

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
SEDE ATENAS

Ingeniería en Sistemas de Producción animal

Determinación de nutrientes en hojas y tallos en la edad fenológica de mayor calidad del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), en la zona de Patio de Agua, Coronado, Costa Rica.

Tesis para optar al grado de licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Producción animal

Silvia Vargas Solís

Atenas, Costa Rica

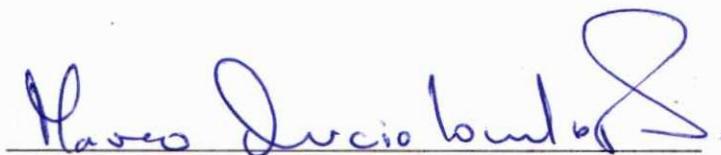
2019

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Producción Animal.



César Solano Patiño
Director de Carrera



Marco Vinicio Corrales Soto
Tutor del TFG



Luis Alejandro Rodríguez Campos
Lector TFG



Marco Castro Calderón
Lector TFG



Victor Quesada Bolaños
Representante del sector empresarial

Acta de Aprobación



Sede Atenas

ACTA

A los 12 días del mes de junio del año 2021, estando presentes por medio de videoconferencia desde diversas locaciones del país, las siguientes personas: Marco Vinicio Corrales Sotos, Luis Alejandro Rodríguez Campos, Marco Castro Calderón y César Solano Patiño, en su condición de miembros del Tribunal Evaluador, para evaluar el Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Sistemas de Producción Animal, de la estudiante **Silvia Vargas Solís**, cédula de identidad número 207250037.

Reunido el Tribunal Evaluador y el aspirante, éste procedió a defender su Trabajo Final de Graduación: "**Determinación de nutrientes en hojas y tallos en la edad fenológica de mayor calidad del pasto kikuyo (Kikuyuocloa clandestina), en la zona de Patio de Agua, Coronado, Costa Rica**"

Concluida la defensa del Trabajo Final de Graduación, el Tribunal Evaluador consideró que de conformidad con la normativa en la materia, el estudiante obtuvo una calificación de 89, cumpliendo con las exigencias requeridas para la aprobación del Trabajo Final de Graduación y le es conferido el grado de Licenciado en Ingeniería en Sistemas de Producción Animal.

Nombres y firmas del tribunal y el estudiante:

César Solano Patiño (Director de Carrera)

Marco Vinicio Corrales Soto (Tutor)

Marco Castro Calderón (Tutor)

Luis Alejandro Rodríguez Campos (Lector)

Victor Quesada Bolaños (Representante del Sector Productivo)

Silvia Vargas Solís (Estudiante)

The image shows four handwritten signatures in blue ink, each written over a horizontal line. The signatures are: 1. César Solano Patiño, 2. Marco Vinicio Corrales Soto, 3. Marco Castro Calderón, and 4. Silvia Vargas Solís. The signatures are written in a cursive style.

DECLARACIÓN JURADA

Yo Silvia Vargas Solís portadora de la cédula de identidad número 2-0725-0037 y estudiante de la Universidad Técnica Nacional (UTN), en la carrera de Ingeniería en Sistemas de Producción animal, conocedora de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante el (la) Director (a) de Carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juro solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original respetando las leyes y que ha sido elaborada siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional (UTN) así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Atenas, a los veinte días del mes de octubre del dos mil veintiuno.



Silvia Vargas Solís

Cédula 207250037

Dedicatoria

A Dios, por darme la sabiduría, fortaleza y perseverancia para alcanzar todas las metas en mi vida.

A mis padres, Jose David Vargas Solís y Grace María Solís Rojas por creer en mí y motivarme a alcanzar mis sueños.

Agradecimientos

A Marco Castro Calderón, por haber propuesto el tema de tesis, por su tiempo, motivación, paciencia, disposición y por todas las explicaciones.

A Marco Vinicio Corrales Soto quien fue director de la tesis, por todos los aportes y consejos brindados.

A Luis Alejandro Rodríguez Campos por brindarme apoyo, disposición y su conocimiento.

A Alejandro Ureña Sánchez por la disposición, por compartir su conocimiento y por todas las explicaciones.

Al laboratorio de suelos del INTA y a su personal por brindarme apoyo durante el desarrollo de la tesis.

A mis familiares, en especial a mi hermano y colega Adrián David Vargas Solís por incentivar me a estudiar y por sus consejos.

A mis compañeros y amigos de la Universidad Técnica Nacional, los cuales han sido ejemplo de perseverancia y superación.

A la finca Pontevedra por su recibimiento, disposición y amabilidad durante el desarrollo de la tesis.

Lista de abreviaturas

°C	Grados Celsius
Cm	Centímetros
MS	Materia seca
Ha	Hectárea
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INTA	Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
m ²	Metros cuadrados
mm	Milímetros
Pp	Precipitación
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
Ca	Calcio
K	Potasio
Mg	Magnesio
Mn	Manganeso
Zn	Zinc
Fe	Hierro
P	Fósforo
Cu	Cobre
RHT	Relación hoja: tallo
Juli-17	17 de julio
Agos-9	9 de agosto
Seti-2	2 de setiembre
Seti-26	26 de setiembre
Octu-18	18 de octubre

Resumen

Con el objetivo de analizar el contenido de los nutrientes (N, P, Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn, Mn, S) en hojas y tallos, del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), se realizaron análisis químicos al tejido foliar, en la edad fenológica de 4.5 hojas vivas, que es la edad de mayor calidad de este pasto; los muestreos se realizaron en el distrito de San Rafael, cantón Vásquez de Coronado, calle Patio de Agua, provincia de San José, en los meses de julio a octubre del año 2019.

Para lograr este objetivo, se colocaron jaulas de exclusión de 1 m² en las áreas seleccionadas dentro de la finca. Dentro de cada jaula, se realizaron 3 cortas de homogenización a 5-10 cm del suelo, en donde cada rebrote de 4.5 hojas vivas fue descartado. Los 5 rebrotes posteriores (de 4.5 hojas vivas) a esta homogenización, fueron considerados para el presente estudio.

Los diferentes análisis se realizaron en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), se determinó el contenido de materia seca (MS) a 60°C, y se realizaron análisis químicos a los dos tipos de tejidos (hojas y tallos). Se evaluó la relación hoja: tallo en peso seco de cada fracción.

Dentro de los objetivos establecidos, se desea conocer si existe diferencia en el contenido de los nutrientes y contenido de materia seca, presentes en hojas y tallos; la MS presentó diferencias significativas ($p < 0,0001$) en su contenido en hojas y tallos, siendo mayor en hojas; los elementos que presentaron diferencias significativas en su contenido en hojas y tallos fueron: K (hoja: 2,95%; tallo: 4,15%), P (hoja: 0,43%; tallo 0,48%), Ca (hoja:0,27%; tallo:0,19%), Mg (0,13%; 0,15%), Cu (9,89 Mg/Kg; tallo: 8,69 Mg/Kg) y Zn (hoja: 51,46 Mg/Kg; tallo 77,28 Mg/Kg), mientras que los elementos N, Mn, S y Fe no presentaron diferencias en su contenido en hojas y tallos durante el desarrollo del estudio.

El valor promedio de disponibilidad de materia seca fue de 1353.4 Kg/MS/ha. Las hojas presentaron mayor contenido de MS con respecto a los tallos, 15% y 10% respectivamente, con una relación hoja: tallo de 62:38.

ÍNDICE

	Página
Dedicatoria	5
Agradecimientos	6
Lista de abreviaturas.....	7
Resumen	8
Lista de figuras	12
Lista de cuadros	14
Lista de figuras del anexo	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 Objetivo General	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
CAPÍTULO II.....	20
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Características Generales del Kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>)	21
2.2 Ubicación Taxonómica.....	22
2.3 Variedades de Pastos Kikuyo	22
2.4 El Crecimiento	23
2.5 Crecimiento del Pasto Kikuyo	24
2.5.1 La raíz.....	24
2.5.2 Tallo.....	25
2.5.3 Hoja.....	25
2.6 Relación Hoja: Tallo.....	25
2.7 Fenología.....	27
2.8 Factores Determinantes de la Calidad y Cantidad de Forraje	29
2.8.1 Temperatura.....	29

2.8.2 Radiación.....	30
2.8.3 Edad.....	30
2.8.4 Fertilización.....	31
2.9 Producción de biomasa.....	32
2.10 Contenido de materia seca.....	33
2.11 Funciones de los nutrientes en las plantas forrajeras.....	34
2.11.1 Macro minerales.....	34
2.11.1.1 Nitrógeno.....	34
2.11.1.2 Fosforo.....	35
2.11.1.3 Potasio.....	35
2.11.1.4 Calcio.....	36
2.11.1.5 Azufre.....	36
2.11.1.6 Magnesio.....	36
2.11.2 Micro minerales.....	37
2.11.2.1 Manganeso.....	37
2.11.2.2 Cobre.....	37
2.11.2.3 Hierro.....	38
2.11.2.4 Zinc.....	38
2.12 Contenido de Macro minerales en el pasto kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>).....	39
2.13 Contenido de Micro minerales en el pasto kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>).....	41
CAPÍTULO III.....	43
METODOLOGÍA.....	43
3.1 Descripción de la zona y climatología.....	44
3.2 Análisis de suelos.....	45
3.2.1 Toma de muestra.....	45
3.2.2 Resultado de análisis de suelo.....	47
3.3 Homogenización.....	49
3.4 Recolección de muestras.....	50
3.5 Determinación del contenido de materia seca.....	51
3.6 Determinación de la relación hoja: tallo.....	51
3.7 Determinación de los nutrientes.....	51

3.8 Análisis Estadístico	52
CAPÍTULO IV.	54
ANALISIS DE RESULTADOS.....	54
4.1 Análisis de suelo.....	55
4.2 Disponibilidad de materia seca	56
4.2.1 Contenido de materia seca en hojas y tallos	59
4.3 Relación de hojas y tallos	60
4.4 Contenido mineral.....	62
4.4.1 Nitrógeno (N).....	63
4.4.2 Potasio (K)	64
4.4.3 Fósforo (P)	65
4.4.4 Calcio (Ca)	67
4.4.5 Magnesio (Mg)	68
4.4.6 Azufre (S).....	70
4.4.7 Manganeso (Mn)	71
4.4.8 Cobre (Cu)	73
4.4.9 Zinc (Zn).....	74
4.4.10 Hierro (Fe).....	75
CAPÍTULO V.	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
Conclusiones.	77
CAPÍTULO VI.	79
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	79
CAPÍTULO VI	94
ANEXOS.....	94

Lista de figuras

Figura 1. Muestra de Kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>) separada en hojas y tallos.	26
Figura 2. Rebrote de pasto kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>) con 4.5 hojas verdes, finca Pontevedra, Coronado, 2019.	28
Figura 3. Comportamiento de temperaturas y precipitación durante el periodo de investigación, Patio de agua, Coronado, 2019.	44
Figura 4. Comportamiento de la humedad relativa durante el periodo de investigación, Patio de Agua, Coronado, 2019.	45
Figura 5. Muestra tomada a 20cm de profundidad, finca Pontevedra, Coronado, 2019.....	46
Figura 6. Homogenización de la pastura dentro de cada jaula de análisis, finca Pontevedra, Coronado, 2019.....	49
Figura 7. Muestra de Kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>) recolectada de 1 jaula de exclusión, finca Pontevedra, Coronado, 2019.	50
Figura 8. Porcentaje de materia seca obtenido durante el desarrollo del estudio.	56
Figura 9. Distribución del contenido de materia seca en hojas y tallos de kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>).	59
Figura 10. Relación hoja: tallo obtenida durante el desarrollo del estudio.	60
Figura 11. Contenido de nitrógeno (N), en hojas y tallos del pasto kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.	63
Figura 12. Contenido de Potasio (K), en hojas y tallos del pasto kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.	64
Figura 13. Contenido de Fósforo (P), en hojas y tallos del pasto kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>). con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.....	65
Figura 14. Contenido de Calcio (%), en hojas y tallos del pasto kikuyo (<i>Kikuyuocloa</i> <i>clandestina</i>). con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.	67
Figura 15. Contenido de Magnesio (Mg), en hojas y tallos del pasto kikuyo (<i>Kikuyuocloa clandestina</i>) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.	68

Figura 16. Contenido de azufre (S), en hojas y tallos del pasto kikuyo (Kikuyuocloa clandestina) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.	70
Figura 17. Contenido de Manganeso (Mn), en hojas y tallos del pasto kikuyo (Kikuyuocloa clandestina) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.	71
Figura 18. Contenido de Cobre (Cu), en hojas y tallos del pasto kikuyo (Kikuyuocloa clandestina) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.	73
Figura 19. Contenido de Zinc (Zn), en hojas y tallos del pasto kikuyo (Kikuyuocloa clandestina) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.	74
Figura 20. Contenido de Hierro (Fe), en hojas y tallos del pasto kikuyo (Kikuyuocloa clandestina) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.	75

Lista de cuadros

Cuadro 1. Contenido de algunos macro mineral del pasto kikuyo (% de la MS), reportados por varios autores.	40
Cuadro 2. Contenido micro mineral en el pasto kikuyo (mg/kg) reportado por varios autores.	41
Cuadro 3. Resultado de análisis de suelo, a 20 cm de profundidad, finca Pontevedra, Coronado, 2019.	48
Cuadro 4. Materia seca en kilogramos y toneladas, realizado a 6 repeticiones (jaulas), durante los meses de julio a octubre, en Patio de agua, Coronado, en el año 2019.	57
Cuadro 5. Contenido de nutrientes del pasto kikuyo (Kikuyuocloa clandestina), realizado en los meses de julio a octubre, en Patio de agua, Coronado, en el año 2019.	62

Lista de figuras del anexo

Figura A 1. Resultado de análisis de suelo, finca Pontevedra, Coronado, 2019. ...	95
Figura A 2. Resultados de análisis foliar de kikuyo (Kikuyuocloa clandestina) de los primeros meses de muestreo, brindados por el INTA.	96
Figura A 3. Muestra de suelo tomada al inicio del estudio a 20 cm de profundidad, en la finca Pontevedra, Coronado, 2019.	97
Figura A 4. Muestra de kikuyo (Kikuyuocloa clandestina) con 4.5 hojas vivas, tomada de 1m ² , finca Pontevedra, Coronado, 2019.	98
Figura A 5. Planta de kikuyo (Kikuyuocloa clandestina) con 4.5 hojas vivas, tomada en la época de invierno, finca Pontevedra, Coronado, 2019.	99
Figura A 6. Jaula de 1 m ² utilizada para evitar el ingreso de los animales al área de estudio.	100
Figura A 7. Ejemplo de cálculo de nutrientes a aplicar, según la relación hoja:tallo presente a las 4.5 hojas en la finca Pontevedra en la época de invierno.	101

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

En los países centroamericanos, el pastoreo es el principal recurso alimenticio para la producción bovina y durante los últimos 40 años, el área de pasturas en Centroamérica ha aumentado de 3,5 a 9,5 millones de hectáreas (Kaimowitz, 2001). Además, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2015), el 43,4% de las tierras contenidas en fincas agropecuarias de Costa Rica, son destinadas a la producción de pastos.

La producción forrajera juega un papel muy importante en la productividad de la finca, ya que la alimentación del ganado es uno de los rubros más caros de una producción y los costos de los alimentos balanceados conforman casi un 80% de la alimentación, los cuales son elaborados especialmente con materias primas importadas y a costos elevados (Andrade, 2006), mientras que el forraje es uno de los recursos más baratos para la alimentación del ganado (Bargo et al. 2003).

Por esto, brindar las condiciones agronómicas y prácticas culturales de acuerdo con sus necesidades, le permitirá obtener su máxima potencialidad.

En Costa Rica existe gran variedad de especies forrajeras y se deben dar recomendaciones de manejo adaptadas a cada una de ellas, con sus diferentes adaptabilidades, se debe buscar la manera de aumentar la productividad y aprovechamiento de los pastos, a pesar de las diferencias que cada uno presente, pues el plan de alimentación a utilizar debe ser el que logre las metas del negocio (Tozer et ál. 2003).

Con un manejo adecuado, los costos de producción se pueden disminuir, por medio de prácticas sencillas y de bajo costo (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 1996). Entre estas prácticas, un adecuado manejo de la pastura puede aportar una buena proporción de los nutrientes requeridos por las vacas (Weiss, 2004).

Por otra parte, se debe analizar la interacción suelo-planta, en especial la nutrición mineral del pasto, ya que teniendo conocimiento acerca de este tema, se podrán mejorar las prácticas en el campo y favorecer así, el manejo económico, agronómico y la protección del medio ambiente.

Es común encontrar, en nuestro país, prácticas inadecuadas en el uso de fertilizantes; la fertilización química ayuda a aumentar el rendimiento del forraje, sin embargo, el exceso de nutrientes crea desbalances nutricionales en la planta, haciendo que no absorba algunos nutrientes que son esenciales para su desarrollo vegetativo (Salazar y Lazcano, 2003), de igual manera, la falta de nutrientes no permite el desarrollo óptimo de la pastura. Por esto, conocer el contenido de minerales absorbidos por la planta, ayudará a aplicar la cantidad de enmiendas y fertilizantes necesarias para una mayor producción forrajera.

Para obtener un máximo aprovechamiento en las pasturas, es importante planificar una adecuada fertilización, de acuerdo con las exigencias del pasto, en las cantidades a aplicar y en el momento oportuno de acuerdo con la época. El análisis foliar es un método de diagnóstico para delimitar el estado nutricional del cultivo, e indirectamente valorar la fertilidad del suelo (Torri, 2016), por medio de este análisis, se puede generar información que permite planificar y optimizar un plan de fertilización, reponiendo así, lo que el animal extrae.

Torri (2016) menciona que es importante realizar el análisis foliar, en hojas y tallos por separado, para determinar el contenido de nutrientes en cada una de sus partes, y conocer si existe variación o no. De esta forma, se podrá fertilizar de acuerdo con las necesidades de cada parte de la planta (hoja y tallo), ya que el muestreo de tejido vegetal es muy específico, en términos de la parte de la planta a muestrear y del estado fenológico del cultivo.

Las recomendaciones que se brinden acerca del contenido foliar, no deben generalizarse, deben ser específicas para cada pastura, ya que la proporción de hojas con respecto a los tallos, conocida como relación hoja: tallo, varía de acuerdo con las condiciones en las que la pastura se desarrolle, como la temperatura y las precipitaciones (Velasco et al., 2001), y puede variar de una finca a otra.

Otro factor por tener en cuenta al realizar el análisis foliar, es la edad fenológica en la que el pasto se coseche, ya que esta es un buen indicador de su calidad nutricional y, según Peters (2008), es específica para cada especie, entre mayor madurez presente la pastura, menor será la digestibilidad de la misma, por lo tanto, menos nutrientes estarán disponibles para ser aprovechados por el animal (Cruz y Sánchez 2000, Andrade 2006).

Canseco et al. (2007) mencionan que es más importante la calidad de la oferta forrajera que la cantidad de esta, por otra parte, al tiempo que se mejora la calidad nutricional del forraje y se cosecha la pastura en el momento óptimo, se disminuye el desperdicio en los potreros, una cosecha optima busca un equilibrio entre la producción de materia seca, calidad nutricional y persistencia del pasto.

Es por esto que en la presente investigación se desea conocer el contenido de los nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, S) en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), cosechadas a una edad de 4.5 hojas vivas, edad fenológica de mayor calidad de este pasto.

Con dicha información se podrá determinar si existen diferencias en su contenido mineral en hojas y tallos, y junto con una relación hoja: tallo, el productor pueda ajustar una adecuada fertilización de acuerdo con su producción de pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*). Esta información servirá de base para la generación de conocimientos específicos que colaborarán en la obtención de la máxima productividad de las pasturas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar el contenido de los nutrientes (N, P, Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn, Mn, S) del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) en hojas y tallos, de acuerdo con la edad fenológica de mayor calidad del pasto (4,5 hojas vivas), en el distrito de San Rafael del Cantón de Vázquez de Coronado, durante los meses de julio a octubre en el año 2019, mediante la realización de análisis químicos foliares, para obtener el máximo rendimiento del cultivo.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la relación hoja: tallo en la edad fenológica de mayor calidad del pasto kikuyo, en Coronado.
2. Determinar la disponibilidad de materia seca en hojas y tallos, en la edad fenológica de mayor calidad del pasto kikuyo, en Coronado.
3. Determinar el contenido mineral en hojas y tallos en la edad fenológica de mayor calidad del pasto kikuyo, en Coronado.

CAPÍTULO II.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características Generales del Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*)

El kikuyo es una variedad de pasto nativa de la región montañosa del este y del África central (Kenya, Etiopía). Fue introducida en Costa Rica entre los años 1911 y 1922, procedente de Puerto Rico y Colombia; la primera introducción se realizó en Coronado de San José, pero rápidamente fue propagada por la zona alta de las provincias de Cartago, San José, Alajuela y Heredia (Amador y Jiménez, 2003).

Es una planta perenne, una gramínea de tipo tropical que puede alcanzar alturas desde los 15-20 cm hasta 46 cm de altura si no se pasta (Skerman y Riveros, 1992); puede utilizarse para pastoreo, heno y en campos deportivos.

Carrulla et al. (2004) mencionan que este es un pasto de clima tropical que se adapta bien en condiciones de clima templado, crece a alturas entre los 1950 y 2700 msnm (Marais, 2001) y, en suelos fértiles, crece de 1700 a 2800 msnm (Cárdenas, 2009). Sus requerimientos mínimos y máximos de temperatura van de 12-21 °C; precipitación en mm de 750-1000 y suelos con pH de 5,5-8,5, respectivamente (Barners et al., 2007).

Se pastorea rotacionalmente desde los 25- 35 días (Peters, 2008) de 5 a 10 cortes por año (Hernández, 2004). Sin embargo, estudios recientes definen una etapa óptima para el pastoreo utilizando el criterio de número de hojas por rebrote en lugar de número de días fijos, lo cual se conoce bajo el concepto de edad fenológica.

El kikuyo forma estolones con entrenudos de los que surgen raíces que los fijan al suelo; además, se caracteriza por tener una alta relación hoja: tallo (Zapata, 2000).

2.2 Ubicación Taxonómica

Clasificación taxonómica del kikuyo, citado por Guaña (2014):

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Subfamilia: Panicoideae
- Género: Kikuyuochloa
- Especie: clandestina
- Nombre científico: Kikuyuochloa clandestina (Scholz, 2006).
- Nombre común: Kikuyo, kikuyu

El nombre científico del pasto kikuyo presenta variaciones de acuerdo con diferentes autores; en algunos artículos, recibe el nombre de *Pennisetum clandestinum* (Rueda, 2002; Osorio, 2006); y actualmente, se empieza a conocer como *Kikuyuochloa clandestina* (Scholz, 2006).

2.3 Variedades de Pastos Kikuyo

Algunas características de las diferentes variedades del pasto kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*) son las siguientes:

La variedad Whittet es más alta, con hojas anchas, tallos más gruesos y entrenudos más largos. Es susceptible al amarillamiento del kikuyo causado por *Verrucalvus flavofaciens*; se recomienda sembrar de esta semilla 3 kg/ha, a 1 cm de profundidad (Fulkerson, 2007).

A diferencia de la anterior, la variedad Breakwell produce más macollos, con hojas más estrechas, tallos más delgados y entrenudos más cortos. No es recomendada para utilizar con pastura, sino más bien para la conservación de suelos.

De las anteriores variedades, Whittet y Breakwell, se desarrolló la variedad Noonan con la finalidad de tolerar la enfermedad del amarillamiento del kikuyo.

La variedad Crofts, por su parte, es más alta, con hojas más verticales, tolerancia al frío y es susceptible al amarillamiento del kikuyo (Moore et al., 2006).

2.4 El Crecimiento

El crecimiento está determinado por dos procesos biológicos fundamentales: la división celular, que obedece al incremento en número de células de un tejido, y la elongación celular, que promueve el aumento en tamaño de estas células. El efecto conjunto de ambos procesos desencadena un incremento en la biomasa vegetal (Rodríguez y Leihner, 2006), cuya tasa de crecimiento es proporcional a la tasa de actividad catabólica y la eficiencia de la fotosíntesis (Smith et al., 1999).

El crecimiento presenta un carácter irreversible y permanente que facilita la medición de parámetros cuantitativos para la comprensión de muchas funciones y procesos de la planta (Casiera et al., 2007).

Taiz y Zeiger (1991) describieron el crecimiento de plantas multicelulares como un proceso similar al movimiento de un fluido. Por ejemplo, los meristemas apicales, los cuales se encuentran en constante división y elongación celular, provocan que células más viejas se alejen cada vez más del ápice, generando un efecto de desplazamiento que puede ser explicado con base en los principios de la cinemática.

En un estudio realizado por Guaña (2014), se muestra que los rebrotes en el cultivo de kikuyo, son mayores cuando se tiene estolones gruesos; estos rebrotes pueden crecer a alturas de hasta 46 cm. El crecimiento del kikuyo semeja un colchón, pues puede formar césped con un espesor de 15 a 30 cm.

2.5 Crecimiento del Pasto Kikuyo

El kikuyo posee hojas laminadas con vellos escasos y suaves; lígula de pelos de 1-2 mm de longitud; láminas foliares planas o duplicadas, con el ápice obtuso, de 2 a 9 cm de longitud y de 2 a 5 mm de ancho (Heike, 2009).

2.5.1 La raíz. En cuanto al pasto kikuyo, la profundidad de sus raíces varía según la humedad del suelo: en lugares húmedos es de 35 - 50 cm, y en lugares secos, solamente de 15 - 20 cm (Hernández, 2004); sin embargo, Lobo y Sánchez (2001) mencionan que sus raíces pueden alcanzar hasta 2 m de profundidad.

Estas se adaptan mejor a suelos de textura liviana (franco, franco arenoso, franco limoso), buen drenaje y alta fertilidad. El desarrollo de la raíz está influenciado por diferentes factores como aireación, compactación y potenciales hídricos (Atkinson y Dawson 2000). La diversidad genética de los diferentes materiales vegetales le confiere una capacidad amortiguadora a su desarrollo (Michael y Burke 2002). Así la raíz posee una gran adaptabilidad a las diferentes condiciones a las que es sometida, cambiando su morfología según las necesidades hídricas de la planta y las condiciones de temperatura imperantes.

El crecimiento radical está directamente relacionado con el desarrollo del tallo. En el suelo, las distintas configuraciones y distribuciones de las raíces provocan diferencias en morfología y función y regulan la absorción de los nutrientes y agua traslocados hacia la parte aérea (Wang, 2006).

El proceso de nutrición mineral es básicamente responsabilidad de las raíces de las plantas. Al inicio las raíces funcionan como órganos de reserva, después son los órganos involucrados en la absorción de agua y minerales los que realizan esta función (Vinicio, 2002).

2.5.2 Tallo. El tallo es fundamental para sostener las estructuras vegetativas y reproductivas. Los tallos de kikuyo con inflorescencias pueden alcanzar de 9 a 15 cm de altura (Barners, 2007). Por otra parte, Dugarte y Ovalles (1991) afirman que los tallos pueden alcanzar alturas hasta de hasta 80 cm. Los tallos del kikuyo pueden ser erectos y rastreros, estos últimos con nudos y entrenudos cilíndricos de 1 a 2 cm de longitud (Heike, 2009).

2.5.3 Hoja. La tasa de desarrollo de las hojas es influenciada por la temperatura. Hauvelink (2005) mencionó que, mediante ecuaciones predictivas, es posible determinar la cantidad de hojas desarrolladas por periodo de tiempo.

La expansión de las hojas se da por el efecto de la presión de turgencia que aumenta al suprimirse el proceso de transpiración. Los aumentos de temperatura y humedad relativa podrían provocar el cierre estomático y el cese de la transpiración, dando lugar a aumentos en la tasa de desarrollo foliar (Hauvelink, 2009).

Según Geraud et al. (1995), el índice de crecimiento de las hojas disminuye cuando la planta inicia el periodo de floración y fructificación. La absorción de nutrimentos por parte de las hojas varía durante el ciclo de vida y muestra una relación con la tasa y las características del crecimiento.

2.6 Relación Hoja: Tallo

La calidad de nutrientes presente en el pasto kikuyo demuestra diferencias en su contenido entre hojas y tallos; esto lo demuestran los análisis realizados por Andrewes (2002) a cada una de sus partes. Esta información se puede reafirmar en el campo; mientras los animales pastorean el pasto kikuyo hacen una selección, consumiendo las hojas verdes y dejando el tallo. Esto ha evidenciado que la producción y el consumo por parte de los animales es de hojas verdes y no del total de la materia seca (Fulkerson y Slack, 1993).

La relación de hojas y tallos que presenta una pastura, es un indicador de calidad, las hojas son más digestibles y tienen un contenido de proteína superior al tallo, por lo que se busca, que esta relación sea alta, y se logra al momento óptimo de cosecha, ya que, posterior a esto se acumula material senescente o muerto y en algunos casos la RHT disminuye (Anwandter et al., 2007).

Si la RHT es de 50%, entonces 50 kg MS/ha/día se valora solo en 25 kg MS/ha/día (Kikuyo Action Group [KAG], 2002).



Figura 1. Muestra de Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) separada en hojas y tallos.

Esta relación hoja: tallo tiene variaciones de acuerdo en las condiciones en que se desarrolle. En Nueva Zelanda, en las épocas de diciembre y enero, se produce una relación hoja: tallo 70:30, la cual varía en otoño (abril y mayo) con un mayor contenido de tallo de hasta una relación 30:70 (KAG, 2002).

Otro factor que determina la relación hoja: tallo son los días de rebrote; en una pastura de kikuyo en Nueva Zelanda, se evidenció que, a menor edad de rebrote, hay una mayor relación hoja: tallo; y que, a mayor edad de rebrote, la relación hoja: tallo es menor. Por esto, es importante tener en cuenta la edad de rebrote en la cual se va a pastorear o cortar el kikuyo, debido a que la calidad del

tallo es menor al de la hoja y, al ir madurando la pastura, el valor energético del tallo disminuye en más que el de la hoja (KAG, 2002).

2.7 Fenología

Se refiere al estudio de las fases que se dan durante el ciclo de vida de una planta, las fases fenológicas se determinan según la producción de órganos de la planta: germinación de la semilla, brote de yemas, foliación, floración, senescencia de las hojas, maduración de frutos (De Cara 2006, Pérez et al. 2012).

La edad fenológica en pastos permite saber el momento óptimo en que la pastura debe ser cosechada o pastoreada. Para ello, se realiza un conteo del número de hojas verdes por rebrote en los pastos. Sánchez (2007) afirma que es una herramienta que permite lograr un balance entre la producción de materia seca y el valor nutricional de la planta.

Cuando los pastoreos se realizan a una defoliación temprana, es posible que la planta retrase su crecimiento y disminuya la producción de materia seca, debido que la reserva de carbohidratos e índice de área foliar no son suficientes para el siguiente rebrote (Chapman et al., 2011).

Donaghy y Fulkerson (2001) mencionan que el momento óptimo para iniciar el pastoreo, es cuando la primera hoja comienza a morir (senescencia) y Fulkerson (2007) afirma que el momento apropiado de pastorear el kikuyo es cuando se encuentra disponible la máxima cantidad de hojas de buena calidad, es decir, alcanzar la máxima densidad energética, ya que indica que la energía metabolizable es el nutriente limitante para las vacas lecheras.

En estudios realizados por Andrade (2006), Peters (2008) y García et al. (2008), se afirma que la mayor calidad del pasto kikuyo se da a la edad fenológica de 4 hojas, con hojas nuevas, verdes y totalmente expandidas, hay una media hoja en desarrollo, por lo que visualmente se observarían 4,5 hojas por rebrote. Mila y Corredor (2004) afirman lo anterior y mencionan que a las 4,5 hojas el kikuyo tiene suficiente reserva de carbohidratos para el próximo rebrote.

Las hojas senescentes no se contabilizan en ese momento; la hoja remanente no tiene punta, se contabiliza si crece hasta alcanzar un tamaño equivalente o mayor a la mitad de una hoja normal (Peters, 2008).

Las condiciones ambientales, determinan el ritmo de crecimiento de la pastura (Andrade et al. 2015); a partir de estudios realizados en Australia, Read y Fulkerson (2003), indican que “el tiempo que toma para que la pastura llegue a las 4,5 hojas varía principalmente con la temperatura, a mediados del verano, el intervalo de pastoreo puede ser tan corto como 10 a 12 días, pero en el otoño tardío se puede extender a 35 o 40 días”.

Asimismo, Peters (2008) encontró que la época en que se realice análisis foliar afecta la cantidad de hojas; en época seca, el número de hojas nuevas es menor que en la época de lluvia, este mismo autor encontró que la edad fenológica de 4,5 hojas de pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) se alcanza a los 21 días en época y 23 días en época de lluvia aproximadamente.



Figura 2. Rebrote de pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4,5 hojas verdes, finca Pontevedra, Coronado, 2019.

2.8 Factores Determinantes de la Calidad y Cantidad de Forraje

2.8.1 Temperatura.

Según Soltani y Sinclair (2012), existen cuatro categorías de temperaturas directamente involucradas en el desarrollo de la planta, conocidas como temperaturas cardinales: la temperatura base, la cual corresponde al umbral térmico por debajo del cual no hay crecimiento; las temperaturas menor y mayor del rango térmico óptimo, que corresponden al intervalo adecuado para el desarrollo del cultivo; y la temperatura supra-óptima, a partir de la cual empieza a generarse un efecto negativo del exceso de temperatura sobre el desarrollo.

El ritmo de desarrollo de los órganos de la planta, desde su aparición hasta su muerte, es regulado principalmente por la temperatura, Agnuszéi (2007) menciona que, a medida que las temperaturas aumentan, el envejecimiento de las hojas se da en un periodo más corto.

Agudelo (2006) menciona que la tasa de aparición de hojas aumenta proporcionalmente con la temperatura. La cantidad de hojas por macollo es diferente y constante de acuerdo con cada especie forrajera. A medida que las temperaturas aumentan, lo hace también la velocidad en que van apareciendo las hojas y el recambio de tejido se acelera cuando hay aumentos de temperatura (Cantos, 2006).

El crecimiento de las hojas se da en gran medida por el efecto de la temperatura: cuando se da un aumento de esta, un incremento de la radiación y de los días, el largo final de las hojas tiende a aumentar (Agudelo, 2006).

2.8.2 Radiación.

La proporción de radiación solar utilizada por los cultivos es relativamente reducida. Según Demolon (1972), menos del 0,66 % de la radiación emitida por el sol es utilizada por la maquinaria fotosintética; de esta, el 48,39 % es consumido por la transpiración, el 31,40 % es transmitido por las hojas y el 19,55 % se pierde por efecto de la irradiación.

Pilatti y Bouzo (2000) sugieren un efecto del manejo de la planta sobre su capacidad de interceptación de la radiación incidente mediante las hojas. Labores comunes como el descuelgue (proceso de desmontaje vertical de la planta para permitir la elongación del tallo) pueden alterar la capacidad de la hoja para captar radiación, con lo cual se provocan disminuciones en el peso seco foliar acumulado y una baja disponibilidad de carbohidratos que pueden transformarse en biomasa. El mismo efecto se presenta con el área foliar.

2.8.3 Edad.

La calidad nutricional del pasto kikuyo, es alterada en gran medida por el manejo que se realiza; por ejemplo: la edad a la que son pastoreados los potreros, en el pasto kikuyo, a mayor edad de rebrote (madurez), se disminuye su digestibilidad y, por ende, su valor nutricional, lo anterior fue verificado por Caro y Corre (2006). Es por esto que realizar el pastoreo a edades menores es una opción viable para los productores, ya que es donde hay mayores demandas nutricionales.

La edad de rebrote recomendada para pastorear el pasto kikuyo varía según algunos autores; sin embargo, se debe tener presente que esta variación se puede dar por las condiciones en la que se encuentre, como la temperatura (Read y Fulkerson, 2003). Por ejemplo, Sánchez (2007) recomienda entre los 30 y 40 días, mientras que Pezo y Jiménez (2003) recomiendan entre los 25 y 35 días.

2.8.4 Fertilización.

Por medio de la fertilización, se suplementan las deficiencias nutricionales de las pasturas y, de esta manera, mejora su rendimiento y calidad, con lo cual aumenta la producción en los animales.

García et al. (2002) afirman que la disponibilidad de los nutrientes en el suelo mejora los siguientes aspectos de la planta:

- 1) la calidad forrajera;
- 2) la velocidad de rebrote;
- 3) el crecimiento inicial de la pradera implantada;
- 4) la eficiencia del uso del agua y de la radiación;
- 5) la duración del período de utilización;
- 7) el aporte de N por fijación biológica;
- 8) la recuperación de la fertilidad química, biológica y física de los suelos.

Para mantener los niveles de producción deseados es indispensable el uso de fertilizantes, el cual se realiza en 2 etapas según Paladines e Izquierdo (2007): la corrección inicial de los nutrientes y el mantenimiento de la fertilidad, para mantener un nivel de producción deseado.

Herrero et al. (sf) mencionan que los niveles adecuados de fertilización no solo dependen de la respuesta del rendimiento de la pastura, sino de las metas de la finca en cuanto a objetivos económicos, ambientales y productivos.

Marais (2001) indica que el kikuyo es sensible a la deficiencia de Mg, P, K, S, Fe, Cu y Mn; y menos sensible a la falta de Ca, B, Mo y Zn. Rivera (1995) señala que los cuatro elementos nutritivos principales para la producción de pastos son: nitrógeno, fósforo, potasio y calcio.

El mismo autor menciona, además, que el pasto kikuyo requiere entre 300 a 500 kg/ha/año de N para una adecuada producción, mientras que Cross (1979), Mears y Humpreys (1974) indican que la respuesta disminuye al aplicar concentraciones entre 334 y 400 kg N/ha/año de N, esta respuesta también depende de múltiples factores, como lo son el manejo y las condiciones ambientales.

Por otra parte, Quesada (1986) señala que la producción de MS aumenta al aplicar fertilizantes nitrogenados con fosforados, mientras que Cook y Mulder (1984), reportan mayores respuestas al aplicar más fertilizante nitrogenado.

2.9 Producción de biomasa

La producción de biomasa es la cantidad de pasto producida en un área determinada, la producción se da de acuerdo con el crecimiento, el cual desencadena un incremento en la biomasa vegetal (Rodríguez y Leihner, 2006).

Según Arguedas (2014) y Sánchez (2007), la cantidad de biomasa que se produce en los potreros varía según la época del año, el tipo de pasto, las condiciones climáticas, la fertilidad del suelo, el manejo de la pastura y la carga animal. El manejo de las pasturas debe orientarse a la producción de buenas cantidades de biomasa, de buen valor nutricional y aprovechable por los animales.

La variación de biomasa depende también de las condiciones que tenga la planta para suplir sus necesidades; las reservas son el mecanismo para activar el rebrote, asegurar su persistencia y mantener su producción; estas están constituidas principalmente por carbohidratos y compuestos nitrogenados (Holmes, 1982).

Dentro de los factores que explican la variación en los datos de producción de biomasa, Cascante (2018) menciona la ubicación geográfica, la dosis de fertilización, la fuente de fertilizante, la altura y la edad de corte, la época del año, la compactación y acidez del suelo.

En Costa Rica, la biomasa del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) obtenida en la época de invierno fue de 1,55 ton/MS/corte a los 28 días, con corte a 10cm del suelo y fertilización de 500 kg N/ha/año (Castillo, 1981). En cosechas de 4 hojas verdes por rebrote, Fulkerson et al. (1999) reportan 3,3-4,3 ton/MS/ha/corte.

En Australia, el rendimiento de biomasa de kikuyo varió entre 0,51 y 1,17 t/MS/ ha mensual, en condiciones de suelo y clima diferente (Bell et al., 2011).

El rendimiento de biomasa de kikuyo ante diferentes esquemas de manejo (frecuencia de defoliación debido al número de hojas) se encuentra con valores entre 2,1 y 3,3 T/MS/ha (Avellaneda et al., 2020).

2.10 Contenido de materia seca

La MS es lo que queda cuando el agua es eliminada del forraje. Los pastos tropicales tienen gran capacidad de producir MS, por lo que son ideales para suministrar energía, minerales, proteína, vitaminas y fibra a la producción de ganado (Torres et al., 2015).

El contenido de materia seca de los pastos tropicales, se ve afectado de forma directa por la época del año debido a las condiciones ambientales, es mayor durante los meses de menor precipitación, temperaturas más altas y más horas de brillo (Salazar, 2007).

Por otra parte, Cuesta et al., (2003) comentan que el contenido en materia seca depende de varios factores, como la reducción en la interceptación de luz, remoción de reservas orgánicas de la planta y reducción en toma de agua y nutrientes por las raíces. Villalobos et al. (2013) reportan en promedio un consumo de 4,07 kg/MS/vaca/ día.

2.11 Funciones de los nutrientes en las plantas forrajeras

2.11.1 Macro minerales

2.11.1.1 Nitrógeno

La mayoría de los tejidos vegetales contienen entre 1% y 5% de Nitrógeno en peso seco. Esta concentración es mayor que la de otros elementos, esto refleja la necesidad que la planta tiene del nitrógeno, ya que este actúa como constituyente de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y diversos componentes vegetales menores. (Whitehead, 2000). Las proteínas son responsables de los procesos fotosintéticos, lo cual se ve reflejado en el contenido nutricional de la pastura y su biomasa.

Este nutriente aumenta tanto la producción de materia seca como el contenido de proteína (Roberto, 2016). El nitrógeno puede ser absorbido por las plantas en la forma de nitrato (NO_3) o amonio (NH_4^+), la forma preferencial en la absorción de este elemento, difiere entre las especies vegetales (Molina, 2002), en el kikuyo es absorbido en forma de nitrato (Read y Fulkerson, 2003).

El hecho de que los aminoácidos estén constituidos por esqueletos carbonados y nitrógeno, pone en evidencia la relación entre la fotosíntesis y el metabolismo del nitrógeno, debido a la dependencia de algunas reacciones del metabolismo del nitrógeno de ATP y NADPH, producido en la fotosíntesis. En la fase lumínica de la fotosíntesis las plantas capturan la energía luminosa para romper la molécula de agua y formar energía química llamada: ATP (adenosin – trifosfato) y NADPH (nicotinamida - adenin – dinucleótido) (Pereyra, 2001).

2.11.1.2 Fosforo

Es esencial en la división celular, y su concentración es relativamente alta en el tejido meristemático. El fósforo también es un componente de los fosfolípidos, que contribuyen a la estructura de las membranas citoplasmáticas. Las semillas requieren cantidades relativamente grandes de P durante germinación, y este requisito se cumple mediante el almacenamiento de P en forma de hexafosfato de inositol o sus sales de Ca o Mg (ácido fítico y fitatos) (Whitehead, 2000). Según Molina (2006) al ser un mineral “móvil”, aumenta su nivel en tejidos de las plantas durante la época lluviosa.

El P es importante en la fotosíntesis, respiración, división y crecimiento celular. Además, ayuda al crecimiento de raíces y de la planta, en la formación de flores, frutos y granos (Rosero, 2016).

2.11.1.3 Potasio

El K es esencial para la actividad enzimática, mantenimiento de la turgencia, transporte de aguas y nutrientes, síntesis de ATP, formación y translación de azúcares y almidón, síntesis de proteínas, cierre y apertura estomática, resistencia a las heladas, a las plagas y enfermedades (Roberto, 2016; Whitehead, 2000).

Es muy móvil dentro de la planta, lo cual significa que en condiciones de deficiencia pueden moverse rápidamente de tejidos viejos hacia tejidos jóvenes (León, 2003).

El contenido de K en hojas y frutos es alto en etapas de desarrollo, una vez que las hojas viejas tienen la concentración específica de K, este se mantiene en las raíces y satisface solo las cantidades necesarias para el desarrollo y crecimiento de nuevas raíces (Pitman, 1972).

El K aumenta la calidad de la cosecha, dando mejor sabor y color de frutos y firmeza y resistencia de tejidos (Molina, 2002).

2.11.1.4 Calcio

El Ca es un elemento constituyente principalmente de las hojas. La deficiencia de este afecta el crecimiento de la parte aérea y raíces (León, 2003). Es importante en el crecimiento de los meristemos, y particularmente en el crecimiento y funcionamiento de los puntos de crecimiento meristemático de las raíces (Clarkson y Hanson, 1980; Blevins, 1994).

El Ca regula la apertura de las estomas en las células guarda, las cuales son encargadas de la fotosíntesis y transpiración, y se ubican dentro del tejido de las hojas. La célula guarda, abren y cierran el estoma para regular el intercambio de gases entre el tejido de la planta y el medio ambiente (Hetherington y Woodward, 2003).

2.11.1.5 Azufre

El azufre es importante para el desarrollo de semillas y crecimiento de raíces; es componente de numerosas enzimas, además, es componente de sulfolípidos, los cuales son constituyentes de la membrana y ayudan a regular el transporte de iones (Rodríguez y Flórez, 2004). Los síntomas de deficiencia de S son clorosis en los tejidos (León, 2003).

2.12.1.6 Magnesio

El magnesio es el átomo central de la molécula de la clorofila, interviene en la síntesis de proteínas, en la respiración, en el metabolismo del fósforo, y en la activación de varios sistemas enzimáticos en las plantas, también ayuda al crecimiento de las plantas a través de su actividad hormonal (León, 2003).

Su absorción puede ser afectada por relaciones altas de Ca/Mg, en el cual las plantas absorben menos magnesio. La deficiencia de magnesio se detecta por una marcada clorosis (amarillamiento) principalmente en las partes viejas de la parte aérea (León, 2003).

2.11.2 Micro minerales

2.11.2.1 Manganeso

Interviene en el metabolismo del nitrógeno y el fósforo, ayuda en la fotosíntesis y síntesis de la clorofila. Su deficiencia puede atribuirse a altos contenidos de materia orgánica y a suelos con pH alcalino; también de un desbalance con otros nutrientes (León, 2003).

Su presencia es fundamental para la activación de muchas enzimas que intervienen en el ciclo de Krebs (Mortvedt, 2003).

El Mn es absorbido por las plantas en forma de Mn^{2+} , se moviliza, a través del xilema, desde las raíces a los tallos, como catión divalente libre y como tal alcanza la hoja de la que puede ser parcialmente movilizado, vía floema, a otros lugares de la planta. La absorción y transporte de Mn está influenciada por la presencia de otros iones, en particular Ca, Mg y Fe, que pueden competir con él (Maas et al., 1969).

2.11.2.2 Cobre

El Cu es utilizado en funciones como respiración, fotosíntesis, control de oxidación reducción y transporte electrónico de las células (Ravet y Pilon, 2013). En los cloroplastos, es un constituyente de la plastocianina (Pc), la proteína Cu más abundante en los cloroplastos de plantas, que actúa como portador de electrones en reacciones fotosintéticas (Yruela, 2013).

Participa en los procesos bioquímicos tales como respuesta al estrés oxidativo, metabolismo de la pared celular y señalización de hormonas, cofactor de varias enzimas como la superóxido dismutasa, citocromo oxidasa, amino oxidasa, lacasa, plastocianina y polifenol oxidasa, además juega un papel esencial de señalización de transcripción y tráfico de proteínas (Yruela, 2005).

Es importante en el crecimiento de las plantas como activador enzimático y en el metabolismo de proteínas. Su deficiencia causa necrosis en las hojas, frutos irregulares y de color pardo rojizo (Cox, 2002). El cobre es un elemento de “movilidad variable”, por lo que no se puede establecer una época en la que se presente más en los tejidos del pasto (Andrade, 2006).

2.11.2.3 Hierro

Esencial para la síntesis de clorofila, catalizador en reacciones químicas, y forma parte de los citocromos de la respiración celular (Weil, 2002). Asociado con el desarrollo de los cloroplastos, la síntesis de ferredoxina y la de clorofila. La ferredoxina actúa en la fotosíntesis y reducción del nitrógeno. Aproximadamente, el 80% del hierro está localizado en los cloroplastos de las hojas (Rodríguez y Flórez, 2004).

La deficiencia de hierro, normalmente se produce porque existen algunos factores, tales como: pH (permanece estable en medios ácidos) y tipo de mineral al que se asocia el hierro, que hacen que la cantidad que permanece en dilución sea baja, al no estar disponible (Lindsay, 1979).

2.11.2.4 Zinc

Actúa como catalizador en la formación de auxinas de crecimiento, como transportador de oxígeno y como cofactor en la síntesis de clorofila y en el correcto funcionamiento de enzimas importantes como catalasa, peroxidasa, ferredoxina y citocromos.

Es constituyente de la enzima anhidrasa carbónica, que cataliza la formación de ácido carbónico a partir de CO₂ y agua. Esta enzima está localizada en cloroplastos y el citoplasma (Rodríguez y Flórez, 2004).

Es parte de los aminoácidos cisteína y metionina. Constituye parte de los puentes disulfuro y la conformación de la estructura de las proteínas (Reuveny et al., 1980).

2.12 Contenido de Macro minerales en el pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*).

En el Cuadro 1 se presentan concentraciones foliares de diferentes elementos (macro minerales) en kikuyo reportados por diferentes autores y los requerimientos de la vaca en lactación, según National Research Council (NRC, 2001).

Cuadro 1. Contenido de algunos macro mineral del pasto kikuyo (% de la MS), reportados por varios autores.

	Rango	Promedio	Fuente
Ca	0,15-0,84		Awad et al.(1979) y Betteridge (1979)
		0,305	Reeves (1997)
	0,27-0,85	0,48	Miles et al. (2000)
	0,09-0,79		Marais (2001)
	0,15-0,84	0,35	Herrero et al. (s.f)
		0,32	Correa et al. (2008)
		0,32	García et al. (2014)
	0,09-0,85		
P	0,11-1,03		Gomide et al. (1969) y Marais et al. (1992)
		0,308	Reeves (1997)
	0,18-0,64	0,4	Miles et al. (2000)
	0,15-0,40		Marais (2001)
	0,15-0,56	0,33	Herrero et al. (s.f)
		0,46	Correa et al. (2008)
		0,35	García et al. (2014)
	0,11-1,03		
K		3,08	Reeves (1997)
	0,69-5,51	3,4	Miles et al. (2000)
	0,93-4,24		Marais (2001)
	1,27-4,5	2,64	Herrero et al. (s.f)
		3,99	Vargas y Fonseca (1989)
		3,69	Correa et al. (2008)
		3,37	García et al. (2014)
	0,69-5,51		
Mg	0,09-0,74		Person et al. (1985) y Marais et al. (1992)
		0,224	Reeves (1997)
	0,19-0,71	0,36	Miles et al. (2000)
	0,16-0,47		Marais (2001)
	0,1-0,4		Herrero et al. (s.f)
		0,30	Correa et al. (2008)
		0,28	García et al. (2014)
	0,09-0,74		
S	0,15-0,25		Rees y Little (1980) y Evans y Hacker (1992)
	0,12-0,28	0,19	Herrero et al. (s.f)
	0,19-0,35	0,27	Miles et al. (2000)
		0,20	Correa et al. (2008)
		0,25	García et al. (2014)
	0,12-0,35		

Fuente: Adaptado de Andrade (2006)

Según los requerimientos del rumiante en pastoreo vs. la disponibilidad de los minerales (cuadro1), el pasto kikuyo, no supe las necesidades del Ca ni de Mg, de igual manera, ni el P, ni el S se pueden llenar mediante el pasto kikuyo y el K sí podría ser suplido (Andrade, 2006), mientras que en Antioquia Colombia Correa et al. (2008) menciona que el P presenta promedios ligeramente más altos que los requerimientos para vacas Holstein en producción.

2.13 Contenido de Micro minerales en el pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*)

En el Cuadro 2. se presentan valores de concentración de elementos menores, en pasto kikuyo reportados por diferentes autores.

Cuadro 2. Contenido micro mineral en el pasto kikuyo (mg/kg) reportado por varios autores.

	Rango	Promedio	Fuente
Fe	57-379		(Pastrana et al. 1990) y (gomide et al. 1969) ¹
	57- 306	211,5	Herrero et al. (sf)
		193	Correa et al. (2008)
		210	García et al. (2014)
	57-379		
Mn	34- 450		Awad (1979)
	25-171	67,5	Miles et al (2000)
	35-450	166	Herrero et al. (sf)
		108	Correa et al. (2008)
		88	García et al. (2014)
25-450			
Cu	5,3- 14		Pastrana et al. (1990) y gomide et al. (1969) ¹
	2-15	6	Miles et al (2000)
	5,32 -13,1	10,4	Herrero et al. (sf)
		13,9	Correa et al. (2008)
		14,5	García et al. (2014)
2-15			
Zn	23- 44		Pastrana et al. (1990) y gomide et al. (1969)
	11-94	35,6	Miles et al (2000)
	22,9-46,4	35,15	Herrero et al. (sf)
		59,5	Correa et al. (2008)
		29	García et al. (2014)
11-94			

Fuente: Adaptado de Andrade (2006)

En cuanto a los microminerales (Cuadro 2) el contenido de Fe podría suplir los requerimientos de estos minerales en las vacas en lactancia que se encuentran en pastoreo (Andrade, 2006) al igual que el Cu y Zn, presenta contenidos promedio más altos que los requerimientos para vacas en producción (Correa et al., 2008). Por otra parte, Hill (1980) indica que la retención y movimiento de elementos como Zn, Cu y S, está relacionada con el movimiento del nitrógeno.

Con la revisión de literatura del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), se puede considerar que es una gramínea en constante estudio, sin embargo, el contenido mineral en hojas y tallos de este pasto está escuetamente estudiado, según la literatura el comportamiento de los elementos en hojas y tallos varía de acuerdo con las condiciones ambientales, por lo que debe ser estudiado y analizado por época, su edad fenológica debe ser tomada en cuenta a la hora de su cosecha o pastoreo, para una óptima producción animal.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1 Descripción de la zona y climatología

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante los meses de invierno (julio a octubre), en el poblado de Patio de agua, distrito San Rafael, cantón de Coronado, provincia San José (latitud 9,9744 y longitud -83,9669), en la finca Pontevedra, la cual se encuentra a una altitud de 1750 m.s.n.m. (Janzen, 1991). El pasto al que se realizó el estudio se encuentra establecido en la finca.

En la figura 3, se muestra el comportamiento de temperatura y precipitación, reportados por el IMN durante el periodo de muestreo, para la precipitación se obtuvo un promedio de 208,7 mm, el valor más alto fue de 365,8 mm en el mes de octubre, la menor precipitación fue de 78,4 mm en el mes de julio.

La temperatura máxima reportada fue en promedio 26 °C y 9,4 °C la temperatura mínima.

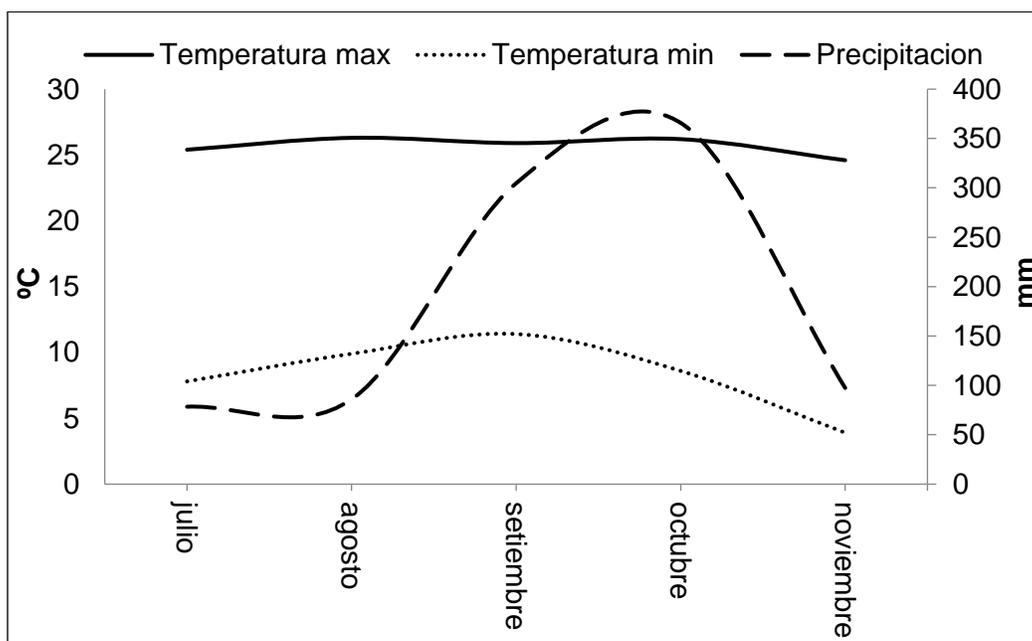


Figura 3. Comportamiento de temperaturas y precipitación durante el periodo de investigación, Patio de agua, Coronado, 2019.

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN).

En la figura 4, se muestra el comportamiento de humedad relativa, durante el periodo de estudio, con un promedio de 89,3 % de julio a octubre.

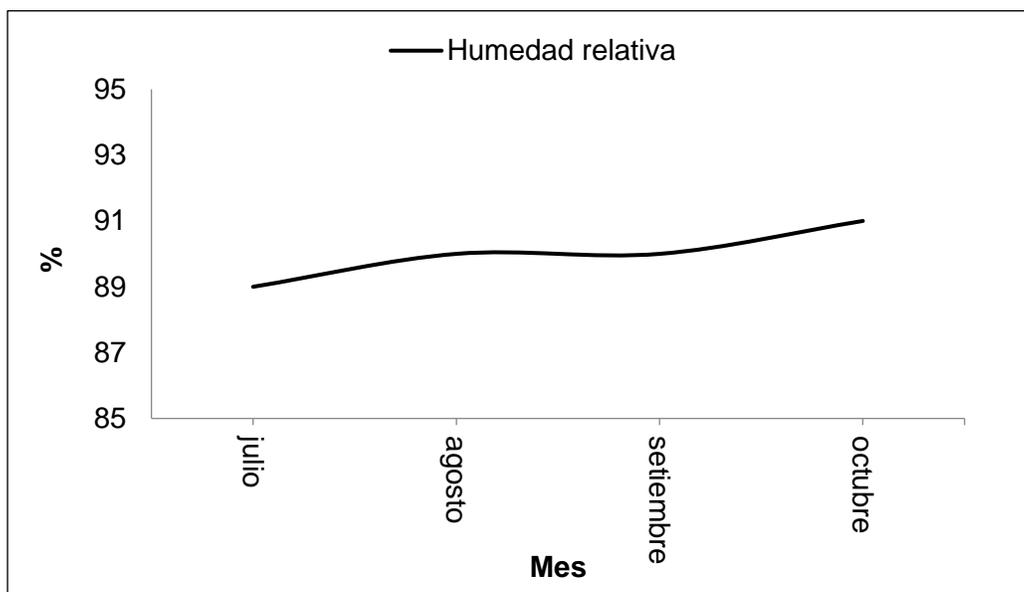


Figura 4. Comportamiento de la humedad relativa durante el periodo de investigación, Patio de Agua, Coronado, 2019.

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN).

3.2 Análisis de suelos

3.2.1 Toma de muestra

En la finca, se tomaron muestras de suelo a los potreros, al inicio del estudio, con el objetivo de evidenciar el estado de fertilidad en los suelos, las muestras fueron enviadas y analizadas por el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).



Figura 5. Muestra tomada a 20cm de profundidad, finca Pontevedra, Coronado, 2019.

Las muestras fueron tomadas en potreros con topografía plana únicamente, cada potrero cuenta con áreas de 2000 m² aproximadamente, se tomó muestra en 5 potreros, de cada uno se extrajeron 7 sub-muestras aleatorias (espacios libres de árboles), las cuales se homogenizaron para tomar una única muestra de 500g, las cuales fueron rotuladas y enviadas al laboratorio del INTA. Las muestras se extrajeron de aproximadamente los primeros 20 cm de suelo con un barreno de tipo “holandés”.

Después de procesadas y analizadas, se seleccionaron 3 potreros que presentaron condiciones físico-químicas muy similares con respecto a los demás, en cada uno de ellos se incorporaron 2 jaulas de 1 m x 1m, para un total de 6 jaulas.

Los suelos analizados en la zona de Patio de Agua del cantón de Vázquez de Coronado, son suelos de textura liviana (franco arenoso), de orden Andisol (origen volcánico, cenizas del Volcán Irazú). Estos son bajos en contenidos de bases de intercambio, sin problemas de acidez intercambiable, altos en materia orgánica (por estar en zonas frías: mayores a 1750 msnm), niveles medios en elementos menores y bajos en fósforo (al poseer alófana como mineral cristalino en

su estructura y esta arcilla presenta niveles de retención de fosfatos muy altos) (M. Corrales Soto, comunicación personal, 30 de junio 2019).

La condición de suelos volcánicos y alta materia orgánica, les permite tener una mayor retención de humedad cuando estar cubiertos por cultivos como los pastos. Poseen buen desarrollo radical, por presentar texturas francas. Sin embargo, son susceptibles de compactarse y de acidificarse si las condiciones de manejo no son las adecuadas (M. Corrales Soto, comunicación personal, 30 de junio 2019).

3.2.2 Resultado de análisis de suelo

Los elementos fueron analizados con equipo de absorción atómica (AA), a excepción del P, el cual se analizó con ultravioleta visible (colorímetro). Para los parámetros de Ca, Mg y acidez se utilizó la solución extractora de KCL 1M, mientras que para el K, P, Fe, Cu, Zn y Mn se utilizó la solución extractora con Olsen Modificado a ph 8,5.

En el cuadro 3, se muestra el análisis de suelo de los lotes seleccionados para el estudio.

Cuadro 3. Resultado de análisis de suelo, a 20 cm de profundidad, finca Pontevedra, Coronado, 2019.

Identificación de campo	pH	Cmol(+)/L				mg/L					%	% Sat. Acidez
	H ₂ O	K	Ca	Mg	Acidez	P	Fe	Cu	Zn	Mn	M.O	
* Niveles críticos medios →	5,6-6,5	0,2-0,6	4 - 20	1 - 5	0,5-1,5	10 - 20	10 - 100	2 - 20	2 - 10	5 - 50	3 - 8	10 - 50
LOTE # 1- # 16 PARCELA	5,7	0,33	2,2	0,7	0,1	140	616	49	5,2	5	6,9	3
LOTE # 2- #17 ARRIBA	5,5	0,38	2,5	1,0	0,2	170	777	55	5,6	6	8,4	5
LOTE # 3 # 15 ABAJO	5,3	0,46	0,8	0,6	0,2	131	637	52	5,6	6	11,3	10

Fuente: INTA

3.3 Homogenización

Al inicio de la evaluación, se aisló el forraje a estudiar, utilizando jaulas de exclusión, considerando el procedimiento propuesto por Mannetie y Jones (2000), con medidas de 1 m² cada una, las mismas se colocaron en 6 zonas, bajo las mismas condiciones dentro de la finca, que correspondieron a 6 repeticiones. El aislamiento tiene el objetivo de impedir el ingreso de las vacas a la zona de estudio.

Antes de comenzar el muestreo se cortó el forraje en el área de la jaula de exclusión, a una altura de 5-10 cm, se realizaron 3 primeras cortas de homogenización. Se escogió esta altura de corte porque se determinó, en investigaciones pasadas, que es la altura promedio a la cual los animales cosechan el pasto (Galli, 1996). Después de la primera corta, al rebrote de 4,5 hojas vivas, se hizo la segunda y tercera corta.

Estas cortas se hicieron con el objetivo de que todas las plantas dentro de la jaula, crecieran simultáneamente; una vez que se tuvo una densidad homogénea dentro de las jaulas, se inició el muestreo para el análisis.



Figura 6. Homogenización de la pastura dentro de cada jaula de análisis, finca Pontevedra, Coronado, 2019.

3.4 Recolección de muestras

Por medio de observaciones y conteo de hojas, se determinó el momento de la corta, la cual fue aproximadamente cada 23 días y consistió en cortar a una altura de 5-10 cm, al rebrote de 4,5 hojas vivas.

La muestra se colocó en bolsas plásticas con su respectiva identificación y fueron enviadas al laboratorio del INTA, donde se pesaron en fresco y se separaron en hojas y tallos.



Figura 7. Muestra de Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) recolectada de 1 jaula de exclusión, finca Pontevedra, Coronado, 2019.

3.5 Determinación del contenido de materia seca

El rendimiento se determinó mediante el corte total del pasto de cada jaula. Posterior al peso en verde de lo recolectado en cada jaula, se separaron las hojas y los tallos verdes y se pesaron de forma individual. Posteriormente, se secaron en una estufa de circulación de aire durante 72 h, a 60 °C.

3.6 Determinación de la relación hoja: tallo

El peso seco del forraje de cada jaula represento un 100% y el peso seco de las hojas y tallos de dicha jaula, represento un porcentaje de ese peso seco total, a partir de dichos valores se obtuvo la Relación Hoja: Tallo.

3.7 Determinación de los nutrientes

A partir de las muestras utilizadas para determinar el contenido de materia seca, el laboratorio INTA realizó los análisis correspondientes para determinar el contenido de nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), manganeso (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), magnesio (Mn) y azufre (S) en hojas y tallos.

Los elementos fueron procesados por digestión húmeda con ácido nítrico en horno microondas y analizados con equipo de absorción atómica (AA), a excepción de los elementos P y S, los cuales se analizaron por colorímetro con ultravioleta visible y N por digestión seca con el método de Dumas.

3.8 Análisis Estadístico

Los muestreos se realizaron en 3 potreros, cada potrero contenía 2 jaulas, evaluadas a través de 5 períodos de tiempo. Cada muestra se subdividió en hojas y tallos, para un total de $3 \times 2 \times 5 \times 2 = 60$ observaciones. Como se desprende de la descripción anterior, el diseño de muestreo es multinivel, por lo cual, los datos obtenidos en los muestreos, se analizaron estadísticamente utilizando modelos lineales generalizados mixtos.

Para las variables de concentración (% o ppm) se seleccionó la distribución beta, que es apropiada para datos de proporciones. El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$g^{-1}[E(Y|i, j(i), P_k, T_l, T * P_{kl})] = (\mu_0 + b_i + b_{j(i)}) + P_k + T_l + T * P_{kl} + \eta_{ijklm}$$

Donde:

$E(Y|i, j(i), P_k, T_l, T * P_{kl})$ es el promedio o esperanza matemática de la variable respuesta, condicionado por los efectos fijos y aleatorios

$g^{-1}(\cdot)$ es la inversa de la función de enlace logit.

μ_0 es el promedio general

b_i es el efecto aleatorio de la i -ésimo potrero

$b_{j(i)}$ es el efecto aleatorio de la j -ésima jaula anidada en el i -ésimo potrero

P_k es el efecto fijo de la parte (hoja o tallo)

T_k es el efecto del tiempo

$T * P_{kl}$ es el efecto de la interacción tiempo y parte

η_{ijklm} es el error aleatorio de la observación, con una estructura autorregresiva de primer orden con las observaciones anteriores y varianza heterogénea en el tiempo.

Todos los análisis se realizaron en el programa de lenguaje de programación estadístico R, Las comparaciones de promedios se realizaron mediante el ajuste de Tukey con un nivel de significancia de 0,05.

CAPÍTULO IV.

ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de suelo

Al analizar la condición química de los lotes (Cuadro 3), se puede indicar que no presentan problemas de acidez (pH intermedio: ligeramente ácido y acidez intercambiable baja); las bases de intercambio Calcio y Magnesio se encuentran en niveles bajos y Potasio en niveles medios. El elemento fósforo en niveles altos, lo cual puede deberse a aplicaciones de fertilizantes y/o purines durante los meses secos o finales de la época lluviosa y que le permite al elemento estar disponible (M. Corrales Soto, comunicación personal, 30 de junio, 2019).

Los elementos menores están en niveles medios, solamente el hierro presenta niveles altos (fuera de lo normal), lo cual puede estar influenciado por las condiciones químicas del elemento al ser susceptible de óxido-reducción y afectarse su concentración de acuerdo con las condiciones de humedad del suelo.

La materia orgánica en niveles medio-altos, muy esperados para suelos con cobertura de pastos en zonas de vida como la del presente trabajo de tesis. En términos generales, a excepción del fósforo y el hierro que se presentan en niveles altos (no esperables), los demás elementos son comunes en este tipo de suelos. Ninguna de las condiciones encontradas limita el desarrollo del pasto kikuyo (M. Corrales Soto, comunicación personal, 30 de junio, 2019).

4.2 Disponibilidad de materia seca

El contenido de materia seca tuvo variación en cada una de las partes analizadas del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), se presentaron diferencias significativas durante los meses de muestreo $p < 0.0001$, los porcentajes fueron de 11% a 15% de MS, en los meses de setiembre y octubre (seti-26 y octu-18), fue donde se encontraron los porcentajes más bajos de materia seca, la precipitación en estos meses, fue la más elevada, con respecto a los otros meses de muestreo, con valores de 304,6 mm y 365,8 mm respectivamente; Sánchez et al. (1995) explican que al haber mayor precipitación, y mayor acumulación de agua en el suelo, promueve el crecimiento del pasto, y una dilución en la materia seca; con la menor precipitación 78,4 mm, se obtuvo el porcentaje más alto de materia seca 15% en el mes de julio (Figura 3).

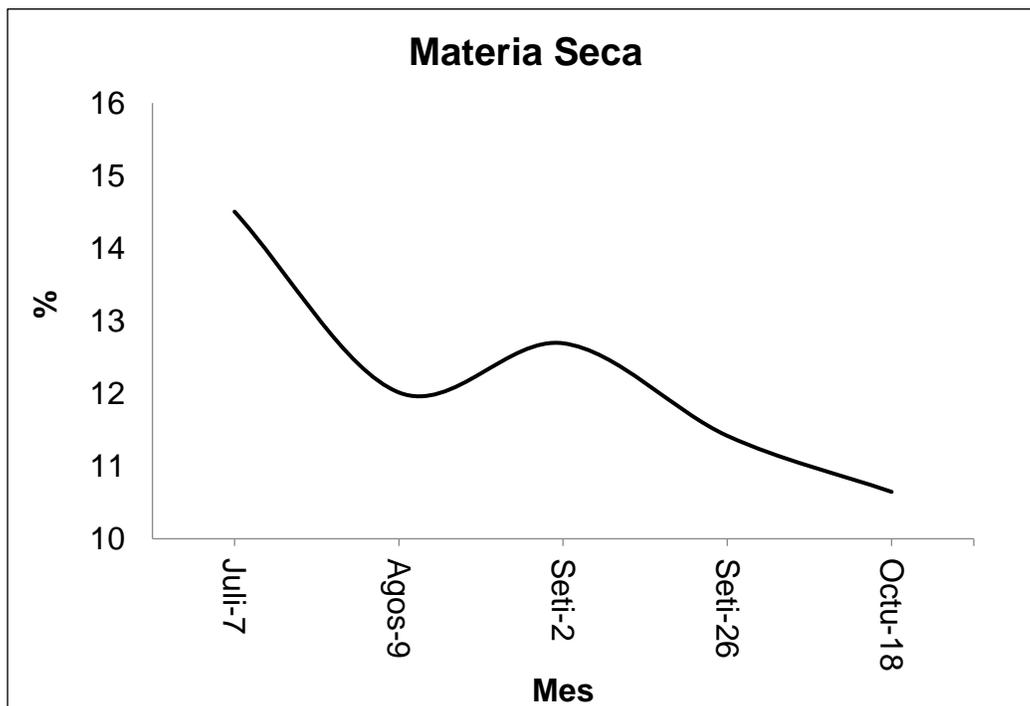


Figura 8. Porcentaje de materia seca obtenido durante el desarrollo del estudio.

El contenido de MS que se obtuvo fue en promedio 12,4%, para esta misma época, Sánchez y Soto (1996), Peters (2008) y Cascante (2018) obtuvieron un promedio de 14% de MS, mientras que Castillo et al. (1983) reportan un contenido de 10,8% de MS, por lo que los valores obtenidos en este estudio están dentro del rango esperado.

El valor promedio de MS expresado en kilogramos, durante los meses de julio a octubre (Cuadro 4), fue de 1353,4 Kg/Ms/ha/corte, cosechados con un número de hojas nuevas de 4,5 a 5 por tallo, con homogenización previa a cada cosecha, sin material senescente.

Cuadro 4. Materia seca de 6 repeticiones (jaulas), durante los meses de julio a octubre, en Patio de agua, Coronado, en el año 2019.

Muestreo	Kg/MS/ha	Desviación Estándar
jul-17	1504.33	288.85
ago-06	843.80	340.90
Seti-2	1914.50	619.78
Seti-26	1555.33	555.62
oct-18	896.63	254.17
nov-11	1405.85	372.38
Promedio	1353,4	405,28

En otros estudios realizados en kikuyo, la disponibilidad forrajera, expresada en MS, fue de 7434,36 kg/MS/ha por Peters (2008) y 7108 kg/MS/ha por Andrade (2006), sin embargo, las cosechas se realizaron con metodología de botanal, donde no se conoce el residual inicial y no existe una homogenización previa, por lo que se pueden medir biomasa disponible para cosechas anteriores, que el animal no consumió en su momento; además, estos valores se obtuvieron con 28-30 días aproximadamente, y no necesariamente basados por la fenología del forraje.

Villalobos et al. (2013) estimaron un aprovechamiento consumible por parte del ganado sobre el pasto kikuyo igual a 31,95%. Cascante (2018) reporta un aprovechamiento del 44% en la época lluviosa. Herrero et al. (2000) mencionan que generalmente se estima para el kikuyo un porcentaje de aprovechamiento consumible en el potrero de 15-30%.

Utilizando una metodología de uniformización de la pastura, donde pastorean vacas de producción y, posteriormente, vacas para parto, en un mismo potrero Cascante (2018) obtiene datos de 2,75 t/Ms/ha en la época de lluvia. Por otra parte, Sánchez et al. (1985) y Castillo et al. (1983) reportan datos de 2,20 y 1,55 t/MS/ha, respectivamente, con edades de recuperación de 28 días Sánchez e Hidalgo (2009) reportan un rendimiento de 1,72 y 0,78 t/MS/ha para las épocas seca y lluviosa respectivamente, con edad de recuperación de 30 días, en la zona alta lechera de Costa Rica (2500 m.s.n.m).

Los valores de materia seca encontrados en este estudio, son similares a los que se encontraron en otros estudios, a pesar de que se ha desarrollado con metodología de uniformizaciones previas a cada cosecha, recolectadas aproximadamente a los 23 días, y no a los 28-33 días como en las otras investigaciones, ya que se obtuvo en promedio 1,4 t/MS/ha por corte durante los meses de julio a octubre (Cuadro 4).

4.2.1 Contenido de materia seca en hojas y tallos

El contenido de materia seca, presente en hojas y en tallos, presentó diferencia significativa $p < 0,0001$, las diferencias significativas se presentaron en todos los meses de estudio, con valores de $p < 0,0001$, $p = 0,0024$, $p = 0,0004$, $p < 0,0001$ y $p < 0,0001$, durante los muestreos realizados el 17 de julio, 6 de agosto, 2 de setiembre, 26 de setiembre y 18 de octubre, respectivamente. En la Figura 9, se muestra que hay mayor porcentaje de materia seca en las hojas (H) y menos porcentaje en el tallo (T), la acumulación de materia seca de hojas fue superior al de tallo. El promedio obtenido para la materia seca de las hojas fue de 15%, mientras que el promedio obtenido en materia seca de tallos fue de 10%.

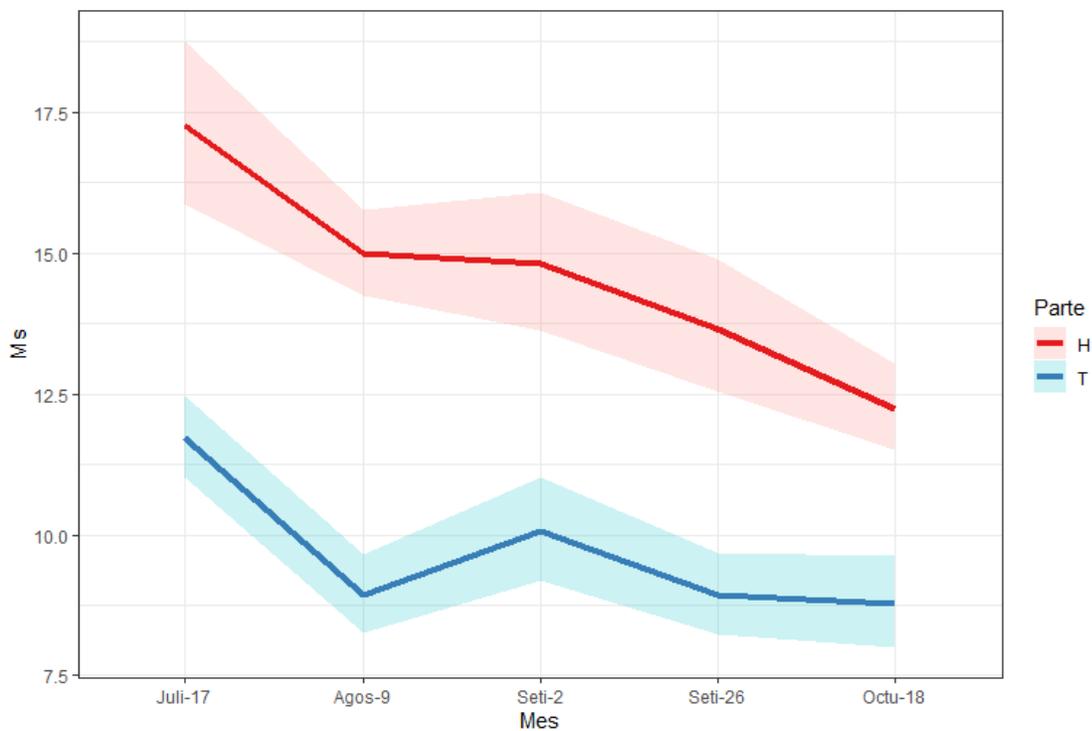


Figura 9. Contenido promedio de materia seca (líneas) y su intervalo de 95% de confianza (cintas) en hojas y tallos de kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*). Parte H= Hoja, T= tallo.

La materia seca disponible por hectárea fue de 852 kg/Ms en hojas y 554 kg/Ms en tallos. Otros estudios han demostrado que el contenido de materia seca en el pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), es superior en hojas que, en tallos, Andrade (2009) para esta misma época reporto promedios de 16% y 15 % de MS en hojas, para la época lluviosa, en los años 2004 y 2005 respectivamente, mientras que, para la parte del tallo, obtuvo porcentajes de 13,4% y 13% en estos mismos años.

4.3 Relación de hojas y tallos

El comportamiento en la relación hoja: tallo que se obtuvo durante el desarrollo de la investigación, fue en promedio 62:38, como se observa en la figura (10), la RHT se mantuvo constante en todos los muestreos.

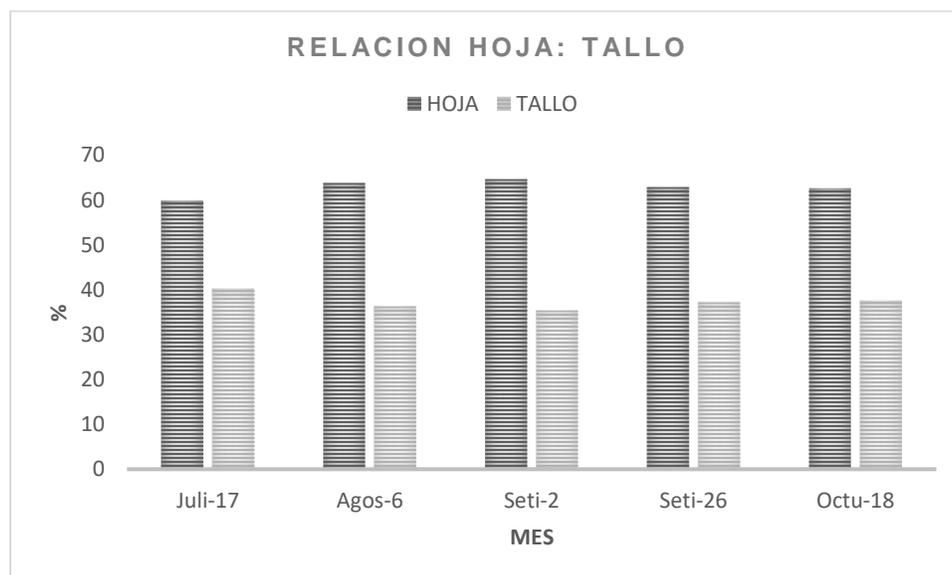


Figura 10. Relación hoja: tallo obtenida durante el desarrollo del estudio.

La relación más baja se presentó en el muestreo de julio (Juli-17), con una relación 60:40, mientras que en el muestreo de setiembre (Seti-2), se obtuvo la relación más alta 65:35. Sin embargo, en todos los muestreos la RHT fue similar al promedio general 62:38, Liliana et al. (2014) indican que cuando el nivel de humedad es alto, se obtiene mayor relación hoja: tallo, y menor relación, cuando la humedad es baja, dicha información concuerda con los datos obtenidos, donde la menor RHT se obtuvo en Julio, donde se presentó menor humedad, y hubo mayor RHT en setiembre (Seti-2) con mayor humedad.

En un estudio realizado por Andrade (2006) indica que las hojas presentan mayor proteína cruda que los tallos, y los tallos poseen mayor digestibilidad que las hojas. Aunque ambos presentan beneficios, se debe buscar aumentar la disponibilidad de hojas en la pastura debido a que es la estructura preferida por las vacas en pastoreo, que presenta mejor calidad nutricional y menor resistencia al corte.

En Nueva Zelanda a los 14 días de rebrote del kikuyo, se obtiene la mayor relación hoja: tallo, con poco contenido de materia seca (1650 kg/MS/ha), a los 28 días, la proporción hoja: tallo, es de 50:50, con 3800 kg/MS/ha; a los 42 días, su relación es de 33:66, con 4200 kg/MS/ha.

En el presente estudio, en un promedio de 23 días, se obtuvo una relación de 62:38, comparándolo con los datos anteriores, concuerda que, a menor número de días, hay mayor RHT, con respecto a la materia seca obtenida en cada RHT, demuestra que, al aumentar el número de días, se obtiene más kg de MS, sin embargo, va haber más proporción de tallo que de hoja, por lo que tendría menos aprovechamiento.

En la época lluviosa en el 2004, Andrade (2006) obtuvo una relación de 66% hoja 33% tallo, para la misma época en el año 2005, obtuvo 63% tallos, 37% hojas, estos datos los obtuvo, utilizando la técnica de desmenuzado o corte, después de los pastoreos, en la zona de San José de la montaña, a 2100 m.s.n.m., datos muy similares a los obtenidos en este estudio, para la época de lluvia en zona alta.

4.4 Contenido mineral

En el Cuadro 5, se aprecian los promedios de cada elemento, en las hojas y tallos del pasto kikuyo, Los límites de intervalo de confianza se muestran con las letras LI95 (límite inferior) y LS95 (límite superior).

Cuadro 5. Contenido de nutrientes del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), realizado en los meses de julio a octubre, en Patio de agua, Coronado, en el año 2019.

UNIDAD	ELEMENTO	PARTE	PROMEDIO	LI95	LS95	VALOR P
%	N	Hoja	4,61	4,52	4,69	0,2729
		Tallo	4,53	4,38	4,68	
	K	Hoja	2,95	2,69	3,24	<0,0001
		Tallo	4,15	3,88	4,44	
	P	Hoja	0,43	0,42	0,45	0,0001
		Tallo	0,48	0,45	0,5	
	Ca	Hoja	0,27	0,23	0,32	0,0002
		Tallo	0,19	0,16	0,22	
	Mg	Hoja	0,13	0,12	0,14	0,0011
		Tallo	0,15	0,14	0,16	
S	Hoja	0,19	0,19	0,2	0,5572	
	Tallo	0,19	0,18	0,2		
Mg/Kg	Mn	Hoja	36,86	32,17	42,19	0,1795
		Tallo	40,7	34	48,65	
	Cu	Hoja	9,87	9,27	10,51	0,0098
		Tallo	8,65	8,03	9,33	
	Zn	Hoja	51,46	45,62	58,00	<0,0001
		Tallo	77,28	70,22	84,99	
	Fe	Hoja	302,75	278,98	327,62	0,9945
		Tallo	302,65	273,98	332,94	

4.4.1 Nitrógeno (N)

No se encontraron diferencias significativas ($p= 0,2729$), en el contenido de N presente en las hojas y tallos del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 11), pero se encontró una interacción Parte*Mes significativa ($p= 0,0087$).

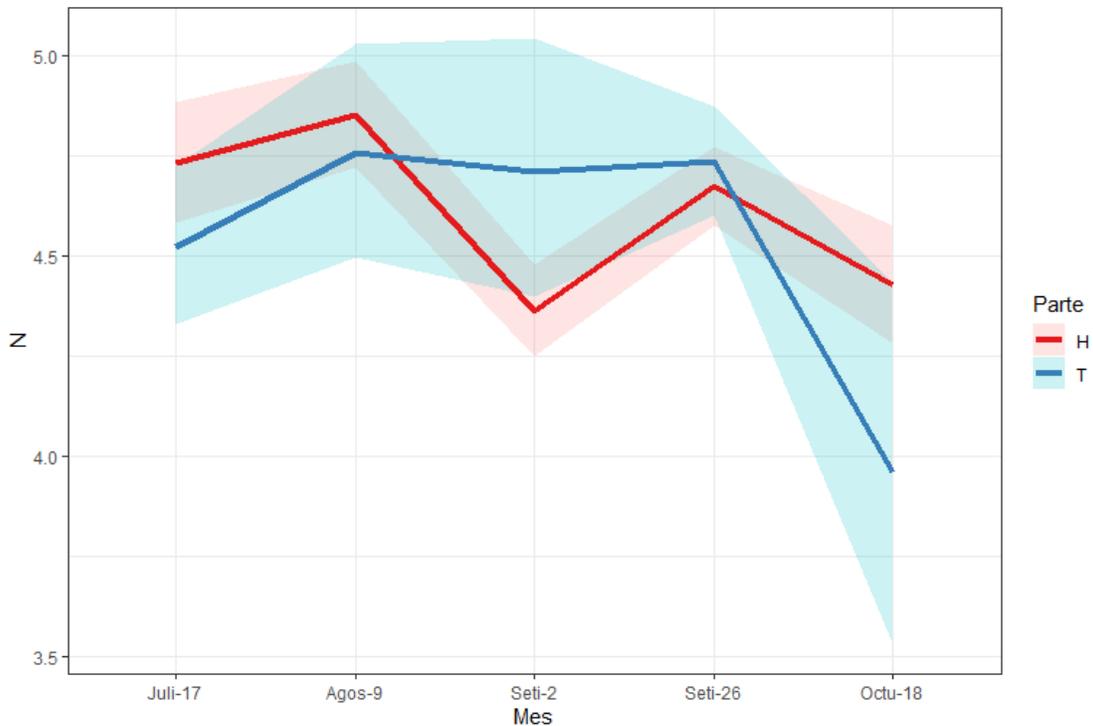


Figura 11. Contenido de nitrógeno (N), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

Los promedios obtenidos para el N fueron de 4,61 % para hoja y 4,53% para tallo, para este elemento, no se encontraron diferencias significativas en su contenido en hojas y tallos, a pesar de que la fertilización siempre fue la misma, los contenidos de ambos dependen de múltiples factores ambientales (condiciones climáticas actuales).

En un estudio realizado por Cascante (2018), el promedio de N fue de 4,5%, cosechado a la edad fenológica de 4.5 hojas vivas, en la época lluviosa, datos iguales a los encontrados en este estudio.

4.4.2 Potasio (K)

Se encontraron diferencias significativas ($p = 0,0039$), en el contenido de K presente en las hojas y tallos del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 12), no se encontró diferencia significativa en la interacción Parte*Mes ($p= 0,5999$).

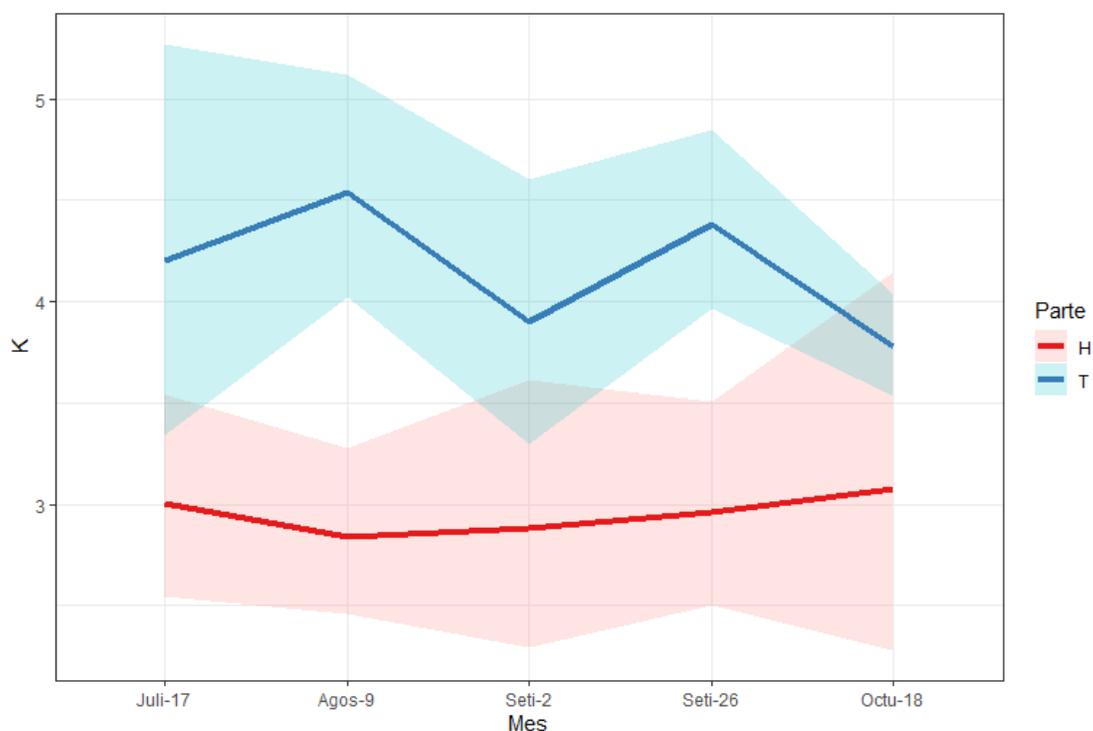


Figura 12. Contenido de Potasio (K), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

En esta etapa fenológica del kikuyo, los promedios de K son mayores en tallos que en hojas, 4,15% y 2,95% respectivamente, resultados que concuerdan con Babu (1990), Lazcano-Ferrat (1999), Rengel (2011) y Ureña (2014), quienes encontraron que el K se acumula principalmente en el tallo, al alcanzar el crecimiento y maduración de las plantas.

Para esta misma época, Andrade (2006) obtuvo porcentajes de 2,87% y 3,28%, en los años 2004 y 2005 respectivamente para la época lluviosa, en San José de la montaña; Vargas (1981) obtuvo 4,37% y, en Colombia, Correa et al., (2008) obtuvo 3,69%, datos similares a los obtenidos en el presente estudio en hojas y tallos. Los promedios de K que reporta la literatura para el pasto kikuyo (0,69-5,51 % K) indican que los porcentajes obtenidos en hojas y tallos son normales (Cuadro 1).

4.4.3 Fósforo (P)

Se encontraron diferencias significativas ($p=0,0001$) en contenido de fósforo en hojas y tallos del pasto Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 13), mientras que en la interacción Parte*Mes no se encontró diferencia significativa ($p= 0,7718$).

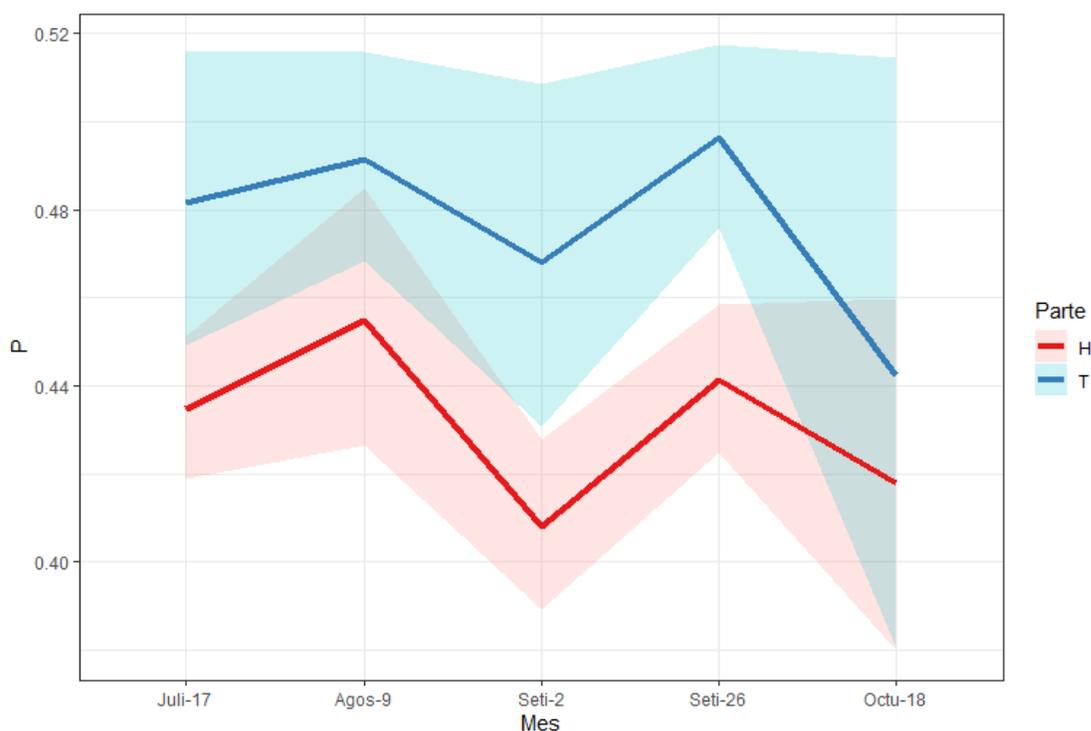


Figura 13. Contenido de Fósforo (P), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*). con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

Se obtuvo un promedio de 0,43% de la MS, para las hojas y 0,48 % para el tallo. El P mantuvo una concentración mayor en tallos, Rautenbach et al. (2008), confirman lo anterior, y describen que las hojas tienen menos contenido de fósforo que los tallos, reportando para forraje verde 0,26 %MS de P en las hojas y 0,31 % MS de P en los tallos.

Andrade (2006) reportó para la época lluviosa, 0,44% de P, para el año 2005, en San José de la Montaña de Heredia; en Colombia se reporta un 0,46% para la misma época, en el año 2008 (Correa et al., 2008). De acuerdo con estos autores y con el rango reportado en la literatura (0,11-1,03% P), el kikuyo analizado presenta valores normales de fósforo (Cuadro 1).

Se ha confirmado que existe una interacción positiva entre N y P (Fageria, 2001), lo cual concuerda en este estudio, ya que la absorción de P tuvo un comportamiento similar a la absorción de N (Figura 11). En los muestreos de mayor absorción del N, hubo mayor absorción de P, Agos-9 y Seti-26 fueron los meses de mayor absorción de ambos.

4.4.4 Calcio (Ca)

Se encontraron diferencias significativas ($p = 0,0039$), en el contenido de Ca presente en las hojas y tallos del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 14) y diferencia significativa en la interacción Parte*Mes ($p= 0,8113$).

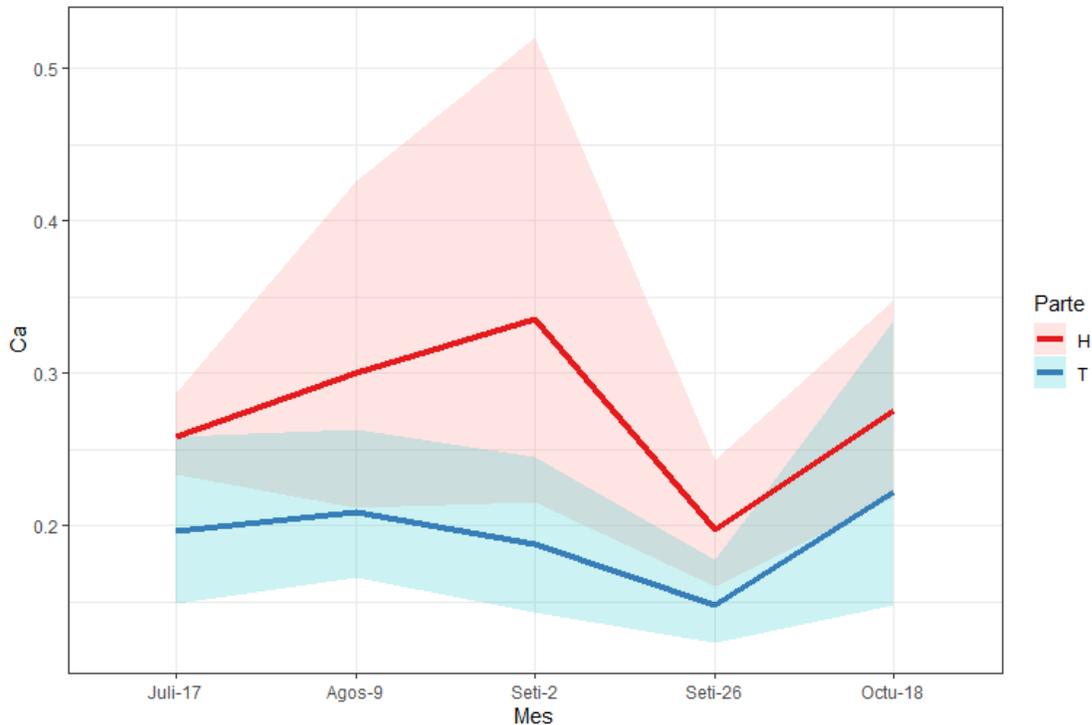


Figura 14. Contenido de Calcio (%), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*). con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

Como se aprecia en la Figura 14, el contenido de Ca, fue superior en hojas, durante todos los meses de estudio, se obtuvo un 0,27% en las hojas y 0,19% en tallos; Molina (2006) indica que el nivel de Ca aumenta al presentarse una disminución en la humedad, por lo que puede haber variaciones en su contenido, lo que concuerda con los resultados obtenidos ya que en el muestreo realizado en setiembre (Seti-26), se obtuvo menor contenido de Ca en hojas y tallos, y este fue un mes en donde hubo un aumento de la humedad (Figura 4.).

Otros estudios, realizados en plantas, reportan que el Ca es superior en las hojas que en otros órganos (Ureña, 2014; León 2003). En estudios realizados en Coronado al kikuyo, Vargas (1981) obtuvo 0,25% en la época lluviosa, al igual que Sánchez et al. (1986) con un 0,22% en San José de la Montaña. En Chile, en un estudio realizado en los meses de agosto a noviembre, por Fonseca (2015), se obtuvo un 22 % de Ca en la MS, con una edad fenológica de 4 hojas vivas, en kikuyo. El Ca se encuentra dentro del rango reportado en la literatura 0,09-0,85% (Cuadro 1), y similares a los obtenidos por dichos autores en las épocas lluviasas.

4.4.5 Magnesio (Mg)

El Mg a nivel foliar presentó diferencia significativa ($p = 0,0011$), en hojas y tallos del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 15), mientras que en la interacción Parte*Mes no se encontró diferencia significativa ($p= 0,7191$).

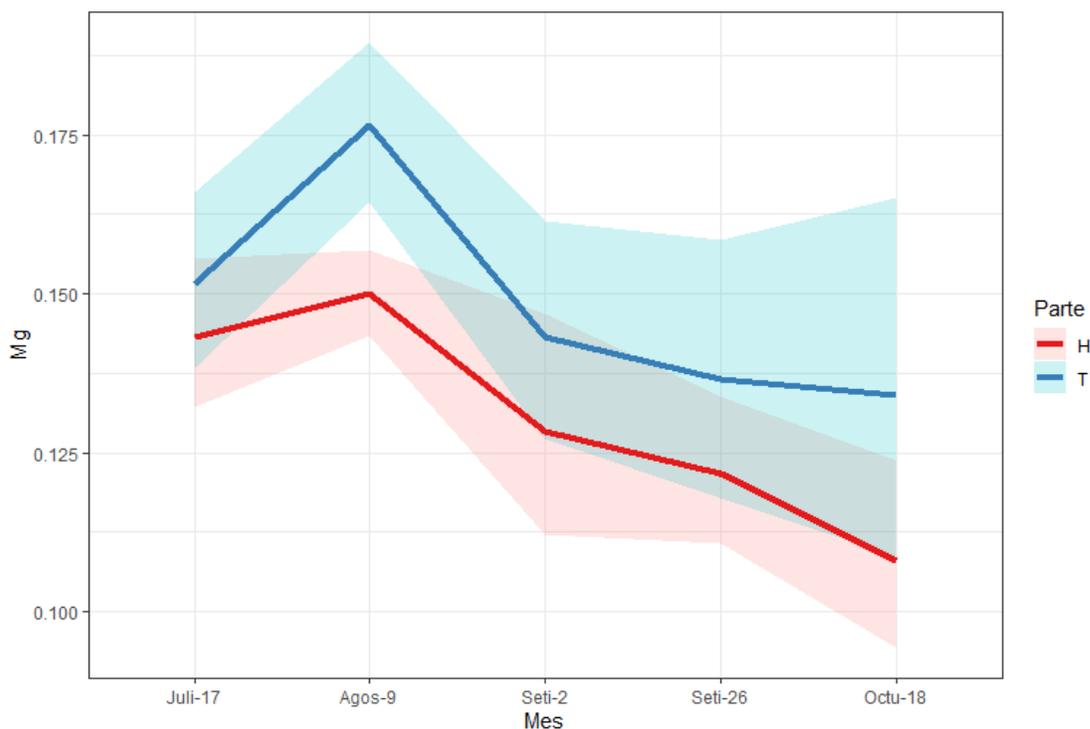


Figura 15. Contenido de Magnesio (Mg), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

Los promedios de Mg obtenidos fueron de 0,13% en hoja y 0,15% en tallo, la absorción de este elemento, se ve afectado por las altas temperaturas, Molina (2006) explica que este mineral es “poco móvil” en la planta, por lo que su nivel aumenta durante la época seca o semiseca, lo que concuerda con la absorción de Mg en el presente estudio, en la Figura 15, se muestra un descenso en la absorción de Mg, al aumentar las lluvias y temperaturas (Figura 3).

Reeves et al. (1996) encontraron que al aumentar la edad de las hojas individuales de kikuyo, el contenido de Mg aumenta, en cosechas de 30 días Sánchez et al. (1986), en la zona montañosa central, obtuvieron un promedio de 0,21% de la MS y Andrade (2006) obtuvo un promedio de 0,25% de la MS, valores próximos a los encontrados; la literatura reporta un rango de 0,09-0,74 % de Mg (Cuadro 1).

4.4.6 Azufre (S)

No se encontraron diferencias significativas ($p= 0,5572$), en el contenido de S presente en las hojas y tallos del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 16) ni en su interacción Parte*Mes ($p= 0,8119$).

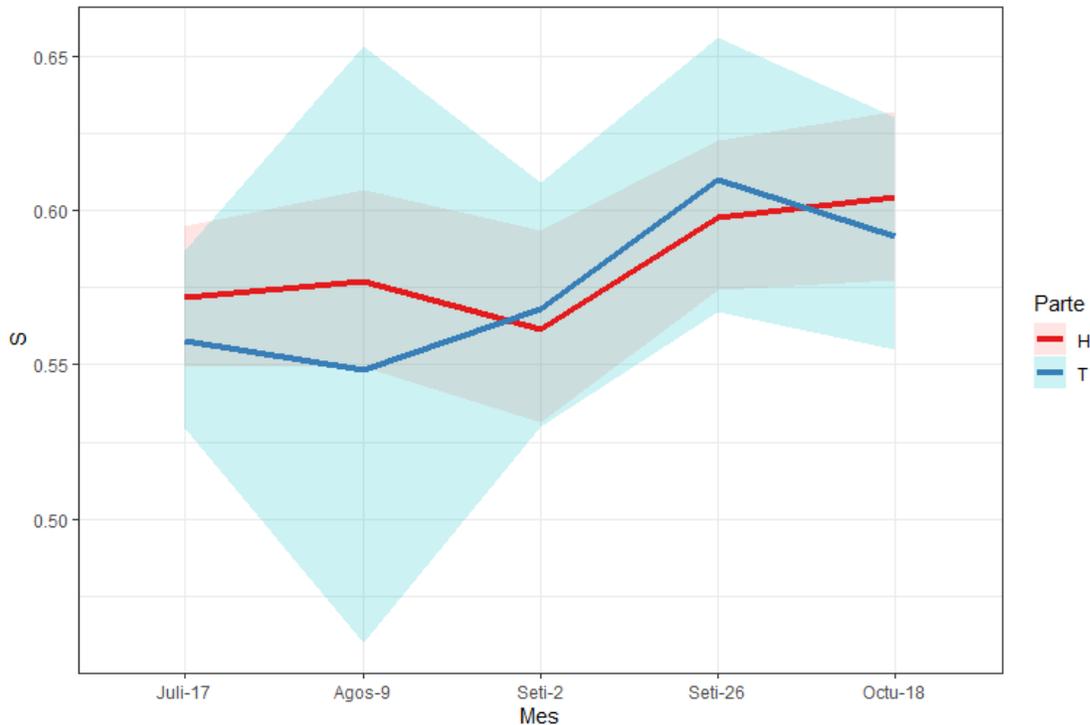


Figura 16. Contenido de azufre (S), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

El contenido de azufre fue en promedio 0,19% en hojas y 0,19% en tallos. Sánchez (2001), para esta misma época, reportó valores similares a los encontrados, con un promedio de 0,21% en S en kikuyo; de igual forma, este elemento se encuentra dentro del rango reportado por la literatura 0,12-0,35% (Cuadro 1).

Hill (1980) indica que la retención y movimiento de elementos como S, está relacionada con el movimiento del nitrógeno, en la Figura 16 se observa un comportamiento similar al Nitrógeno (Figura 11), en el muestreo realizado en Seti-2 hubo un descenso en la absorción de S en hojas, presentándose también menos

absorción para el N en ese muestreo en hojas, en general, en todos los muestreos, se observa la similitud del comportamiento del S con respecto al N.

4.4.7 Manganeso (Mn)

No se encontraron diferencias significativas ($p = 0,1795$), en el contenido de Mn, presente en las hojas y tallos del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 17), Pero se encontró efecto significativo de la interacción Parte*Mes ($p = 0,0001$).

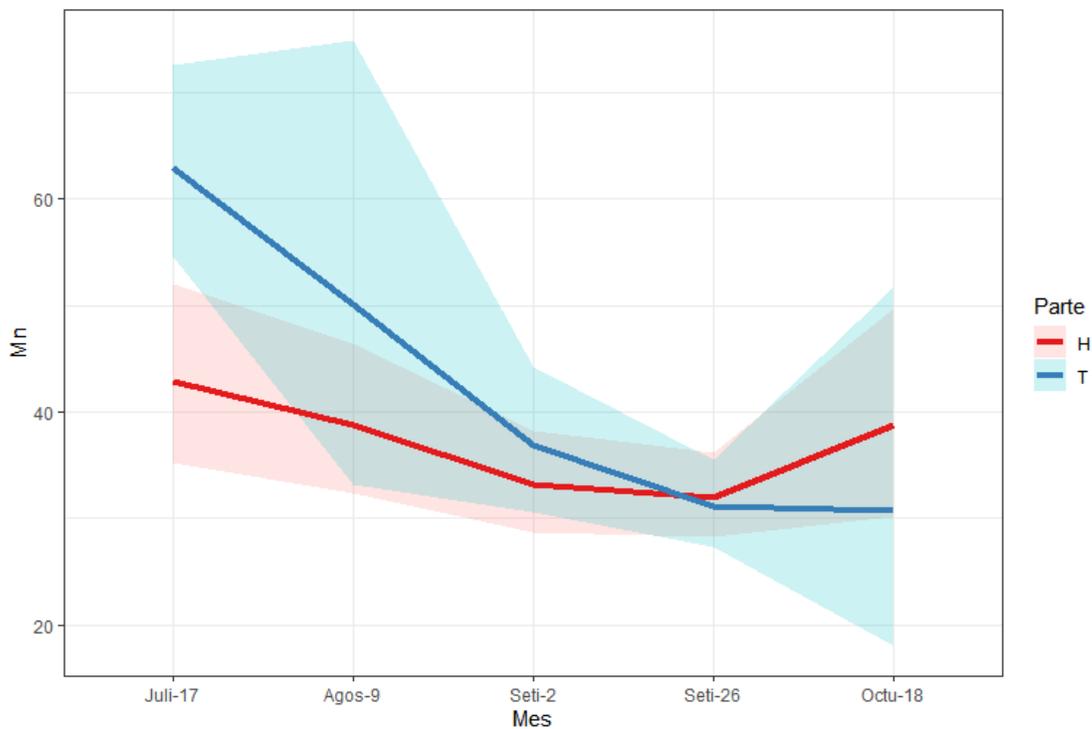


Figura 17. Contenido de Manganeso (Mn), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

La concentración de Manganeso, varía drásticamente en función de los factores ambientales, Molina (2006) indica que se van a presentar mayores concentraciones de Mn durante la época semiseca por ser un mineral de carácter “inmóvil”.

En el presente estudio, la mayor concentración de Mn se dio efectivamente, en la época de menos precipitación (Figura 3), en el muestreo realizado en julio (Figura 17), Al aumentar la precipitación, disminuyó la concentración de Mn. Se encontró diferencia significativa entre los meses de muestreo ($p < 0,000$).

Los promedios obtenidos fueron de 36,86 (mg/kg) para hojas y 40,70(mg/kg) para tallos, valores muy similares a los obtenidos por Vargas (1981), quien reporta promedios de 34-43 (mg/kg), en la época de invierno en Coronado, de igual forma, los niveles de Mn encontrados en el presente estudio se encuentran dentro del rango reportado por la literatura 25-450 mg/kg MS (Cuadro 2).

4.4.8 Cobre (Cu)

Se encontraron diferencias significativas ($p = 0,0098$), en el contenido de Cu, presente en las hojas y tallos del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 18), mientras en la interacción Parte*Mes no se encontró diferencia significativa ($p=0,2389$).

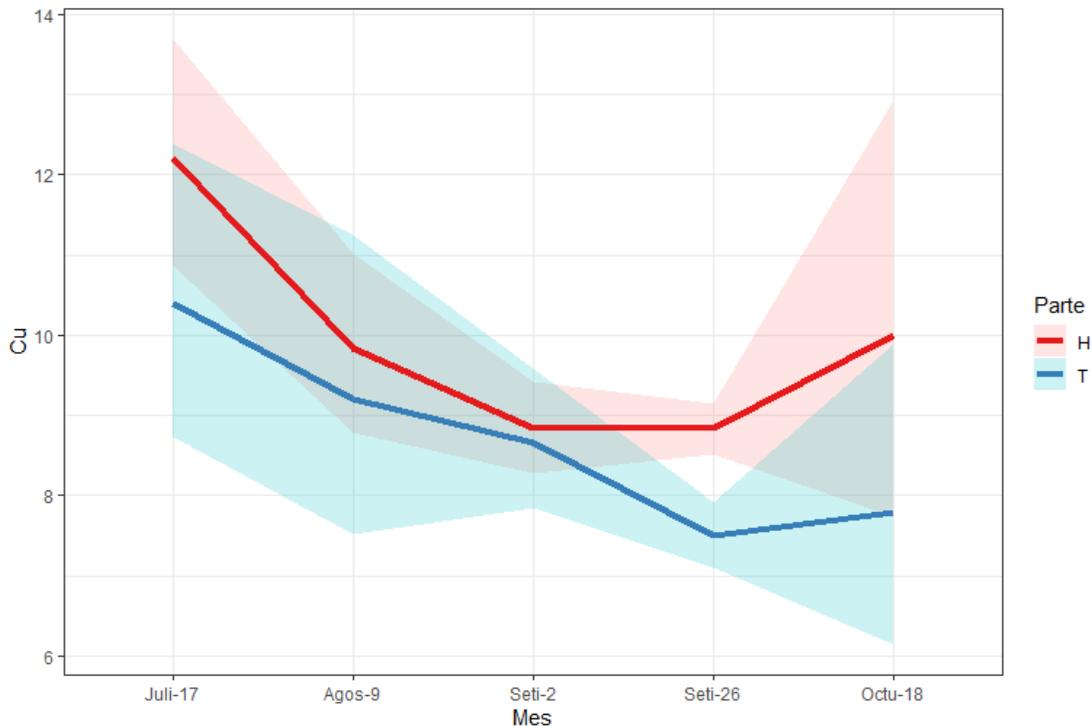


Figura 18. Contenido de Cobre (Cu), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

Como se muestra en la Figura 18, el contenido de cobre en hojas fue superior al contenido en tallos, se obtuvieron promedios de 9,87mg/kg en hojas y 8,65mg/kg en tallos, datos muy cercanos a los obtenidos por Vargas (1981), en la época lluviosa en Coronado (9 mg/kg MS) y dentro del rango reportado por la literatura 2-15 mg/kg MS (Cuadro 2).

4.4.9 Zinc (Zn)

Se encontraron diferencias significativas ($p = 0,0059$), en el contenido de Zn, presente en las hojas y tallos del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 19) y en su interacción Parte*Mes ($p < 0,0000$).

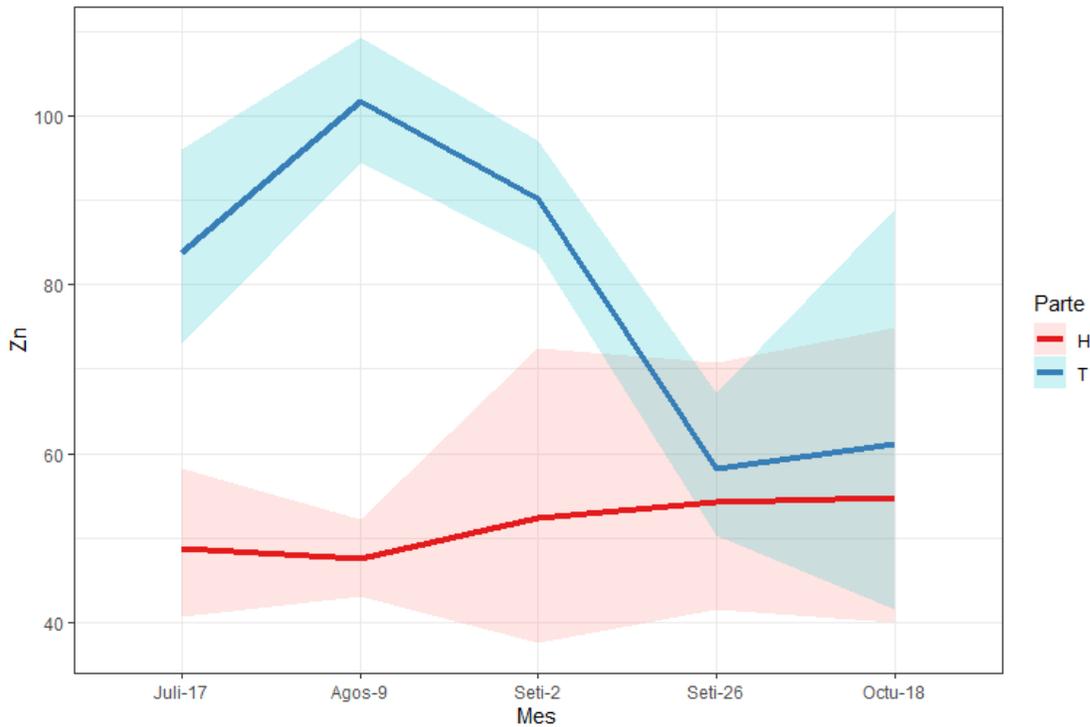


Figura 19. Contenido de Zinc (Zn), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

Quesada (1981), en Coronado, reporta un leve aumento en la época semiseca con respecto a la lluviosa, lo que concuerda con lo encontrado en el presente estudio, donde las mayores concentraciones de Zn se dan en la época de menor precipitación.

Los promedios obtenidos fueron mayores en tallos que en hojas, 77,28 mg/kg y 51,46 mg/kg respectivamente. En Antioquia Colombia, Correa et al. (2008) reportan valores aproximados a los encontrados, 59,5mg/kg para esta misma época y en Costa Rica según lo reportado por la literatura, los rangos encontrados en este estudio se encuentran dentro de lo normal 11-94 mg kg (Cuadro 2).

4.4.10 Hierro (Fe)

No se encontraron diferencias significativas ($p = 0,9945$), en el contenido de Fe, presente en las hojas y tallos del kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (Figura 20), pero se encontró diferencia significativa en la interacción Parte*Mes ($p < 0,0000$).

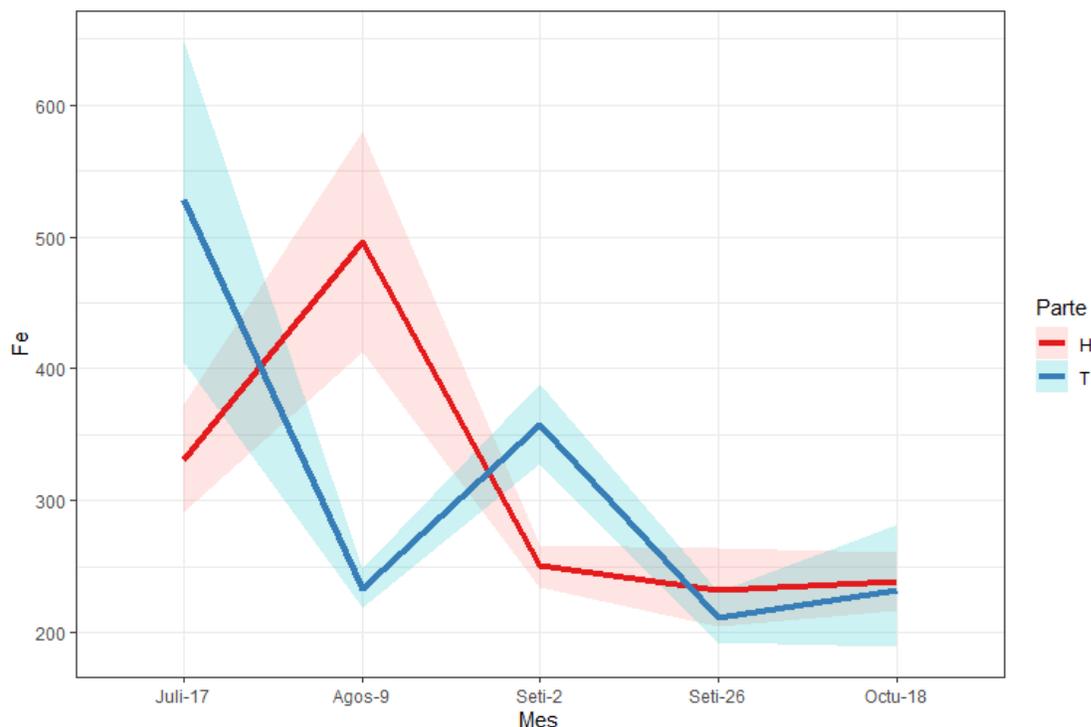


Figura 20. Contenido de Hierro (Fe), en hojas y tallos del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, Coronado, 2019.

Entre los órganos (hoja y tallo) el hierro presenta una absorción muy variable, sin un patrón claro establecido, en promedio el contenido de Fe en hojas y tallos fue de 302,75 mg/kg MS y 302,65 mg/kg MS respectivamente. El Fe se encuentra dentro del rango reportado en la literatura 57-379 mg/kg MS (Cuadro 2).

A pesar de que estadísticamente no se encontraron diferencias ($p = 0,9945$) entre los promedios generales de hojas y tallos, el análisis comparativo dentro de cada mes mostró diferencias en hojas y tallos (Juli-17, Agos-9 y Set-2); este comportamiento al igual que los cambios de concentración entre los órganos (hoja y tallo), puede ser causa de la “movilidad variable” que presenta este elemento.

CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Las mayores disponibilidades de materia seca durante la época de invierno (julio-octubre) se registraron en los muestreos de menor precipitación y humedad. El valor promedio de disponibilidad de materia seca fue de 1353.4 Kg/MS/ha.

Las hojas verdes del pasto kikuyo presentaron mayor contenido de MS con respecto a los tallos, 15% y 10% respectivamente, no se encontró material senescente, debido a que se realizaron cortas para homogenizar y se cosechó a las 4.5 hojas vivas.

Durante los muestreos realizados el kikuyo presentó mayor proporción de hojas, se obtuvo una relación hoja: tallo de 62:38, el aprovechamiento por hectárea fue de 852 kg/Ms en hojas y 554kg/Ms en tallos.

Dentro de los nutrientes de la materia seca, se obtuvieron diferencias significativas en hojas y tallos en el contenido de K (2.95% Hoja y 4.15 % en tallo), el contenido de P presentó diferencias significativas, siendo mayor en tallo (0.43% hoja y 0.48% tallo), el Ca presentó diferencias significativas, con mayor contenido en hojas (0.27% hoja y 0.19% tallo), al igual que el Cu (9.87 mg/kg hoja y 8.65 mg/kg tallo) y el Zinc presentó diferencias significativas, siendo mayor el contenido en tallos que en hojas (58.33 mg/kg hoja y 71.17 tallo).

El N, Mn, Fe y S no presentaron diferencias significativas en su contenido en hojas y tallos, N (4.61% hoja y 4.53% tallo), Mn (36,86 mg/kg hoja y 40.70 mg/kg tallo), Fe (302.75 mg/kg y 302.65 mg/kg) y S (0.19% hoja y 0.18% tallo).

Al aumentar la precipitación, nutrientes como el Mg, Mn y Cu presentaron menor concentración. El S presentó una relación con el movimiento del N.

Recomendaciones.

Valorar cambios en el sistema de rotación de pastoreo y realizar análisis más profundos sobre el tema, para modificar a la edad fenológica de 4.5 hojas vivas, edad donde hay mayor disponibilidad de hoja y calidad de la pastura. La edad fenológica de 4.5 hojas en esta época, se presentó en un promedio de 23 días, por lo que se obtendrán más pastoreos al año, que en la rotación de 28-30 días con la que cuenta la finca Pontevedra.

Se recomienda la suplementación de alimentos balanceados y subproductos, en función de la productividad, disponibilidad y calidad de la pastura, para compensar el déficit del forraje.

Debido a la diferencia en el contenido de nutrientes de hojas y tallos, es conveniente realizar análisis foliares a sus partes por separado, y fertilizar de acuerdo con la relación hoja: tallo que presente la pastura en la edad de 4.5 hojas vivas.

Es conveniente realizar nuevas investigaciones y trabajos de graduación en donde se aplique el conocimiento generado de esta tesis, análisis más profundos ante la toma de decisiones de cambios radicales en sistemas de pastoreo.

Tomar en cuenta los resultados del anexo (Figura A7), como apoyo para la aplicación práctica de fertilización del pasto kikuyo en la época de invierno.

CAPÍTULO VI.
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amador, A.; Jiménez, C. (2003). Papel de los sistemas ganaderos basados en pasturas en el desarrollo sostenible y el incremento en la competitividad. En: *Producción y utilización de forrajes. Producción de pastizales* (1). p.112
- Andrade, A. S; Santos, P. M; Pezzopane, R. M; Araujo, L. C; Pedreira, B. C; Pedreira, G. S; Marin, F. R; Lara, A. S. (2015). Simulación del crecimiento de forrajes tropicales y acumulación de biomasa: una descripción general del desarrollo y la aplicación del modelo. *Ciencias de la hierba y el forraje*. (71), pp. 54-65.]
- Andrade, M. (2006). Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov) *en la producción de ganado lechero en Costa Rica*. Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica (UCR). Costa Rica.
- Andrewes, W. (2002). *Research report for Kikuyu Action*. Group AGM.
- Annessens, M. (1989). Essai de fertilisation du *Pennisetum clandestinum* au Cameroun: aspects qualitatifs et quantitatifs. *Tropicultura*. (7), pp.54-59.
- Anwandter, V; Balocchi, O; Parga, J; Canseco, C; Teuber, N; Abarzúa, A; Lopetegui, J; Demanet, R. (2007). Capítulo 6: Métodos y control del pastoreo, pp. 91-105. En: Teuber N, Balocchi O y Parga J. (eds.). *Manejo del Pastoreo*. Imprenta América. Osorno, Chile.
- Arguedas, S. (2014). Práctica dirigida en la finca de ganado lechero de la Asociación Roblealto. *Pro-Bienestar del Niño*. San José de la Montaña, Barva de Heredia. Práctica dirigida Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p.125.
- Atkinson, D.; Dawson, L. (2000). *Root growth. Soil and environmental analysis physical methods*. Smith, K; Mullins, C; Marcel Dekker Inc. (Eds.). Nueva York, Estados Unidos.
- Avellaneda, Y; Muñoz, E. A; Vargas M. J. (2020). Efecto de la edad de rebrote sobre el desarrollo morfológico y la composición química del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto colombiano. *Rev. CES Med. Zootec.* 15 (2), pp. 23-37.

- Awad, A.; Edwards D.; Milham P. (1976). *Effect of pH and phosphate on soluble soil aluminium and on growth and composition of kikuyu grass*. Plant and soil. (45), pp.531-542.
- Babu, C. (1990). Sugarcane. Allied Publishers. New Delhi. India. p. 252.
- Bargo, F., Muller, L.; Kolver, E.; Delahoy, J. (2003). *Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture*. Journal of Dairy Science. 86 (1), pp.1-42.
- Barners, R.; Nelson, C., Moore, K.; Collins, M. (2007). *Forages The Science of Grassland Agriculture* (6^a ed). Iowa, US. Blackwell Publishing.
- Bell, M. J; Cullen, B. R; Eckard, R. J. (2011). The production of perennial ryegrass and kikuyu pastures in south-eastern Australia under warmer and drier future climate scenarios. In: editors, 19th International Congress on Modelling and Simulation. Medellin and simulation society of Australia and New Zealand, Perth, AUS. pp. 753-758.
- Betteridge, K. (1979). *An evaluation of mixed kikuyu and Ryegrass pastures grazed by sheep*. New Zealand Journal of experimental Agriculture. (7), pp.53-58.
- Blevins, D. (1994). *Uptake, translocation and function of essential mineral elements in crop plants*. In: Boote, K.J. et al. (eds) Physiology and Determination of Crop Yield. American Society of Agronomy, Madison, pp. 259–275.
- Canseco, C; Abarzúa, A; Parga, J; Teuber, N y Balocchi, O. (2007). Capítulo 4: Calidad nutritiva de las praderas, pp. 51-67. En: Teuber N, Balocchi O y Parga J. (eds.). *Manejo del Pastoreo*. Imprenta América. Osorno, Chile.
- Caro, F; Correa, H. J. (2006). Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro macrominerales en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livest Res Rural Dev. 18:(10).
- Carrulla, J.; Cardenas, E.; Sánchez, N.; Riveros, C. (2004). *Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. p.16.

- Cascante, S. (2018). Validación del sistema de pastoreo bajo el concepto de edad fenológica del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) en la lechería La Guaria, de la Hacienda La Concordia, Alajuela, Costa Rica. Tesis. Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Casiera, F.; Cardozo, M.; Cárdenas, J. (2007). Análisis de crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Revista Agronomía Colombiana*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 25 (2), pp. 299-305.
- Castillo, E. (1981). *Efecto de la fertilización nitrogenada en época lluviosa sobre la productividad de materia seca, composición química y digestibilidad in vitro del pasto Kikuyo (Pennisetum clandestinum Hochst) bajo pastoreo en el cantón de Coronado*. Tesis. Licenciatura en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Castillo, E.; Coward, J.; Sánchez, J.; Jiménez, C.; López, C. (1983). *Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre productividad, composición química y digestibilidad in vitro del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado*. *Agronomía costarricense* 7 (1), pp. 9-15.
- Clarkson, D.; Hanson, J. (1980). *The mineral nutrition of higher plants*. *Annual Review of Plant Physiology*. (31), pp.239–298.
- Cook, B.; Mulder, J. (1984). *Response of nine tropical grasses to nitrogen fertilizer under rain-grown conditions in south-eastern Queensland*. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. (24), pp.415-420.
- Correa H.; Carulla, J.; Pabón, M. (2008). *Valor nutricional del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum Hoeschst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión)*. *Livestock Research for Rural Development*. 20 (4).
- Cox, F. (2002). *Oligoelementos y sus funciones*. pp.45.
- Cross, G. (1979). *The production potential of Pennisetum clandestinum in the Midlands and on the south coast of Natal*. *Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa*. (14), pp. 53-59.

- Cruz, M.; Sánchez J. (2000). *La fibra en la alimentación del ganado lechero*. Nutrición Animal Tropical. 6 (1), pp. 39-74.
- Cuesta, P.; Barahona, R.; Báez, F.; Ojeda, H.; Mila, A.; León, M.I. (2003). *Renovación y manejo de praderas y utilización de ensilajes en el trópico alto*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Fondo Nacional del Ganado (FEDEGAN), Universidad de Nariño, Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño, Bogotá. p. 56.
- Chapman, DF; Tharmaraj, J; Agnusdei, M; Hill, J. (2011). Dinámica de rebrote y reglas de decisión de pastoreo: análisis adicional para sistemas de producción láctea basados en pasturas de raigrás perenne (*Lolium perenne*). *Ciencias del pasto y el forraje* 67 (1), pp. 77-95.
- De Cara, J. (2006). *Notas para la historia de la fenología: La aportación del Instituto Meteorológico Nacional (INM)*. Revista Tiempo y Clima de la Asociación Meteorológica Española. 5 (14), pp.15-19.
- Demolon, A. (1972). *Crecimiento de vegetales cultivados*. (2ª ed). Barcelona, España: Omega.
- Donaghy, D.; Fulkerson, B. (2001). *Principles for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures*. Tasmanian Institute of Agricultural Research, Burnie, Tasmania. p. 10.
- Dugarte, M.; Ovalles, L. (1991). *La producción de pastos de altura. kikuyo y ryegrass perenne en el estado de Mérida*. Fondo Nacional de Investigación Agrícolas y Pecuarias (FONAIAP).
- Escalona, V.; Alvarado, P.; Monardes, H.; Urbina, C.; Martin, A. (2009). *Manual de cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Nodo Hortícola VI Región. Universidad Chile. p.60.
- Fageria, V. (2001). Nutrient interactions in crop plants, *Journal of Plant Nutrition*. 24 (8), 1269-1290.

- Fick, G.; Holthausen, R. (1985). *Alfalfa leaf protein and stem cell wall polysaccharide yields under hay and biomass management systems*. Crop Science.
- Fukumoto, G.; Lee, C. (2003). *Kikuyugrass for Forage*. Livestock Management 5, Cooperative Extension Service, College of tropical agricultura and human resources, University of Hawaii at Manoa.
- Fulkerson, W. (2007). Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). Nota técnica, Future Dairy. p.17.
- Fulkerson, W.; Slack, K.; Havilah, E. (1999). *The effect of defoliation interval on growth and herbage quality of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum)*. Tropical Grasslands. (33), pp.138-145.
- Fulkerson, W.; Slak, K. (1993). Estimating mass of temperate and tropical pastures in the subtropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. (33), pp.865-869.
- García, F.; Micucci, F.; Rubio, G.; Ruffo, M.; Daverede, I. (2002). *Fertilización de forrajes en la región Pampeana*. Argentina: Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS).
- García, S. C; Fulkerson, W. J; Brookes, S, U. (2008). Producción de materia seca, valor nutritivo y eficiencia de la utilización de nutrientes de una rotación de forraje complementaria en comparación con un sistema de pasto. *Hierba Forrajes Sci*. pp. 284 -300.
- Geraund, F; Chirinos, D; Marín, M. (1995). *Desarrollo de la planta de tomate, Lycopersicon esculentum Miller, cv. Río Grande en la zona del Río Limón del Estado Zulia, Venezuela*. II. Índice de crecimiento relativo, razón de peso foliar y gamma. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. Maracaibo. Venezuela. (12), pp. 15-23.
- Gomide, J. A.; Noller, C. H.; Mott, G. O.; Conrad, J. H.; Hill, D. (1969). Mineral composition of six tropical grasses as influenced by plant age and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, (61), pp.120-123.
- Guaña, L. (2014). *Producción del Kikuyo (Pennisetum Clandestinum Hochst) con dos Alturas de Corte, Cinco Niveles de Fertilización Nitrogenada y en Mezcla con Trébol*

Blanco (Trifolium Repens L). Tesis Licenciatura. Universidad Central del Ecuador Quito.

Hernández, T. (2004). *Cultivos de leguminosas, pastos y otras especies sobre praderas de kikuyo con cero labranzas.* Sembrar sin Arar. (1ª Ed.) Quito, Ecuador.

Herrero, M.; Fawcett, R.; Dent, J. (2000). Modelling and utilization of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 2. Model validation and analysis of management practices. *Agricultural Systems*. 65 (2000), pp.99-111.

Herrero, M.; Fawcett, R.H.; Russell, G; Dent, J. B. (s.f.) *The agronomy, physiology and use for animal production of Kikuyu grass (Pennisetum clandestinum).* A review. 198. Institute of Ecology and Resource Management, University of Edinburgh, Scotland, UK.

Hetherington, A.; Woodward, I. (2003). The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*. (424), pp.901-908.

Hill J. 1980. *The remobilization of nutrients from leaves.* J. Plant Nutr. (2), pp.407-444.

Holmes, W. (1982.). Grazing management. In: W. Holmes. (ed.). *Grass: its production and utilization.* British Grassland Society, Great Britain. p. 459

Huavelink, E. (2005). *Tomatoes. Crop production science in horticulture.* Londres: CABI Publishing.

Huavelink, E. (2009). Simulating growth and development of tomato crop. Proc. Is on tomato in the Tropic. *Acta Horticulturae*. 821, pp.101-110.

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2015). VI Censo Nacional Agropecuario.

Janzen, H. (1991). *Historia natural de Costa Rica.* Ed. U.C.R. San José; Costa Rica.

Kaimowitz, D. (2001). Will livestock intensification help save Latin America's tropical forest. En: Angelsen, C., D. Kaimowitz (Ed). *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation.* Wallingford. CABI.

Kaiser, A. (1975). Response by calves grazing kikuyu grass pastures to grain and mineral supplements. *Tropical Grasslands*. 9, pp.191-8.

- Kamstra, L.; Stanley, R.; Ishizaki, S. (1966). Seasonal and Growth Period of Some Nutritive Components of kikuyo Grass. *Journal of Range Management*. 19(5), p. 288.
- Kikuyo Action Group (KAG). (2002). How to improve milk production from Kikuyu pasture without penalizing pasture growth and quality in winter and spring. Northland kikuyu action Group.
- Lazcano-Ferrat, I. (1999). El potasio esencial para un buen rendimiento en la caña de azúcar. *Informaciones Agronómicas*. 35, pp.1-4.
- León, R. (2003). *Pastos y forrajes producción y manejo*. Quito- Ecuador: Agustin Alvarez.Cia.Ltda.
- Lindsay, W. (1979). Chemical equilibria in soils. Ed. John Wiley and Sons. N. Y. ISBN: 0-471-02704-9.
- Lobo, M.; Sánchez, O.; (2001). *Agrostología*, (1ª ed). Costa Rica.
- Maas, E.; Moore, D.; Mason, B. (1969). Influence of calcium and Magnesium on Manganese absorption plant Physiology. (44), pp.769-800.
- Mannetje, L.; Jones, R. (2000). *Measuring biomass of grassland vegetation*. In: Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. Wallingford: CABI Publishing. UK. pp: 151-177.
- Marais, J. (2001). Factors affecting the nutritive value of kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*)-a review. *Tropical Grasslands*. (35), pp.65-84.
- Marais, J.; Figenschou, D.; De Figueiredo, M. (1992). Effect of nutrient Calcium on the cell wall composition and digestibility of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst). *Journal of the Grassland Society of Southern Africa*. (9), pp.72-5.
- McMichael, B.; Burke, J. (2002). Temperature effects on root growth. Plant roots the hidden half. Kafnafi, U. Y. Waisel, A. Eshel. Marcel Dekker Inc. (Eds.). Nueva York, Estados Unidos.
- Mears, P.; Humphreys, L. (1974). Nitrogen response and stocking rate of *Pennisetum clandestinum* pastures. 11. Cattle growth. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. (83), pp. 469-478.

- Mila, A; Corredor, G. (2004). Evaluación de la composición botánica de una pradera de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Revista Corpoica*. 5 (1), pp. 70-75.
- Miles, N. (1991). Nutrition of intensive pastures in the summer rainfall areas of Southern Africa. *Journal of the Grassland Society of Southern Africa*. (8), pp.39-48.
- Miles, N., Thurtell, L.; Rekert, S. (2000). Quality of Kikuyu herbage from pastures in the Eastern Cape coastal belt of South Africa. *South African Journal of Animal Science*. Congress of South African Society of Animal Science. p.85-86.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (1996). Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Molina, E. (2002). Fuentes de fertilizantes foliares. Seminario de Fertilización foliar: Principios y Aplicaciones. Laboratorio de Suelos y Foliares en colaboración con la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica. p. 26-35.
- Molina, E. (2006). Fertilidad y contenido mineral a nivel foliar del pasto kikuyo en la finca La Amalia. Entrevista dirigida. UCR. San José, Costa Rica.
- Moore, G.; Sanford, P.; Willey, T. (2006). *Kikuyo (Pennisetum clandestinum). Perennial pastures for Western Australia*. Australia: Department of Agriculture and Food Western.
- Mortvedt, J. (2003). Fertilización complementaria. p. 16.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient requirements of Dairy Cattle*. (7 Ed). Washington, D.C. National Academy Press. p.381.
- Nelson, D. (2005). Principales oligoelementos presentes en la fertilización. pp 45.
- Osorio, D., Roldan, J. (2006). *Volvamos al Campo. Cultivo de Pastos y Forrajes*. Colombia: Grupo Latino Ltda.
- Paladines, O.; Izquierdo, F. (2007). Fertilización de pasturas en el Centro Norte de la Sierra Ecuatoriana. Quito-Ecuador.

- Pastrana, R.; MC Dowell, L.; Conrad, J.; Wilkinson, N.; Martin, F. (1990). *Mineral concentrations in leaves and stems of various forages of the Colombian Paramo*. Communications in Soil Science and Plant Analysis. (21), pp.3245-3260.
- Pearson, C.; Kemp, H.; Kirby, A.; Launders T.; Mikled, C. (1985). Responsiveness to seasonal temperature and nitrogen among genotypes of kikuyu, paspalum and bermuda grass pastures of costal New South Wales. *Australian Journal of experimental Agriculture*. (25), pp.109-116.
- Pereyra, M. (2001). *Asimilación del nitrógeno en las plantas*. Facultad de agronomía, universidad de la pampa. p. 10.
- Pérez, L.; Melgarejo, L.; Flórez, L.; Cruz, M.; Hernández, M.; Hoyos, L.; Guerrero, E.; Potosí, C.; Valeryevich, S.; Velásquez, J.; Nates, M.; Ospina, T.; Amaya, M.; Ángel, C.; Medina, J. (2012). *Ecofisiología del cultivo de la galupa (Passiflora edulis Sims)* Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. p. 170.
- Peters, K. (2008). *Valor nutricional y disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (Kikuyuochloa clandestina Hochst. ex Chiov.) en sistemas de pastoreo basados en la edad fenológica de la planta*. Tesis de Licenciatura. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica.
- Pezo, D.; Jiménez, C. (2003). *Uso de las plantas forrajeras en pastoreo y ramoneo. Características, diseño y planificación de sistemas de pastoreo de plantas forrajeras. Producción y utilización de forrajes*. (2) p.82.
- Pilatti, R.; Bouzo, C. (2000). Efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en invernadero. *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*. 15 (12), pp.143-150.
- Pitman, M. (1972). Uptake and transport of ions in barley seedlings. Correlation between transport to the shoot and relative growth rateo Aust. J. Biol. Sci. (25), pp. 905-919.
- Quesada, H. (1986). *Respuesta del pasto kikuyo (Pennisetm clandestinum, Hochst) a tres dosis de nitrógeno y de fósforo en el cantón de Vásquez de Coronado*. Tesis de Licenciatura, Zootecnia. U.C.R.

- Ravet, K.; Pilon, M. (2013). Copper and iron homeostasis in plants: the challenges of oxidative stress. *Antioxid Redox Sign.* 19 (9), pp.919-932.
- Read, J.; Fulkerson, W. (2003). *Managing kikuyo for milk production*. Agfact P2.5.3. (3^a Ed.). New South Whales. NSW Agriculture. Australia.
- Reeves, M. (1997). *Milk production from kikuyo (Pennisetum clandestinum) grass pasture*. Tesis de Doctorado. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Sydney. Australia.
- Reeves, M.; Fulkerson, W. (1996). *Establishment of an optimal grazing time of Kikuyo pastures for dairy cows*. Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference, Towomba, Regional Institute.
- Rengel, M.; Gil, F.; Montaña, J. (2011). Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. I. macronutriente. *Biagro. Venezuela.* 23 (1).
- Reuveny, Z.; Dougall, D.; Trinity, P. (1980). Regulatory coupling of nitrate and sulfate assimilation pathways in cultured tobacco cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* (77), pp.6670-6672.
- Rivera, E. (1995). *Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de gramíneas en el municipio de Zapopan, Jalisco*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, México.
- Roberto, R. (2016). *Manejo Agroecológico del Pennisetum clandestinum (Kikuyo) con varios niveles de abono orgánico comercial más una base de fertilizante enraizador en suelos volcánicos*. Tesis de Licenciatura. Escuela superior politécnica de Chimborazo. *Riobamba-Ecuador*.
- Rodríguez, D. (1999). *Caracterización de la respuesta a la fertilización en producción y calidad forrajera en los valles de Chiquinquirá y Simijaca*. Trabajo de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

- Rodríguez, M.; Florez, V. 2004. *Elementos esenciales y beneficiosos*. Tecnologías y programación en agroplasticultura. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Rodríguez, W., Leihner, D. (2006). *Análisis del crecimiento vegetal*. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. (1ª Ed) Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. (7), p.37.
- Rueda, D. (2002). *Botánica Sistemática*. (3ª Ed.). Quito, Ecuador.
- Said, A. (1971). In vivo digestibility and nutritive value of kikuyu grass *Pennisetum clandestinum* with a tentative assessment of its yield of nutrients. *East African Agricultural and Forestry Journal*. (37), pp.15-21.
- Salazar, S. (2007). *Disponibilidad y valor nutricional del pasto estrella africana (Cynodon nlemfuensis) en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos*. Tesis de Licenciado en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.
- Salazar, S.; Lazcano, I. (2003) Site-specific fertilization increased yield and fruit size in 'hass' avocado. *Better Crops Int*. 17 (1), pp.13-15.
- Sánchez, J. (2001). El valor nutritivo de algunos pastos tropicales en Costa Rica. *Actualización en la Nutrición del ganado lechero*. Lance. Balsa, Atenas. Costa Rica. p.32.
- Sánchez, J. (2007). *Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal*. Barquisimeto, Venezuela.
- Sánchez, J.; Campabadal, C.; Vargas, E.; Fonseca, Y.; (1986). Contenido proteico y mineral en los forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica II. Efecto de la especie. *Agronomía Costarricense*. 10 (1/2), pp.191-197.
- Sánchez, J.; Coward, J.; Jiménez, C.; Sosa, R.; López, C. (1985). Efecto de la fertilización nitrogenada en la época seca sobre producción y valor nutritivo del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. *Agronomía Costarricense*. 9 (2), pp. 219-227.

- Sánchez, J.; Soto, H. (1996). Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. *Nutrición Animal Tropical*. 3 (1), pp.3-18.
- Sánchez, J.; Soto, H. (1999). Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. III. Energía para la producción de leche. *Nutrición Animal Tropical*. 5 (1), pp.31-49.
- Sánchez, W.; Hidalgo, C. (2009). Experiencias con forraje de altura en la zona alta lechera de la microcuenca Plantón – Pacayas. Costa Rica. Boletín Técnico No 07. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). 8 (1), pp. 71-80.
- Scholz, H. (2006). *Kikuyuochloa, genus novum (Poaceae: Paniceae)*. *Feddes Repertorium*. 117 (7-8), pp.517-518.
- Skerman, P., Riveros, F. (1992). *Gramineas Tropicales*. Roma, Italia F.A.O.
- Soltani, A.; Sinclair, T. (2012). *Modeling physiology of crop development, growth and yield*. California, Estados Unidos: CABI Publishing.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (1991). *Plant physiology*. The Benjamin/Cummings publishing Company, Inc. California, USA. pp 565.
- Torrez, V.; Matamoros, I.; Cuesta, H. (2015) Caracterización de un sistema Silvo-pastoril con Inga edulis y pasto estrella (Cynodon nlemfuensis), en la época seca de la Hacienda Santa Elisa. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Torri, S. (2016). *Análisis foliar*. Facultad de agronomía, Universidad de Buenos Aires. p 40.
- Tozer, P.; Bargo, F.; Muller, L. (2003). Economic Analyses of Feeding Systems Combining Pasture and Total Mixed Ration. *Journal of Dairy Science*. (86), pp.808-818.
- Ureña, A. (2014). *Determinación del crecimiento y absorción de nutrientes de un cultivar de tomate indeterminado (Solanum lycopersicum L.) tipo cherry bajo condiciones de*

invernadero en la localidad de Alajuela. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica.

Vargas, E.; Fonseca, H. (1989). Contenido mineral y proteico de forrajes para rumiantes en pastoreo en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. p 217.

Vargas, V. (1981). *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad, contenido de proteína cruda y mineral del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum Hochst) bajo pastoreo en el cantón de Coronado*. Tesis de Licenciatura. Zootecnia Universidad de Costa Rica.

Velasco, M.; Hernández, A., Gonzáles, V.; Pérez-Pérez, J.; Vaquera, H.; Galvis, A. (2001). *Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (Dactylis glomerata L.)*. Mexico. Programa de ganadería (IREGEP).

Villalobos, L.; Arce, J.; WingChing, R. (2013). Producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. (37), pp.91-103.

Vinicio, F. (2002). Aspectos Mecanismos de absorción de nutrimentos por el follaje. Seminario de Fertilización foliar: Principios y Aplicaciones. Laboratorio de Suelos y Foliarens en colaboración con la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica. pp. 1-6.

Wang, H.; Inukai; Y.; Yamauchi, A. (2006). *Root development and nutrient uptake*. Critical Reviews in Plant Sciences. (25), pp.279-301.

Weil, R. (2002). Fertilización complementaria. pp 23.

Weiss, W. P. 2004. Nutritional management for dairy cows grazing intensively- managed pastures. Department of Animal Sciences. Ohio Agricultural Research and Development Center. Presentado en el RAPCO 2004, Atenas, Alajuela. Costa Rica. pp 5.

Whitehead, D., CABI Publishing. (2000). Nutrient elements in grassland Soil–Plant–Animal Relationships. Department of Soil Science University of Reading. United Kingdom.

Yruela, I. (2005). Copper in plants. *Braz. J. Plant Physiol.* 17 (1), pp.145-156.

Yruela, I. (2013). Transition metals in plant photosynthesis. *Metallomics. This journal is The Royal Society of Chemistry.* (5), pp.1090-1109.

Zapata, F. (2000). Kikuyo. *Especies Forrajeras Versión 1.0.* Colombia: Agrosoft Ltda.

CAPÍTULO VI

ANEXOS

 <p>inta Costa Rica</p> <p>Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria</p>		<p>RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO INFORME DE ANÁLISIS DE SUELOS</p>			 <p>sector AGRO ALIMENTARIO</p>								
<p>Código: IACS-01, Versión 01-17 Pág. 1 de 1</p>		 <p>COSTA RICA GOBIERNO DEL ECOSISTEMA</p>			<p>COMPLEJO LABORATORIAL DEL INTA San Rafael de La Unión, Cartago Tel. 2278-0514 Correo Electrónico: labsuelos@inta.go.cr</p>								
Fecha:	4 de abril de 2019	Cliente:	SILVIA VARGAS	Código análisis:	DTS-LSF-01								
Finca:		Cultivo:		Fecha de ingreso:									
Provincia:	SAN JOSE	Cantón:	CORONADO	Distrito:	PATIO DE AGUA								
Coordenadas:		Norte:		Oeste:									
N° Lab.	Identificación de campo	pH	Cmol(+)/L				mg/L					%	% Sat.
		H ₂ O	K	Ca	Mg	Acidez	P	Fe	Cu	Zn	Mn	M.O	Acidez
	* Niveles críticos medios →	5,6-6,5	0,2-0,6	4 - 20	1 - 5	0,5-1,5	10 - 20	10 - 100	2 - 20	2 - 10	5 - 50	3 - 8	10 - 50
S- 4590	LOTE # 1- # 16 PARCELA	5.7	0.33	2.2	0.7	0.1	140	616	49	5.2	5	6.9	3
S- 4591	LOTE # 2- # 17 ARRIBA	5.5	0.38	2.5	1.0	0.2	170	777	55	5.6	6	8.4	5
S- 4592	LOTE # 3 # 15 ABAJO	5.3	0.46	0.8	0.6	0.2	131	637	52	5.6	6	11.3	10
<p>Metodología Utilizada: Olsen Modificado (K, P, Fe, Cu, Zn, Mn) – Extracción con KCl 1N (Ca, Mg, Acidez Extractable) – pH en H₂O * Adaptado del MAG, 1978, Díaz Romeu y Hunter; CATIE, 1978.</p>													

Figura A 1. Resultado de análisis de suelo, finca Pontevedra, Coronado, 2019.



RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO
INFORME DE ANÁLISIS DE TEJIDO VEGETAL



Código: IACF-01, Versión 01-17
 Pág. 1 de 1



COMPLEJO LABORATORIAL DEL INTA
 San Rafael de La Unión, Cartago
 Tel. 2278-0514
 Correo Electrónico: labsuelos@inta.go.cr

Fecha:	Cliete:	Código análisis: DTS-LSF-12
Finca:	Cultivo:	Fecha de ingreso:
Provincia:	Cantón:	Distrito:
Coordenadas:	Norte:	Oeste:

N° Lab.	Identificación de campo	PORCENTAJE (%)					mg/kg			
		N-T	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
F-1			0.46	2.70	1.33	0.16	295	23	52	53
F-2			0.47	4.63	0.63	0.15	3625	22	73	110
F-3			0.43	2.77	0.28	0.13	288	15	62	67
F-4			0.47	2.67	0.18	0.13	777	14	104	76
F-5			0.43	2.07	0.24	0.12	379	11	55	48
F-6			0.52	4.43	0.15	0.15	471	11	115	62
F-7			0.41	3.03	0.22	0.15	316	13	150	41
F-8			0.50	6.16	0.14	0.18	457	10	87	64
F-9			0.46	3.56	0.27	0.15	378	11	38	41
F-10			0.52	5.69	0.17	0.16	469	9	68	50
F-11			0.42	3.89	0.27	0.15	331	11	35	29
F-12			0.41	3.61	0.33	0.14	440	8	88	57

Figura A 2. Resultados de análisis foliar de kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) de los primeros meses de muestreo, brindados por el INTA.



Figura A 3. Muestra de suelo tomada al inicio del estudio a 20 cm de profundidad, en la finca Pontevedra, Coronado, 2019.



Figura A 4. Muestra de kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, tomada de 1m², finca Pontevedra, Coronado, 2019.



Figura A 5. Planta de kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) con 4.5 hojas vivas, tomada en la época de invierno, finca Pontevedra, Coronado, 2019.



Figura A 6. Jaula de 1 m² utilizada para evitar el ingreso de los animales al área de estudio.

- 1 Peso fresco (Kg/ha) * Materia Seca = Peso Seco total (Kg/ha).
- 2 Peso Seco (Kg/ha) **Hoja** * RHT Hoja 62% = Peso Seco (Kg/ha) de **Hoja**.
- 3 Peso Seco (Kg/ha) **Tallo** * RHT Tallo 38% = Peso Seco (Kg/ha) de **Tallo**.
- 4 Nutriente (K,P,Ca,Mg,Cu,Zn) **Hoja** * Peso Seco (Kg/ha) de **Hoja** = Total de nutriente en **Hoja**
- 5 Nutriente (K,P,Ca,Mg,Cu,Zn) **Tallo** * Peso Seco (Kg/ha) de **Tallo** = Total de nutriente en **Tallo**
- 6 Total de nutriente en Hoja + Total de nutriente en Tallo = Total a aplicar de cada nutriente.

Ejemplo

Peso seco total (Kg/ha)	1350.63			Peso fresco (Kg/ha)	10892.2			Nutriente	Hoja	Tallo
	Hoja	Tallo		Materia Seca						
Peso seco (Kg/ha)	837	513		12.4%						
NUTRIENTE				RHT	Hoja	Tallo				
Ca	0.27	0.19	%	62%		38%				
Total del nutriente en cada órgano	2.3	1.0	TOTAL							
			3.2							Kg/ha

Figura A 7. Ejemplo de cálculo de nutrientes a aplicar, según la relación hoja:tallo presente a las 4.5 hojas en la finca Pontevedra en la época de invierno.