández-Trejo, H., Bello, J., y Montiel, S.. (2000). Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea maiz* durante la fase postcosecha en "La Mancha", Veracruz, México. *Acta zoológica mexicana*, (80), 167-183. Recuperado en 04 de enero de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372000000200009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372000000200009&lng=es&tlng=es).

Villegas, L. (2020). Adaptación y producción de tres variedades de pastizales del género *Brachiaria* en el cantón milagro, Provincia del Guayas. [Universidad Agraria del Ecuador]. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VILLEGAS BALANTE LUIS ALFREDO.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VILLEGAS_BALANTE_LUIS_ALFREDO.pdf)

Wolters, V. & K. Ekschmitt. 1997. Gastropods, Isopods, Diplopods, and Chilopods: Neglected groups of the decomposer food web. pp. 265-306. In: Benckiser, G. (ed.). Fauna in soil ecosystems: recycling processes nutrient fluxes and agricultural production. Marcel Dekker, Inc., New York

## ANEXOS

**Tabla 7.** Cuadro de registro de la ubicación de la muestra de los macroinvertebrados

Muestra		Variables		Estratos del suelo	Número de macroinvertebrados total	Descripción de la capa superficial del suelo
		Latitud	longitud			
		Latitud	longitud	0 -15 cm		
		Latitud	longitud	0 -15 cm		
		Latitud	longitud	0 -15 cm		
		Latitud	longitud	0 -15 cm		
		Latitud	Longitud	0 -15 cm		
		Latitud	Longitud	0 -15 cm		
		Latitud	Longitud	0 -15 cm		
		Latitud	longitud	0 -15 cm		





**Figura 11.-** Toma de muestra del suelo



**Figura 12.-** Contabilización de fauna >2 mm




**Figura 13.-** Toma de parámetros ambientales



**Figura 14.-** propagación del material vegetativo



**Figura 15.-** Establecimiento de las 9 parcelas

 <b>ACOMPañANTE DE MUESTRA</b>	
<b>PERSONA DE CONTACTO:</b> _____ <b>NÚMERO DE CONTACTO:</b> _____	
<b>DATOS PARA FACTURACIÓN</b> <b>NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:</b> _____ <b>CÉDULA O RUC:</b> _____ <b>DIRECCIÓN:</b> _____ <b>TELÉFONO:</b> _____ <b>CORREO ELECTRÓNICO:</b> _____	
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b> <b>CULTIVO:</b> _____ <b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:</b> _____ <small>(zona, # lote, bloque, variedad, etc.)</small>	
<b>TIPO DE ANÁLISIS</b>	
<input type="checkbox"/> <b>Suelo 1 - Cultivos con Sistema de Fertiriego</b> <small>(Método Vol. 1:2 - Extracto en agua, incluye pH, C.E., macro y micronutrientes)</small>	<b>Análisis Extras</b> <input type="checkbox"/> Materia Orgánica <input type="checkbox"/> CIC - Capacidad de Intercambio Catiónico <input type="checkbox"/> % Saturación de Bases + CIC <input type="checkbox"/> Textura - Fracción de Partícula <input type="checkbox"/> Acidez y Aluminio Intercambiable Otros: <input type="checkbox"/> Molibdeno <input type="checkbox"/> Silicio <input type="checkbox"/> Bicarbonatos
<input type="checkbox"/> <b>Suelo 2 - Cultivos sin Sistema de Fertiriego</b> <small>(Método Tradicional - Extract. Químicos, incluye pH, C.E., macro y micronutrientes, Materia Orgánica)</small>	<b>Análisis Extras</b> <input type="checkbox"/> % Materia Seca <input type="checkbox"/> FAD - Fibra Ácida Detergente <input type="checkbox"/> FND - Fibra Neutra Detergente Otros: <input type="checkbox"/> Cloruros <input type="checkbox"/> Silicio <input type="checkbox"/> Molibdeno
<input type="checkbox"/> <b>Sustrato</b> (Método Vol. 1:1,1/2 - extracto en agua, incluye pH, C.E., macro y micronutrientes)	<input type="checkbox"/> <b>Abono Orgánico Sólido</b> <input type="checkbox"/> <b>Abono Orgánico Líquido</b> <input type="checkbox"/> <b>Nemátodos</b>
<input type="checkbox"/> <b>Follaje</b> (Incluye N-Total, macro y micronutrientes)	
<input type="checkbox"/> <b>Agua de Riego</b> <input type="checkbox"/> <b>Agua de Fertiriego</b> <input type="checkbox"/> <b>Fertilizante</b>	
<b>FIRMA:</b> _____ <small>Para más información comuníquese al 022 490575 / 098 4034148 o visite nuestra página web: <a href="http://www.agrarprojekt.com">www.agrarprojekt.com</a></small>	

**Figura 16.-** Guía para el envío de las muestras de suelo al laboratorio AGRARPROJEKT S.A.