

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS PECUARIAS



PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE TRES GRAMÍNEAS TROPICALES

(*Paspalum plicatulum* Michx, *Brachiaria decumbens* C. V. y *Axonopus compressus* Var), BAJO DIFERENTES NIVELES DE SOMBRA, EN ÉPOCA HÚMEDA, EN EL DISTRITO DE AUCAYACU

Tesis

Para optar el título de:

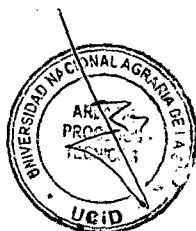
INGENIERO ZOOTECNISTA

BALDEÓN VALLES, ANTONIO

PROMOCIÓN 2011 – I

Tingo María – Perú

2012



Q04

B17

Baldeón Valles Antonio

Producción de Biomasa de tres gramíneas tropicales (*Paspalum plicatulum* Michx, *Brachiaria decumbens* C.V. y *Axonopus compressus* Var), bajo diferentes niveles de sombra, en época húmeda, en el distrito de Aucayacu – Tingo María, 2012

80 páginas.; 10 cuadros; 13 fgros.; 72 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Zootecnista) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Zootecnia.

1. BIOMASA

2. NIVEL DE SOMBRA

3. GRAMÍNEAS

4. CALIDAD NUTRICIONAL

5. AREA FOLIAR

6. HÚMEDA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
Av. Universitaria Km. 2 Teléfono: (062) 561280
TINGO MARÍA

"Año de la Integración Nacional y el Reconocimiento de nuestra Diversidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 18 de setiembre de 2012, a horas 8:00 p.m. para calificar la tesis titulada:

PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE TRES GRAMÍNEAS TROPICALES (*Paspalum plicatum* Michx, *Brachiaria decumbens* C.V. y *Axonopus compressus* Var), BAJO DIFERENTES NIVELES DE SOMBRA, EN ÉPOCA HÚMEDA, EN EL DISTRITO DE AUCAYACU

Presentada por el Bachiller **Antonio BALDEÓN VALLES**; después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobada con el calificativo de **"MUY BUENO"**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el **TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 95, inciso "i" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 09 de Octubre de 2012



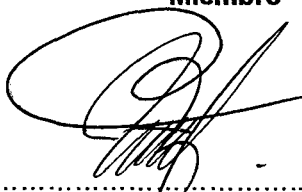
MSc. EBER CÁRDENAS RIVERA
Presidente



Dr. JÓRGE RÍOS ALVARADO
Miembro



MSc. JUAN CHOQUE TICACALA
Miembro



MSc. RAFAEL ROBLES RODRIGUEZ
Miembro - Asesor

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la salud, vida y fortaleza
para terminar mi carrera profesional.

A mis padres:

José Antonio Baldeón Salcedo y María
Luisa Valles Solsol por su apoyo
incondicional, para hacer realidad mi
gran anhelo, de culminar mi carrera.

A mis hermanas:

Tania, María Irene, Blanca y familiares
que me apoyaron en el trayecto de mi
formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Zootecnia.
- Al Ing. M.Sc. ROBLES RODRÍGUEZ, Rafael, asesor del trabajo, por el apoyo, consejos y conocimientos brindados hacia mi persona.
- Al Sr. Jutson Girano y Sra. Glelia Ríos Saldaña, por el apoyo permanente en el trabajo de campo y laboratorio para el desarrollo de esta investigación.
- A todo los docentes de la facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva por sus enseñanzas y consejos brindados durante mi vida universitaria
- A mis amigos Miguel Cano Coral, Jacson Cartagena Armas y Diana Arévalo Díaz que siempre estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos.
- A mis amigos (as), Gilman, Frank, Javier, Max Roland, richar, Daniel, karlos, lucho, Milton, Sadith, Leydi, Ernesto, Jipson, Jairo, Amador, Fredy, Bustillos, Willian, Gabriel, Chanel, quienes con ellos compartimos momentos inolvidables y de alguna y otra manera ayudaron en la elaboración de la tesis.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Las pasturas en condiciones de sombra moderada.....	4
2.2. Producción de biomasa bajo sombra.....	6
2.2.1. Biomasa del <i>Brachiaria decumbens</i>	9
2.2.2. Biomasa del <i>Axonopus compressus</i>	11
2.3. Microclimas bajo sombra.....	12
2.4. Influencia del sombreado sobre la fotosíntesis, el crecimiento y el rendimiento de los pastos.....	14
2.4.1. Materia seca (%)......	16
2.4.2. Altura de las plantas.....	16
2.4.3. Área foliar.....	18
2.5. Influencia del sombreado sobre la composición química de los pastos.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Lugar y fecha de ejecución.....	22
3.2. Tipo de investigación.....	23
3.3. Población y muestra.....	23
3.4. Campo experimental.....	24
3.5. Metodología.....	24
3.5.1. Selección de área de estudio.....	24
3.5.2. Demarcación del área.....	24

3.5.3. Características de las mallas para viveros.....	25
3.5.4. Manejo de los pastos.....	25
3.6. Variable Independiente:.....	25
3.6.1. Gramíneas (3).....	25
3.6.2. Niveles de sombra (4).....	26
3.7. Tratamientos.....	26
3.8. Análisis Estadístico.....	27
3.9. Croquis de distribución de los tratamientos.....	28
3.10. Variables dependientes.....	30
3.10.1. Altura de planta.....	30
3.10.2. Porcentaje de cobertura.....	30
3.10.3. Área foliar.....	31
3.10.4. Producción de forraje verde.....	31
3.10.5. Producción de materia seca.....	32
3.10.6. Análisis de nutrientes.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
4.1. Efecto de la sombra sobre las repuestas agronómicas.....	33
4.1.1. Pasto negro (<i>Paspalum plicatulum</i>).....	33
4.1.2. <i>Brachiaria decumbens</i>	34
4.1.3. Pasto natural (<i>Axonopus compressus</i>).....	34
4.2. Efecto de la sombra sobre el forraje verde (kg.ha ⁻¹) y biomasa (kg.ha ⁻¹).....	37
4.2.1. Pasto negro (<i>Paspalum plicatulum</i>).....	37
4.2.2. <i>Brachiaria decumbens</i>	38

4.2.3. Pasto natural (<i>Axonopus compressus</i>).....	39
4.3. Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional.....	42
4.3.1. Pasto negro (<i>Paspalum plicatulum</i>).....	42
4.3.2. <i>Brachiaria decumbens</i>	43
4.3.3. Pasto natural (<i>Axonopus compressus</i>).....	44
4.4. Nivel óptimo de sombra.....	47
4.4.1. Pasto negro (<i>Paspalum plicatulum</i>).....	47
4.4.2. <i>Brachiaria decumbens</i>	48
4.4.3. Pasto natural (<i>Axonopus compressus</i>).....	49
V. DISCUSIÓN.....	51
5.1. Efecto de la sombra sobre las respuestas agronómicas.....	51
5.1.1. Efecto de la sombra sobre la altura de los pasto evaluados.....	51
5.1.2. Efecto de la sombra sobre la cobertura.....	52
5.1.3. Efecto de la sombra sobre el área foliar.....	53
5.2. Efecto de la sombra sobre el forraje verde (kg.ha ⁻¹) y biomasa (kg.ha ⁻¹).....	54
5.2.2. Efecto de la sombra sobre el forraje verde (kg.ha ⁻¹).....	54
5.2.3. Efecto de la sombra sobre la biomasa (kg.ha ⁻¹).....	56
5.3. Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional.....	59
5.4. Nivel óptimo de sombra.....	61
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES.....	65
VIII. ABSTRACT.....	66

IX. BIBLIOGRAFÍA.....	67
X. ANEXO.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Datos meteorológicos durante el experimento.....	23
2. Efecto de la sombra sobre la altura (cm), cobertura (%) y área foliar (cm ²) del <i>Paspalum plicatulum</i> (media ± error estándar).....	33
3. Efecto de la sombra sobre la altura (cm), cobertura (%) y área foliar (cm ²) del <i>Brachiaria decumbens</i> (media ± error estándar).....	34
4. Efecto de la sombra sobre la altura (cm), cobertura (%) y área foliar (cm ²) del <i>Axonopus compressus</i> (media ± error estándar).....	35
5. Efecto de la sombra sobre el forraje verde (kg.ha ⁻¹) y biomasa (kg.ha ⁻¹) del pasto negro (<i>Paspalum plicatulum</i>) (media ± error estándar).....	38
6. Efecto de la sombra sobre el forraje verde (kg.ha ⁻¹) y biomasa (kg.ha ⁻¹) del <i>Brachiaria decumbens</i> (media ± error estándar).....	39
7. Efecto de la sombra sobre el forraje verde (kg.ha ⁻¹) y biomasa (kg.ha ⁻¹) del pasto natural (<i>Axonopus compressus</i>) (media ± error estándar).....	40
8. Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional del pasto negro (<i>Paspalum plicatulum</i>) (media ± error estándar).....	43
9. Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional del <i>Brachiaria decumbens</i> (media ± error estándar).....	44
10. Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional del pasto natural	

(<i>Axonopus compressus</i>) (media \pm error estándar).....	45
11. Porcentaje de materia seca de los tres pastos evaluados.....	81
12. Análisis estadístico de la altura del <i>Paspalum plicatulum</i>	81
13. Análisis estadístico de la altura del <i>Brachiaria decumbens</i>	81
14. Análisis estadístico de la altura del <i>Axonopus compressus</i>	82
15. Análisis estadístico de la cobertura del <i>Paspalum plicatulum</i>	82
16. Análisis estadístico de la cobertura del <i>Brachiaria decumben</i>	82
17. Análisis estadístico de la cobertura del <i>Axonopus compressus</i>	83
18. Análisis estadístico del área foliar del <i>Paspalum plicatulum</i>	83
19. Análisis estadístico del área foliar del <i>Brachiaria decumbens</i>	83
20. Análisis estadístico del área foliar del <i>Axonopus compressus</i>	84
21. Análisis estadístico del forraje verde del <i>Paspalum plicatulum</i>	84
22. Análisis estadístico del forraje verde del <i>Brachiaria decumbens</i>	84
23. Análisis estadístico del forraje verde del <i>Axonopus compressus</i>	85
24. Análisis estadístico de la biomasa del <i>Paspalum plicatulum</i>	85
25. Análisis estadístico de la biomasa del <i>Brachiaria decumbens</i>	85
26. Análisis estadístico de la biomasa del <i>Axonopus compressus</i>	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Plano de ubicación del módulo lechero de la Facultad de Zootecnia.....	22
2. Croquis de las parcelas en estudio.....	29
3. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la altura en los pastos evaluados.....	36
4. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la cobertura en los pastos evaluados.....	36
5. Influencia de los niveles de sombra con respecto al área foliar de los pastos evaluados.....	37
6. Forraje verde (kg.ha ⁻¹) de los pastos evaluados a diferentes niveles de sombra.....	41
7. Biomasa (kg.ha ⁻¹) de los pastos evaluados a diferentes niveles de sombra.....	42
8. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la proteína total (%) de los pastos evaluados.....	45
9. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la fibra cruda (%) de los pastos evaluados.....	46
10. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la energía bruta (Kcal/kg) de los pastos evaluados.....	47
11. Nivel óptimo de sombra para la producción de <i>Paspalum plicatulum</i>	48
12. Nivel óptimo de sombra para la producción de <i>Brachiaria</i>	

<i>decumbens</i>	49
13. Nivel óptimo de sombra para la producción de <i>Axonopus</i> <i>compressus</i>	50

RESUMEN

El experimento fue ejecutado en el módulo de la Facultad de Zootecnia- UNAS, ubicado en el distrito de Aucayacu, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco. El objetivo fue evaluar la biomasa de tres gramíneas bajo tres niveles de sombra y determinar el nivel de sombra adecuada para mantener una eficiente producción de biomasa y calidad nutricional. Los niveles de sombra fueron de 35, 50 y 65 % de sombra artificial de mallas para viveros; las gramíneas evaluadas fueron *Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus*, establecidas en potreros. Se realizó las mediciones de producción de biomasa en época húmeda después del corte de uniformización. Los resultados fueron analizados por el diseño completamente al azar con arreglo factorial, siendo los factores sombra y gramínea. El nivel de sombra ejerció influencia en la producción de biomasa ($P < 0.05$) en las tres gramíneas, siendo mayor la producción de biomasa a mayor nivel de sombra (65%) para las gramíneas *Paspalum plicatulum* y *Brachiaria decumbens*, mientras que para el *Axonopus compressus* la mayor producción de biomasa se logra a un nivel del 50% de sombra y a mayor sombra disminuye la biomasa. En términos nutricionales, la sombra influyó en el contenido de proteína en las tres gramíneas ($P < 0.05$). El nivel óptimo de sombra para la producción de las tres gramíneas fue a 50 % de sombra permitiendo un balance adecuando entre biomasa y proteína.

Palabras claves: biomasa, nivel de sombra, calidad nutricional, gramíneas, área foliar, húmeda

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles constituyen una opción para la producción bovina tanto a nivel nutricional como de bienestar animal. El adecuado manejo de estos sistemas implica decisiones relacionadas con la identificación de las mejores especies del componente herbáceo, leñoso y animal, para optimizar las interacciones. Entre estas decisiones, la identificación de gramíneas adaptadas a sistemas silvopastoriles, donde la interceptación de radiación solar por el dosel del componente leñoso es significativa, cobra aún más importancia cuando sólo un reducido número de gramíneas se adaptan a las diferentes intensidades de sombras que proporciona el sistema.

El problema de la luz y la sombra aparece hoy como un tema de gran interés científico y práctico para los que se plantean el desarrollo y manejo de los sistemas silvopastoriles, los pastos que crecen bajo condiciones de sombra sufren reducción de su producción de biomasa y cambios morfológicos como mecanismo de adaptación a la baja intensidad de luz. Esta adaptación incluye un mayor índice de área foliar, mejor distribución del área foliar, y una reducción en la tasa respiratoria.

En los sistemas silvopastoriles, algunos estudios señalan que, en condiciones de campo, las intensidades de sombreo pueden reducir, aumentar o interferir en la producción de biomasa; sin embargo, muy poco se conoce sobre el nivel adecuado de la cobertura arbórea en la producción de biomasa de las gramíneas, lo cual es necesario para mejorar el manejo de los sistemas silvopastoriles y de las pasturas que permita mantener la productividad y la conservación de los recursos naturales.

Por ello, el presente trabajo trata de responder al problema del efecto de sombra en la producción de biomasa de las gramíneas. En la selva, del departamento de Huánuco no hay reportes de estudios de producción de biomasa de las gramíneas bajo diferentes niveles de sombra, por consiguiente, esta investigación quiere averiguar ¿Cuál es el nivel adecuado de sombra en gramíneas para mantener una eficiente producción de biomasa en época húmeda, en el distrito de J. C. C. - Aucayacu?, considerando que es de mucha importancia realizar dicha investigación se plantea la siguiente hipótesis: A medida que aumenta el nivel de sombra sobre las gramíneas tropicales, estas reducen su producción de biomasa, y que a un nivel de 50 % de sombra su reducción de biomasa se compensa con el incremento de su calidad nutricional (más proteína cruda y menos fibra); esto, debido a que los pastos bajo sombra moderada mejoran su relación entre fotosíntesis y respiración (eficiencia en el uso de la luz) y presentan menos tejidos muertos por lo que la concentración de compuestos nitrogenados en la hoja, se mantiene por mayor tiempo.

Para lograr dicha investigación se propone los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Evaluar la biomasa de tres gramíneas (*Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus*), en diferentes niveles de sombra (0, 35, 50 y 65%) en época de húmeda, en el distrito de Aucayacu.

Objetivos específicos:

- Evaluar la cobertura de las gramíneas (*Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus*), en función a la altura de las plantas (cm), cobertura (%) y área foliar (cm²).
- Evaluar la calidad nutricional de las gramíneas (*Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus*), bajo diferentes niveles de sombra (0, 35, 50 y 65%) en época húmeda, en el distrito de Aucayacu.
- Determinar el nivel de sombra adecuada para mantener una eficiente producción de biomasa y calidad nutricional de las gramíneas (*Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus*) en época húmeda, en el distrito de Aucayacu.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Las pasturas en condiciones de sombra moderada

La interceptación de la radiación solar por la copa de los árboles causa efectos directos e indirectos sobre la pastura. En forma directa provoca la alteración simultánea de dos importantes recursos para el pasto: la iluminación y el calor. Además, en forma indirecta produce la alteración de la humedad en la capa superior del suelo, la cual es valiosa para el cultivo y para la descomposición de las partes muertas de las plantas y la absorción de nutrientes. La porción del cielo que es bloqueada por los árboles en un suelo plano se llama cobertura. La cobertura moderada puede favorecer el crecimiento de la pastura mediante el mejoramiento de la temperatura y la humedad cerca del suelo (CÓRDOBA y HERNÁNDEZ, 2009).

En ambientes excesivamente cálidos los pastos bajo sombra moderada reducen un poco su tasa fotosintética, que es la construcción de las moléculas de azúcar necesarias para el crecimiento mediante la captura de luz solar, éstos frenan también su envejecimiento, por lo que la concentración de compuestos nitrogenados en la hoja, tales como la clorofila, se mantiene por mayor tiempo (LUDLOW *et al.*, 1988). En resumen, los pastos bajo sombra moderada mejoran su relación entre fotosíntesis y respiración (eficiencia en el

uso de la luz) y presentan menos tejidos muertos (CRUZ, 1997). En este sentido, se ha demostrado una mayor persistencia de la gramínea asociada que aquella que no recibe los beneficios del árbol (JORDÁN, 2003).

La disminución de la radiación solar reduce el desarrollo radicular, afectando la tolerancia a la seca y la captación de nutrientes; se produce un pobre anclaje de las plantas y poca formación de órganos reproductores, lo que resulta en floración tardía o inhibida. Teniendo en cuenta lo anterior, un 35-40% de sombra en el pastizal, es el adecuado para muchas especies (ZELADA, 1996).

Los estudios conducidos en sistemas de pastoreo con árboles mostraron de forma novedosa que con un manejo adecuado se logra baja proporción de malezas y altos valores del pasto base mejorada comparada con la gramínea sin asociar con árboles no fertilizadas. Esto muestra que no ocurre deterioro en el pastizal y que se logra un equilibrio aceptable de sus componentes. La presencia del árbol asociado a la gramínea mejorada tiende a producir una mayor estabilidad de la producción de biomasa durante todo el año, en comparación con áreas sin árboles y sin fertilización (RUIZ *et al.*, 1990).

El control permanente de la penetración de la luz solar de manera que permita obtener un balance adecuado, desde el punto de vista de la producción de biomasa, entre los diferentes estratos de vegetación es esencial,

ya que a través de la selección de especies y del manejo selectivo de las podas, la misma puede desempeñar un papel preponderante en el desarrollo de los componentes vegetales del sistema que se pudiera reflejar en una mayor y estable productividad del sistema (ALONSO, 2003).

Las leguminosas arbóreas influyen en la productividad animal de tres maneras. La primera, es la capacidad de carga animal, la cual aumenta debido a la mayor producción de biomasa. La segunda, es el mayor valor nutritivo de la pastura asociada en comparación con la gramínea sola y la tercera es el efecto beneficioso del nitrógeno y de la sombra, que unido a los métodos tecnológicos de establecimiento de esta especie (RUIZ y FEBLES, 2003) coadyuvan a que la gramínea asociada que es la base de la alimentación bovina en sistemas en que está presente el árbol, produzca un mayor volumen de biomasa (CASTILLO *et al.*, 2002) lográndose que tenga la misma productividad y valor nutritivo que la gramínea no asociada pero fertilizada con 100kg N/ha/año (RUIZ *et al.*, 1995).

2.2. Producción de biomasa bajo sombra

En los sistemas silvopastoriles la producción total de biomasa es usualmente mayor que en los monocultivos. Sin embargo, las interacciones que se producen entre sus componentes durante la explotación pueden determinar la capacidad productiva de los mismos y varía según sea la modalidad del sistema silvopastoril (ALONSO, 2003). La producción de biomasa de estos sistemas dependerá entre otros factores, de las especies seleccionadas, de la

densidad del componente arbóreo, del arreglo espacial y del manejo aplicado al sistema (GIRALDO y VÉLEZ, 1993).

Un grupo de investigaciones desarrolladas en Cuba sobre la producción de biomasa en sistemas con árboles, indicaron que el nivel de competencia es un elemento importante a tener en cuenta en el manejo de los pastizales para lograr la estabilidad de los componentes vegetales del mismo, que se refleja en el porcentaje de cobertura y otras expresiones biológicas como el rendimiento y el crecimiento (MILERA *et al.*, 1994; HERNÁNDEZ, 1996 y RUÍZ *et al.*, 1998). El porcentaje de cobertura, al igual que en otros sistemas, es un indicador que influye en la productividad de los sistemas silvopastoriles y su evolución en el tiempo puede estar relacionada con algunos principios de la explotación del sistema entre los que podemos mencionar la adecuada selección de las especies, el control de la sombra a través de la poda y un manejo de la carga animal acorde con la disponibilidad del sistema. La puesta en práctica de estos elementos, en la mayoría de los casos, trae consigo una mayor persistencia, estabilidad y productividad de la gramínea asociada en el sistema (ALONSO, 2003).

El mismo autor menciona que otro elemento a considerar es que en los sistemas silvopastoriles la producción total de biomasa es usualmente mayor que en los monocultivos. Este hecho se reitera al evaluar sistemas silvopastoriles con el uso de especies arbóreas diferentes y un sistema de monocultivo de gramínea donde encontraron una clara tendencia a que los

sistemas que presentaban árboles se diferenciaron del que poseía pasto sin asociar y los rendimientos más estables se apreciaron en el pasto asociado (HERNÁNDEZ *et al.*, 2000).

Otro elemento que puede influir en la producción de biomasa se relaciona con la densidad y las especies de árboles con que se explota el sistema silvopastoril, estas consideraciones han sido discutidas con anterioridad cuando se analizaron sistemas silvopastoriles donde aparecían *Cenchrus ciliaris* y *Eucalyptus populneae* indicaron que la especie arbórea crea o modifica el hábitat lo que favoreció o ayuda al crecimiento y productividad de la gramínea. Un análisis de estos resultados nos señala que dentro de la producción de biomasa de los sistemas silvopastoriles, la sombra que proyectan los árboles, es otro elemento que debe tenerse en cuenta en los diferentes momentos de la explotación del sistema (HUMPHREYS, 1981). En este sentido WIERSMA, (1982) planteó que los árboles son los más efectivos productores de sombra, ya que protegen del sol y captan radiación a través de las hojas. De aquí, que la tolerancia de las gramíneas y leguminosas a la sombra debe ser considerada como una de las condiciones necesarias para aprovechar las ventajas de la integración del pasto con el árbol. Cuando el pasto asociado no es tolerante al sombreado o presenta un crecimiento poco agresivo, provoca que las plantas invasoras puedan beneficiarse más de la disponibilidad de N y competir por este elemento (SHELTON *et al.*, 1987 y CASTRO, 1996).

2.2.1. Biomasa del *Brachiaria decumbens*

CARRILHO *et al.*, (2012) al evaluar *Brachiaria decumbens* bajo diferentes niveles de sombra (0%, 30% y 50%) simulados con telas de polietileno, no obtuvo diferencias en la producción de biomasa (t MS. Ha⁻¹) en los diferentes niveles de sombra. Por otro lado BLANCO, (1997) al realizar una revisión de tema encontró, que no todas las especies de pastos mejorados responden de la misma manera a la presencia de los árboles. En varios trabajos se demostró que al lograr una adecuada sombra se alcanza una mayor productividad del pasto. En igual sentido CARVALHO (1998) informó un incremento en la productividad de *B.brizantha*, *B. decumbens* y *P. maximum* cuando estas especies fueron explotadas bajos sistemas con árboles. Se ha reportado aumentos en la disponibilidad del forraje verde cuando los pastos están asociados con árboles; estos aumentos en la mayoría de los casos se han obtenido en condiciones de sombreado moderados (30-40 %) (BUSTAMANTE, 1991 y LIBREROS, 1993).

RIBASKI y MONTOYA, (2000) en Brasil indicaron, la tolerancia de cuatro gramíneas (*B. decumbens*, *Digitaria decumbens*, *Hemarthriaaltissima* y *P. notatum*) a diferentes grados de sombreado (0, 25, 50 y 80 %). El tratamiento de 25 % no influyó significativamente en la producción de pastos y se alcanzó el 95 % de la obtenida a pleno sol (control), mientras que con 50 % se obtuvo el 57% de la producción del control. Con el 80 % de sombra se produjo una marcada disminución de la producción de pasto con solo el 22 % de la hallada a pleno sol. En una evaluación del *Brachiaria decumbens* bajo diferentes

niveles de sombra (0%, 30%, 50%, 60% y 80%) en plantaciones de cocoteros, observaron que la producción de MS/ha disminuía a medida que aumentaba el nivel de sombra en 28.2; 12.7; 10.9; 6.1 y 3.3 toneladas respectivamente (DANILO y MUHAMMAD, 1999).

PENTÓN y ALONSO, (2001) señalaron que *Albizia lebbbeck* con una densidad de 1500 plantas/ha proyectó hasta 41,8 % de sombra y se alcanzó una producción de pasto de 12 t MS/ha/año; *Albizia procera* con 1000 planta/ha incrementó su sombra hasta 71 % lo cual fue en detrimento del pasto *Brachiaria decumbens* y redujo su disponibilidad hasta 3 t MS/ha. En este sentido, ANDRADE e IBRAHIM, (2001) señalaron que *B. decumbens* fue el pasto que presentó la menor reducción del rendimiento en ambiente sombreado (23 %) comparado con *B. brizantha* (30 %) y *P. máximum* (39 %). En la Embrapa Ganado de Leche se realizaron experimentos de campo para estudiar la tolerancia al sombreamiento del *brachiaria decumbens* en condiciones de sombra natural y de sombra artificial. La sombra natural utilizada fue una plantación de angico-vermelho, bajo la cual el porcentaje de transmisión de luz en el verano variaba de 30 a 40% de la luz que incidía en el área adyacente sin árboles. La producción de materia seca fue de 6.34 t/ha bajo sombra y 9.97 t/ha a pleno sol, el cual indica que esta gramínea es tolerante al sombreamiento (CARVALHO et al., 2001).

2.2.2. Biomasa del *Axonopus compressus*

FASSOLA *et al.*, (2006) observó la acumulación de MS/ha/año de forraje promedio anual resultante en un período de seis años en un pastizal con predominio de *Axonopus compressus* bajo distintos niveles de sombra del dosel de *Pinus taeda* L., dicha acumulación promedio anual fue incrementándose con el aumento del porcentaje de sombra, alcanzando un máximo con un 40% de sombra, valor a partir del cual comenzó a decrecer para alcanzar a partir del 70% de sombra un punto crítico en el cual los riesgos de pérdida del pastizal se incrementaron aceleradamente. En una evaluación de *Axonopus compressus* bajo diferentes niveles de sombra (0%, 30%, 50% y 65%) simulados con mallas plásticas, obtuvo una mayor acumulación de MS con el 50% de sombra, aunque hasta un 65% fue superior a la de cielo abierto (LACORTE *et al.*, 2004).

BENVENUTTI *et al.*, (2000) al evaluar *Axonopus compressus* Rauh bajo dosel de *Pinus elliottii* establece como máximo un valor próximo al 50% de sombra para la producción aceptable de forraje, el incremento de la producción fue de un 70% con respecto a las condiciones sin sombra, puede considerarse en base a este trabajo y otros, que con porcentajes de sombra del 55a 65% la acumulación de MS forrajera de *Axonopus compressus* es similar a la que se obtendría con porcentajes de sombra del 10al 30%. Una evaluación de *Axonopus catarinensis* bajo diferentes niveles de sombra (0%, 30%, 50% y 75%) simulados con mallas plásticas de polietileno, obtuvo mayor producción de MS en los tratamientos de 0 y 50 % de sombra y la producción total

disminuyó levemente con un nivel de sombra del 30 % y para niveles 70 % Sombra la disminución en la producción fue marcada en el cual pérdida del pastizal se incrementaron aceleradamente (PACHAS *et al.*, 2004).

DANILO y MUHAMMAD, (1999) al evaluar *Axonopus compressus* bajo diferentes niveles de sombra (0%, 30%, 50%, 60% y 80%) en plantaciones de cocoteros, observaron que la producción de MS/ha disminuía a medida que aumentaba el nivel de sombra en 9.3; 6.4; 6.1; 3.7 y 3.1 toneladas respectivamente.

2.3. Microclimas bajo sombra

La sombra de los árboles promueve alteraciones microclimáticas en el ecosistema de las pasturas, tales como reducciones en la temperatura del aire y del suelo, disminución en las tasas de evaporación y conservación de un alto contenido de humedad del suelo. La temperatura ambiente en las áreas de pasturas bajo las copas de árboles es generalmente más amena que en las áreas a cielo abierto. En un sistema silvopastoril natural de Chile, verificaron que, bajo las copas de la leguminosa arbórea *Acacia caven*, las temperaturas máximas fueron 2 a 3°C más bajas que en las áreas de pasturas sin árboles y las temperaturas mínimas fueron ligeramente más altas bajo las copas. El efecto del sombreado sobre las temperaturas del suelo es todavía más marcado. En el mismo experimento, bajo las copas de los árboles, las reducciones en la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad variaron de 3 a

10°C, dependiendo de la época del año, en relación con las áreas sin sombra (OVALLE Y AVENDAÑO, 1984).

Los cambios en la temperatura ambiente y del suelo resultan en una menor capacidad de evaporación del aire (OVALLE y AVENDAÑO, 1984) y en una mayor disponibilidad de agua en el suelo (WILSON y WILD, 1991), condiciones que favorecen el crecimiento de las forrajeras en pasturas arborizadas. Una consecuencia de esas modificaciones en las condiciones ambientales del suelo y de la interface suelo-hojarasca de áreas sombreadas es el incremento en la actividad biológica del suelo, con aumento en la mineralización de N en comparación con las áreas no sombreadas de la pastura (JOFFRE *et al.*, 1988 y HANG *et al.*, 1995). En sistemas silvopastoriles naturales del Chaco árido argentino, HANG *et al.*, (1995) verificaron que el N mineralizado, disponible e inmovilizado en la biomasa microbiana, fue más alto debajo de las copas de los árboles que en los espacios abiertos. Otro efecto ya observado en áreas sombreadas es un aumento en la población de lombrices de tierra. En tres localidades de Queensland, Australia, fue encontrado un mayor número de lombrices en suelos colectados en parcelas de gramíneas sometidas a un 50% de sombreadamiento artificial, que en áreas sin sombra (WILD *et al.*, 1993).

2.4. Influencia del sombreado sobre la fotosíntesis, el crecimiento y el rendimiento de los pastos

El aspecto más estudiado de la influencia del sombreado en relación con la fotosíntesis ha sido relacionado con la variación de la concentración de la clorofila en las hojas. Los resultados han dependido del tipo de planta utilizada y la situación de la nutrición mineral. En general es aceptado que ante la presencia de la sombra el contenido de clorofila tiende a aumentar como una respuesta adaptativa de la planta a fin de mantener una adecuada fotosíntesis ante la reducción de la luz; trabajos realizados con gramíneas y leguminosas concluyeron que desde el punto cuantitativo la variación de la concentración de pigmentos es más sensible a los cambios de la nutrición mineral que a las intensidades luminosas (PENTON, 2000).

Aunque las gramíneas tropicales tienen un sendero fotosintético C4 y en comparación con las de sendero fotosintético C3, tienen una mayor eficiencia de utilización de la luz y el CO₂, la realidad es que cada especie presenta sus propias exigencias lumínicas. Conviene recordar que entre el punto de compensación y el punto de saturación lumínica, a cada incremento de la intensidad luminosa suelen corresponder un incremento de la fotosíntesis, así como que las plantas esciófilas (adaptadas a la sombra) hacen un mejor aprovechamiento de las bajas intensidades luminosas y en particular de la luz difusa; por otra parte las heliófilas tienen grandes exigencias luminosas y su fotosíntesis puede caer solo por variaciones parciales de la nubosidad en un día claro (BLANCO, 2002).

En términos generales, HERNÁNDEZ y SIMÓN (1994), indicaron que la menor disponibilidad de luz influye negativamente en la actividad fotosintética de las especies forrajeras, y su efecto varía, en dependencia de las especies o cultivares forrajeros y de la densidad del arbolado. Un examen de la literatura sugiere que un aumento de la producción de forraje por efecto del sombreo ha sido observado más en pastos cultivados que en pastos naturales. En algunos ecosistemas formados por pastos naturales asociados con árboles y arbustos la reducción de la densidad de ese componente tuvo como resultado una mayor producción de biomasa herbácea (HARRINGTON y JOHNS 1990).

Los resultados de la influencia de la sombra o el sombreado parcial sobre el rendimiento de los pastos son en la actualidad contradictorias, en función de las condiciones de suelo y clima donde se han realizado las investigaciones, el tipo de pastos, las características del estrato arbóreo y hasta la forma en que se ha medido o estimado el nivel de reducción de la intensidad luminosa. No obstante se plantea que un sombreado ligero estimado en un 30 % puede ser beneficioso para el rendimiento y valores de un 80 % o más suelen ser críticos. En términos de rendimiento se han encontrado valores de hasta un 35 % mayor a la sombra que al sol. En términos de disponibilidad los datos han sido desde un 5 % hasta más de un 100 %, pero estos valores pueden estar influenciados por otros aspectos, incluyendo la técnica de medición (BLANCO, 2002).

2.4.1. Materia seca (%)

Las gramíneas cultivadas a la sombra tienden a ser más suculentas, con menor porcentaje de masa seca, debido al desarrollo más lento de las plantas y la reducida velocidad de pérdida de agua por los tejidos vegetales (CASTRO *et al.*, 1999 y PERI *et al.*, 2007). Las afirmaciones de (PÁEZ *et al.*, 1994 y GIRALDO *et al.*, 1995) que con el aumento de la sombra en los pastizales ocurre una reducción del contenido de materia seca como resultado de la disminución de las concentraciones de carbohidratos solubles y la estimulación del aumento del contenido de humedad en el pasto (CAPOTE y SHISHCHENKO, 1974).

2.4.2. Altura de las plantas

El cultivo de varias especies de gramíneas en diferentes niveles de reducción de la intensidad de la luz mostró que las plantas alcanzan mayor altura y poseen tallos más largos (MORITA *et al.*, 1994). SKUTERUD, (1984) consideró esta respuesta como una forma de compensación por la deficiencia de la luz. Generalmente, las plantas responden a condiciones medioambientales adversas mediante modificaciones en su tasa de crecimiento y cambios en la movilización de los nutrientes. Estas transformaciones constituyen mecanismos de defensa para reducir al mínimo las limitaciones en el crecimiento, causadas por determinado factor individual. La longitud de los tallos y pecíolos en plantas sombreadas es mayor, al igual que la superficie foliar total (LAMBERS *et al.*, 1998).

El sombrero provoca cambios morfológicos y fenológicos en las especies forrajeras, los cuales funcionan como mecanismo de adaptación a la baja incidencia de radiación y la consiguiente reducción en el potencial fotosintético de la planta. Así, las especies forrajeras que crecen bajo sombra tienden a desarrollar hojas más largas, pero menos gruesas. Lo primero les ayuda a incrementar su habilidad competitiva para interceptar la luz, mientras que lo segundo les permite reducir su tasa de respiración (WILSON y LUDLOW, 1991).

Tal característica, es deseable en la medida que plantas de mayor altura podrán acumular más biomasa WILSON, (1990), en una evaluación de *Panicum máximum* bajo sombra artificial que permitía el paso de 50% de luz, encontró un incremento de 43% en el rendimiento del forraje, un 36% en el contenido de nitrógeno en hojas y un incremento de 106% en nitrógeno y nitratos en el suelo. Mejores condiciones ambientales bajo sombra, permite una más efectiva actividad microbiana del suelo actuando sobre la materia orgánica y consecuentemente una mayor liberación de N₂ mineralizado, el que a su vez es utilizado por las gramíneas (SHELTON *et al.*, 1987).

El mayor crecimiento de gramíneas forrajeras en respuesta al sombreamiento generalmente ha sido asociado a un aumento en la disponibilidad de N para las plantas, y esto ha sido observado tanto en condiciones de sombra artificial como de sombra natural. Por lo tanto, el estímulo de los árboles a la producción de materia seca de forrajeras, debido a

la mayor disponibilidad de N en el suelo, no se debe apenas a su contribución en biomasa, sino también a un efecto de la sombra sobre las condiciones ambientales (WONG y WILSON, 1980; ERIKSEN y WHITNEY, 1981; WILSON *et al.*, 1990).

PIÑEROS *et al.*, (2011) encontró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la altura de las plantas *Bothriochloa saccharoides* de los tratamientos con sombra de 30% y 50% respecto al tratamiento control (0%), principalmente en la época de sequía. Los tratamientos 50% y 30% de sombra en época seca tienden a una mayor elongación para la búsqueda de radiación solar, coadyuvadas posiblemente por una mejor reserva de agua retenida en el suelo bajo el dosel de los árboles.

2.4.3. Área foliar

Es evidente un efecto positivo relacionada con la producción de biomasa reflejada en los promedios de área foliar. Esto posiblemente esté relacionado con el hecho de que las gramíneas bajo sombra moderada mejoran su relación entre fotosíntesis y respiración presentan hojas más suculentas y menos tejidos muertos (CRUZ, 1997). Si bien, en ambientes calurosos las gramíneas bajo sombra moderada disminuyen su tasa fotosintética (JOHNSON y THORNLEY, 1984; HERRERO, 1995), es decir, la capacidad de construcción de moléculas de azúcar necesarias para el crecimiento de la planta (FRESENBURG, 2005) mediante la captura de radiación solar, éstos reducen también su senescencia, por lo cual la

concentración de clorofila en la hoja y demás compuestos nitrogenados, se mantiene por mayor tiempo (LUDLOW *et al.*, 1988).

2.5. Influencia del sombreado sobre la composición química de los pastos

ERIKSEN y WHITNEY, (1981) indican que la intensidad de luz que reciben las pasturas modifica la composición química del forraje y otros autores han encontrado incrementos en el contenido de proteína cruda y disminución en el de carbohidratos no estructurales, a medida que disminuye la transmisión de luz (WILSON, 1982; BUSTAMANTE, 1991; BELSKY, 1992; CARVALHO *et al.*, 1994; ZELADA, 1996).

Se conoce que la composición química de un pastizal a pleno sol, formado por gramíneas cultivadas con un estado de madurez entre 6 y 8 semanas, suele estar alrededor del 7,17% de proteína bruta (PB); 34,17% de fibra bruta (FB); 1,9% de extracto etéreo (EE); 7,9% de cenizas (Ce); 0,28% de fósforo (P); 2,1% de potasio (K); 0,19% de calcio (Ca); 0,29% de magnesio (Mg); 0,18% de sodio (Na); 0,86% de cloruro (Cl) y 0,30% de azufre (S) (APPELMAN y DIRVEN, 1962). Sin embargo, el grado de iluminación que recibe el pastizal provoca cambios en el contenido químico de su biomasa e influye en los niveles de extracción y utilización de los nutrientes, lo que está muy relacionado con el estatus mineral del suelo y su dinámica, en interacción con otros factores naturales tales como el clima, la composición botánica, la presencia de la macro y microfauna edáfica y la competencia o la interferencia

de árboles, arbustos y otras plantas vecinas(DACCARETT y BLYDENSTEIN, 1968; PEZO, 1981; BRONSTEIN, 1984; ERICKSEN y WHITNEY, 1981).

Se considera que el aumento del contenido mineral y en especial el contenido de N puede estar relacionado con una mayor y activa mineralización de la materia orgánica bajo las condiciones de sombra (WILSON *et al.*, 1990). La reducción de los carbohidratos puede estar afectada por la alteración del equilibrio glucido/nitrógeno en estas condiciones y la reducción de la intensidad de la radiación (DEINIUM, 1996). El nitrógeno (N) es otro componente químico de las plantas, el cual promueve un análisis más detallado por la importancia que tiene como constituyente esencial de las proteínas. A partir de esta idea, muchos autores parecen coincidir en el hecho de que en pastizales compuestos por gramíneas fundamentalmente y establecidos bajo árboles, donde el dosel proyecte entre 40 y 80% de sombra, se alcanzan mayores niveles de sustancias nitrogenadas (BRONSTEIN, 1984 y RODRÍGUEZ, 1985).

Los análisis químicos del forraje de *Brachiaria decumbens* colectados en dos épocas del año, indicaron que los niveles de proteína bruta en el forraje fueron más altos en las áreas bajo sombra que en las áreas sin árboles, tanto en la época seca como en la lluviosa (CARVALHO *et al.*, 2001). Un estudio con *Axonopus compressus* bajo diferentes niveles de sombra (0, 30, 50 y 65%) en parcelas sin fertilización, encontraron valores de proteína de 9,4%; 10,2%; 9,2% y 12,1%, respectivamente, concluyendo que se obtienen

mejores resultados en proteína a medida que el pasto tiene más sombra (LACORTE *et al.*, 2004).

(CRUZ, 1997) afirma que el contenido de proteína cruda de algunos pastos tropicales incrementa debajo de la copa de los árboles. Ello sugiere que dada las variaciones que se producen bajo el dosel arbóreo en cuanto a una disminución de la temperatura y aumento de la humedad en los primeros centímetros del suelo, así como el incremento asociado en el contenido de materia orgánica y de la actividad de la biota edáfica(SÁNCHEZ *et al.*, 1997 y XAVIER *et al.*, 2003), puede ocurrir un incremento en la disponibilidad de los elementos del suelo para las gramíneas sombreadas, asociado en algunos casos a una disminución en el contenido de fibra cruda y por ende, un mejoramiento en la digestibilidad de la materia seca (CARVALHO *et al.*, 1994).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en tres potreros del módulo lechero de la Facultad de Zootecnia- UNAS, ubicado en el distrito de José Crespo y Castillo (Aucayacu), Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco. Geográficamente se encuentra ubicado en coordenadas de $75^{\circ}73'07''$ de longitud oeste y $09^{\circ}09'07''$ de latitud sur, a una altitud promedio de 580 m.s.n.m con una temperatura promedio de 24°C y humedad relativa de 83,6 %. Ecológicamente se encuentra ubicada en la zona de vida de bosque muy húmedo-premontano subtropical (bmh-PT) (UNAS, 2008).

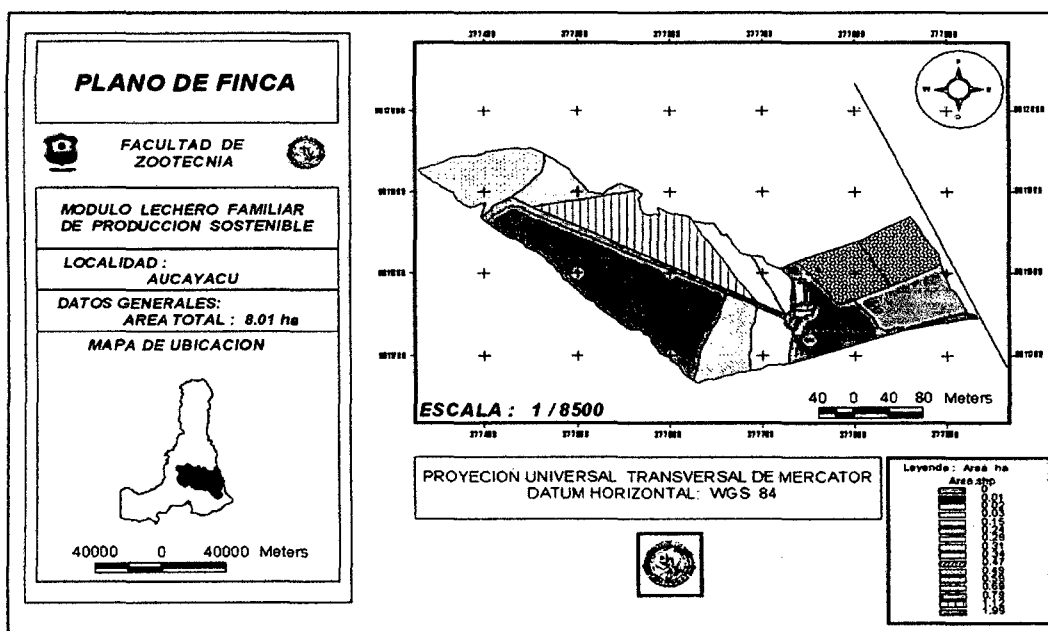


Figura 1. Plano de ubicación del módulo lechero de la Facultad de Zootecnia.

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 120 días desde el mes de setiembre hasta diciembre del 2011.

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental.

3.3. Población y muestra

En la presente investigación se trabajó entres potreros delos pastos seleccionados, en cada potrero se marcaron cuatro parcelas cuyas dimensiones fueron de 6x3 metros cada una; las muestras se evaluaron de manera directa por cada parcela.

Cuadro 1: Datos meteorológicos durante el experimento.

	Meses del año 2011	
	Octubre	Noviembre
Precipitación total mensual (mm)	169.1	377.9
Humedad relativa media mensual (%)	86	85
Temperatura media mensual (°C)	25	25.9
Temperatura máxima media mensual (°C)	29.5	30.7
Temperatura mínima media mensual (°C)	20.6	21.2
Horas del sol total mensual	113.2	162.2

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología-Huánuco

3.4. Campo experimental

El área donde se realizó el presente trabajo de investigación presenta una topografía al 2 % de pendiente con partes encharcadas, el suelo es de una textura franco arenoso, predominando la fracción limo con el 24.0 % seguido de arena con un 57.0 % y arcilla con 19.0 %, el contenido de materia orgánica presenta un tenor bajo de 1.8 %, con nitrógeno y fósforo de tenor bajo (0.08 % y 4.80 ppm respectivamente), y K_2O de tenor medio (119 kg/ha). El suelo presenta un pH fuertemente ácido (5.2)

3.5. Metodología

3.5.1. Selección de área de estudio

Para el desarrollo del trabajo se seleccionaron tres potreros de *Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus*, que se encuentran ubicados en un área ligeramente plana, las cuales se identificaron con estacas las parcelas y subparcelas (unidad experimental), y luego se realizó la limpieza de malezas.

3.5.2. Demarcación del área

En cada potrero se marcaron con estacas cuatro parcelas de 6x3 m, y estuvieron separadas a una distancia 5 m. en cada parcela se marcaron tres subparcelas de 3x2 m (unidad experimental) como repetición. En cada parcela se cubrió con mallas para viveros, a una altura de 1.10 m.

3.5.3. Características de las mallas para viveros

Para el presente trabajo se utilizó mallas para viveros de 8x4 m para cada parcela, con tres niveles de sombra ya establecidos (35, 50 y 65%), y se instalaron a una altura de 1.10 m.; cada potrero contó con los tres niveles de sombra que proporcionan las mallas.

3.5.4. Manejo de los pastos

Establecidas las parcelas e instaladas las mallas para vivero, se realizó un corte de uniformización, luego se fertilizaron los pastos con la proporción 200 – 100 – 100 de NPK. Cada 21 días se evaluó la altura de las plantas (cm) y el porcentaje de cobertura (%), a la novena semana se realizó el muestreo de los pastos para evaluar la materia verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y producción de biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) basándose en la metodología del manual para la evaluación agronómica (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1982), el área foliar se determinó utilizando el método gravimétrico (MARTÍNEZ, G. 2011) y la composición química de los pastos en el laboratorio de nutrición animal de la UNAS bajo la metodología del análisis proximal (método de Weende).

3.6. Variable Independiente

3.6.1. Gramíneas (3):

- *Paspalum plicatum*

- *Brachiaria decumbens*
- *Axonopus compressus*

3.6.2. Niveles de sombra (4):

- S1: 0 %de sombra (Testigo)
- S2: 35 % de sombra
- S3: 50 % de sombra
- S4: 65 % de sombra

3.7. Tratamientos

Los tratamientos se distribuyeron de manera que formen una interacción entre gramíneas (*Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus*), con los cuatro niveles de sombra; cada tratamiento tuvo tres repeticiones de 3x2 m, y los 12 tratamientos distribuidos se detallan de la siguiente manera:

- Potrero de *Paspalum plicatulum*

T1 = *Paspalum plicatulum* + 0% de sombra (testigo)

T2 = *Paspalum plicatulum* + 35% de sombra

T3 = *Paspalum plicatulum* + 50% de sombra

T4 = *Paspalum plicatulum* + 65% de sombra

- Potrero de *Brachiaria decumbens*

T5 = *Brachiaria decumbens* + 0% de sombra (testigo)

T6 = *Brachiaria decumbens* + 35% de sombra

T7 = *Brachiaria decumbens* + 50% de sombra

T8 = *Brachiaria decumbens* + 65% de sombra

- Potrero de *Axonopus compressus*

T9 = *Axonopus compressus* + 0% de sombra (testigo)

T10 = *Axonopus compressus* + 35% de sombra

T11 = *Axonopus compressus* + 50% de sombra

T12 = *Axonopus compressus* + 65% de sombra

3.8. Análisis Estadístico

Para el análisis de las variables dependientes se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 3x4, la cual conto con 12 tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, la unidad experimental estuvo conformada por una subparcela de 3x2 m.

Siendo el modelo aditivo lineal el siguiente:

$$Y_{ij} = u + A_i + C_j + AC + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación del i-ésimo nivel de sombra en la j-ésima gramínea.

μ = Media poblacional.

A_i = Efecto de la i-ésimo nivel de sombra

C_j = Efecto de la j-ésima gramínea

$A * C_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de sombra en la j-ésima gramínea.

E_{ij} = Error experimental.

3.9. Croquis de distribución de los tratamientos

En el croquis de distribución se esquematizan 12 tratamientos con la interacción de las gramíneas (*Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus*) con los niveles de sombra (0, 35, 50 y 65%), cada tratamiento tuvo tres repeticiones, por lo tanto se muestran 12 parcelas de 6x3m cada una y tres subparcelas de 3x2 m por tratamiento.

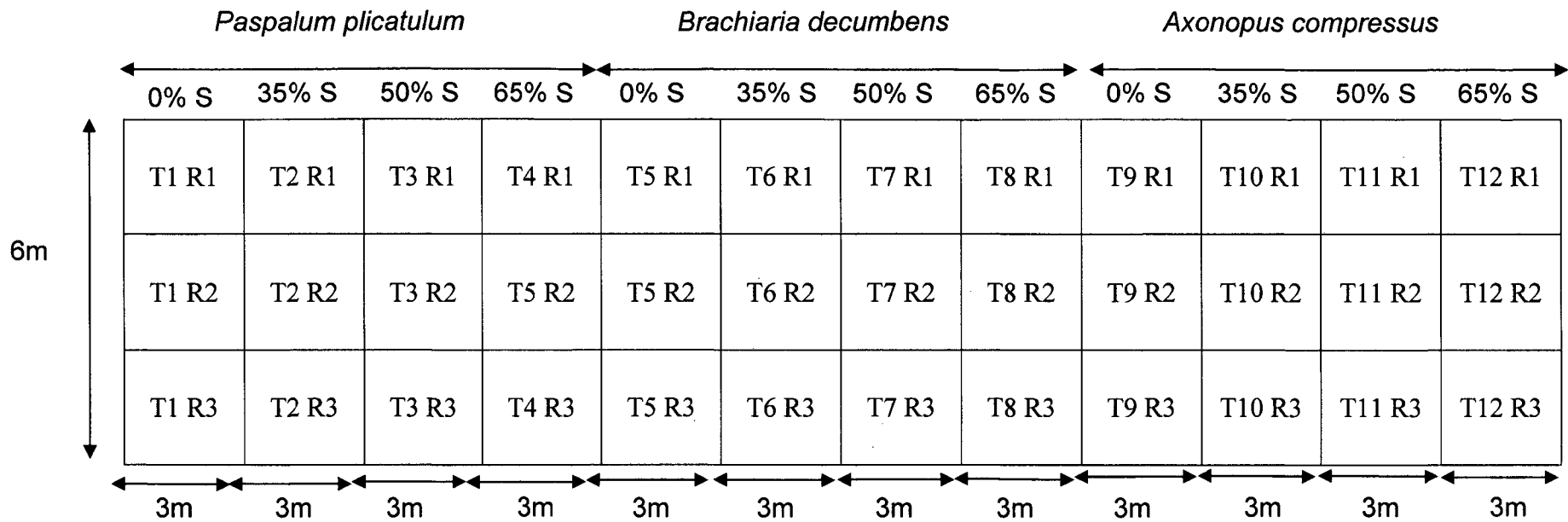


Figura 2. Croquis de las parcelas en estudio.

3.10. Variables dependientes

- Altura de planta (cm)
- Porcentaje de cobertura (%)
- Área foliar (cm²)
- Producción de forraje verde (kg.ha⁻¹)
- Producción de materia seca (kg.ha⁻¹)
- Análisis de nutrientes (Kcal/kg)

3.10.1. Altura de planta

Se realizó con la ayuda del metro cuadrado a la tercera, sexta y novena semana; se registró con mediciones correspondientes a 5 plantas seleccionadas al azar (dos grandes, dos medianas y una pequeñas) en cada subparcela, para tal efecto se utilizó una wincha metálica, la forma de registrar las dimensiones fue en centímetro desde el suelo hasta el punto más alto de la planta sin estirla (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1982)

3.10.2. Porcentaje de cobertura

El porcentaje de cobertura se registró en cada subparcela a través de un marco de madera de un metro cuadrado y una piola que permitió formar un cuadrilátero o retícula de (0.2 x 0.2m). La cobertura se estimó según la

proporción aparente en la que cada especie en estudio cubrió cada área de la cuadrícula, posteriormente se sumaron los valores por retícula obteniendo el porcentaje total (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1982)

3.10.3. Área foliar

Para medir el área foliar se seleccionaron 9 plantas al azar (tres grandes, tres medianas y tres pequeñas) de las cuales se les cortó la hoja más representativas para calcarlos en papel milimetrado, luego se cortó un centímetro cuadrado y el área calcada en la hoja del papel milimetrado para pesarlos en una balanza analítica y determina el área foliar mediante una regla de tres simples (MARTÍNEZ, G. 2011).

3.10.4. Producción de forraje verde

Para evaluar el forraje verde se realizó el muestreo en cada subparcela, utilizando un marco de madera de un metro cuadrado y un machete, cortando el pasto a una altura de cinco cm del suelo, luego se pesó el material recolectado, dándonos el peso total de la muestra la cual se extrapolo a una hectárea; para esto se utilizó una balanza digital con una capacidad de cinco kg. (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1982)

3.10.5. Producción de materia seca

De la muestra total del forraje verde se tomó una submuestra de 250g, el cual se envolvió con papel periódico previamente codificado y se puso a secar en una estufa a 60 °C hasta obtener un peso constante; para calcular la materia seca del forraje se utilizó la siguiente fórmula: (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1982)

$$MS/m^2 = \frac{PF \times ps}{pf}$$

Dónde:

MS/m²: Materia seca por metro cuadrado

PF : Peso fresco de la muestra total (m²)

ps : Peso seco de la submuestra

pf : Peso fresco de la submuestra (250 gr)

3.10.6. Análisis de nutrientes

El análisis de nutrientes se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal de la UNAS; obtenida la materia seca, la muestra fue molida con un molino Wily a un tamaño de 0.5 mm de cada muestra; se determinó la cantidad de nutrientes mediante el análisis proximal (método de Weende); en contenido de proteína total (% PT), fibra cruda (% FC), energía bruta (Kcal/kg), extracto etéreo (%EE) y cenizas totales (%).

IV. RESULTADOS

4.1. Efecto de la sombra sobre las respuestas agronómicas

4.1.1. Pasto negro (*Paspalum plicatulum*)

En el Cuadro 2 se muestran los resultados y el análisis estadístico para las variables altura, cobertura y área foliar del *Paspalum plicatulum*, evaluados bajo diferentes niveles de sombra. Para la variable altura existe alta diferencia significativa ($P < 0.01$) en los distintos niveles de sombra, resultando que para 65% de sombra obtiene mayor altura (76.40 cm) que los otros niveles de sombra, los niveles de 0 % y 35 % de sombra no influyeron estadísticamente en la altura. Los niveles de sombra no influyeron ($P > 0.05$) en la cobertura y área foliar del pasto negro.

Cuadro 2: Efecto de la sombra sobre la altura (cm), cobertura (%) y área foliar (cm^2) del *Paspalum plicatulum* (media \pm error estándar)

SOMBRA %	ALTURA	COBERTURA	AREA FOLIAR
0	48.67 \pm 0.97 a	70.33 \pm 6.89 a	26.10 \pm 1.29 a
35	57.00 \pm 2.55 a	62.00 \pm 8.02 a	31.09 \pm 2.84 a
50	63.40 \pm 6.10 ab	71.67 \pm 7.84 a	34.81 \pm 6.40 a
65	76.40 \pm 4.84 b	72.67 \pm 10.35 a	40.71 \pm 4.38 a
P-valor	0.0085	0.7981	0.1689
CV	11.64	20.96	21.81
r ²	0.75	0.11	0.45

Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas a la prueba de Tuckey ($P < 0.05$)

4.1.2. *Brachiaria decumbens*

En el Cuadro 3 se muestran los resultados y el análisis estadístico para las variables altura, cobertura y área foliar del *Brachiaria decumbens*, evaluados bajo diferentes niveles de sombra. Para la variable altura existe diferencia significativa ($P < 0.05$) en los distintos niveles de sombra, resultando que para 65% de sombra obtiene mayor altura (79.60 cm) que los otros niveles de sombra, a niveles de 0, 35 y 50 % de sombra no influyeron estadísticamente en la altura. Los niveles de sombra no influyeron ($P > 0.05$) en la cobertura, pero si influyeron ($P < 0.05$) en el área foliar, resultando que para 65 % de sombra obtiene mayor área foliar (26.82 cm²) que los otros niveles de sombra.

Cuadro 3: Efecto de la sombra sobre la altura (cm), cobertura (%) y área foliar (cm²) del *Brachiara decumbens* (media \pm error estándar)

SOMBRA %	ALTURA	COBERTURA	AREA FOLIAR
0	70.33 \pm 1.33 a	71.67 \pm 2.33 a	22.59 \pm 0.23 ab
35	69.00 \pm 1.45 a	62.00 \pm 7.55 a	22.10 \pm 1.39 a
50	68.67 \pm 1.44 a	63.67 \pm 1.20 a	22.85 \pm 1.05 ab
65	79.60 \pm 3.20 b	68.67 \pm 3.84 a	26.82 \pm 0.94 b
P-valor	0.0145	0.4367	0.0343
CV	4.85	11.55	7.32
r ²	0.71	0.27	0.64

Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas a la prueba de Tuckey ($P < 0.05$)

4.1.3. Pasto natural (*Axonopus compressus*)

En el Cuadro 4 se muestran los resultados y el análisis estadístico para las variables altura, cobertura y área foliar del *Axonopus compressus*, evaluados bajo diferentes niveles de sombra. Para la variable altura existe alta

diferencia significativa ($P < 0.01$) en los distintos niveles de sombra, resultando que este pasto bajo sombra obtiene mayor altura. Los niveles de sombra no influyeron ($P > 0.05$) en la cobertura, pero si influyeron ($P < 0.01$) en el área foliar, resultando que bajo sombra desarrolla mayor área foliar.

Cuadro 4: Efecto de la sombra sobre la altura (cm), cobertura (%) y área foliar (cm^2) del *Axonopus compressus* (media \pm error estándar)

SOMBRA %	ALTURA	COBERTURA	AREA FOLIAR
0	10.53 \pm 1.03 a	75.33 \pm 11.26 a	5.52 \pm 0.62 a
35	16.07 \pm 1.46 b	66.67 \pm 17.64 a	9.44 \pm 0.53 b
50	17.13 \pm 1.09 b	74.00 \pm 13.05 a	11.11 \pm 0.71 b
65	18.80 \pm 0.90 b	76.67 \pm 13.02 a	11.59 \pm 0.86 b
P-valor	0.0046	0.9562	0.001
CV	12.65	33.01	12.69
r ²	0.79	0.04	0.86

Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas a la prueba de Tuckey ($P < 0.05$)

El *Paspalum plicatum* y *Brachiaria decumbens* por ser pastos mejorados tienen mayor altura que el *Axonopus compressus* como se observa en la Figura 3; sin embargo, el *Paspalum plicatum* y *Axonopus compressus* obtienen mayor altura a medida que incrementan los niveles de sombra, y la *Brachiaria decumbens* mantiene la misma altura hasta 50 % de sombra, pero a 65 % de sombra la altura es mayor.

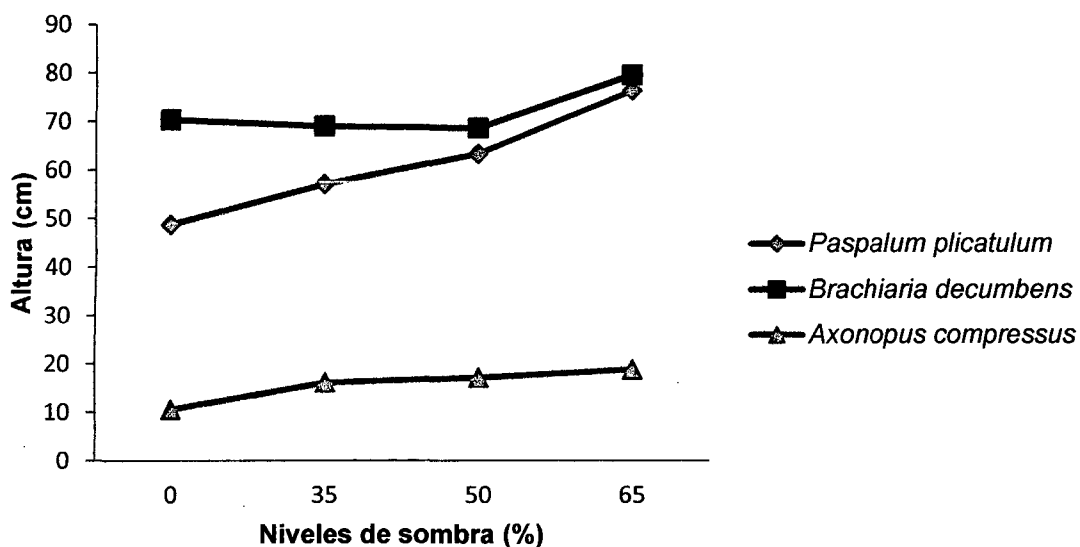


Figura 3. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la altura en los pastos evaluados

La Figura 4 muestra la cobertura (%) de los pastos bajo diferentes niveles de sombra, el cual nos indican que para los tres pastos evaluados, la cobertura se mantiene a medida que se incrementan los niveles de sombra.

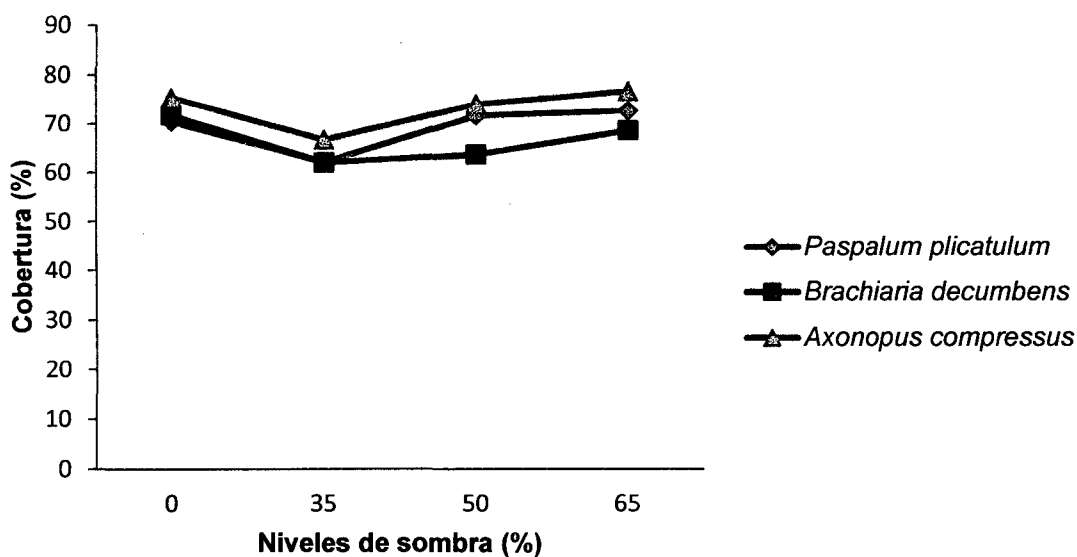


Figura 4. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la cobertura en los pastos evaluados

El *Paspalum plicatulum* tiene mayor área foliar que los otros pastos, siendo el *Axonopus compressus* con menor área foliar como se observa en la Figura 5; sin embargo, los tres pastos evaluados, desarrollan mayor área foliar a medida que se incrementan los niveles de sombra

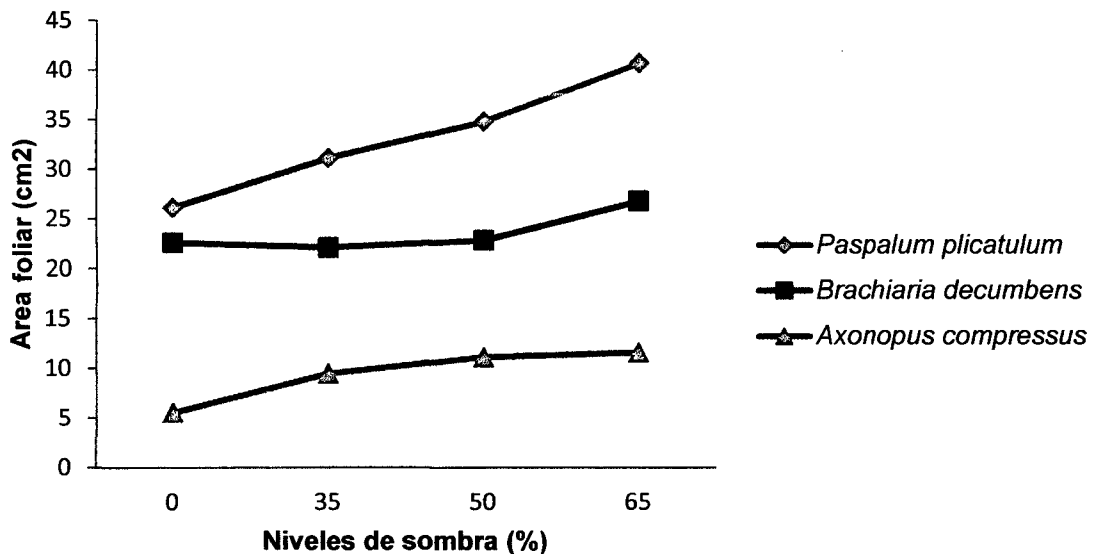


Figura 5. Influencia de los niveles de sombra con respecto al área foliar de los pastos evaluados

4.2. Efecto de la sombra sobre el forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

4.2.1. Pasto negro (*Paspalum plicatulum*)

En el Cuadro 5 se muestran los resultados y el análisis estadístico para las variables forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) del *Paspalum plicatulum*, evaluados bajo diferentes niveles de sombra. Para las variables forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) los distintos niveles de sombra influyeron estadísticamente ($P < 0.01$), aplicando la prueba de Tuckey, muestra

que a 65 % de sombra obtienen mayor producción que el resto de niveles de sombra.

Cuadro 5: Efecto de la sombra sobre el forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) del pasto negro (*Paspalum plicatulum*) (media \pm error estándar)

SOMBRA %	FORRAJE VERDE	BIOMASA
0	15911.32 \pm 366.97 a	2972.55 \pm 122.78 a
35	16540.38 \pm 984.91 a	2910.73 \pm 9.49 a
50	16595.83 \pm 304.17 a	3060.02 \pm 229.10 a
65	28590.56 \pm 728.86 b	4183.41 \pm 100.89 b
P-valor	0.0001	0.0006
CV	5.87	7.36
r ²	0.97	0.88

Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas a la prueba de Tuckey ($P < 0.05$)

4.2.2. *Brachiaria decumbens*

En el Cuadro 6 se muestran los resultados y el análisis estadístico para las variables forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) del *Brachiaria decumbens*, evaluados bajo diferentes niveles de sombra. Existe alta diferencia estadística ($P < 0.01$) en la producción de forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), aplicando la prueba de Tuckey, muestra que a 65 % de sombra obtienen mayor producción que el resto de niveles de sombra.

Cuadro 6: Efecto de la sombra sobre el forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) del *Brachiaria decumbens* (media \pm error estándar)

SOMBRA %	FORRAJE VERDE	BIOMASA
0	22675.00 \pm 80.79 b	5593.86 \pm 147.39 a
35	20130.64 \pm 479.43 a	4963.95 \pm 227.84 a
50	20865.14 \pm 106.63 a	5285.02 \pm 81.05 a
65	28536.03 \pm 112.31 c	6921.41 \pm 437.03 b
P-valor	0.0001	0.0034
CV	1.92	7.92
r ²	0.99	0.8

Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas a la prueba de Tuckey ($P < 0.05$)

4.2.3. Pasto natural (*Axonopus compressus*)

En el Cuadro 7 se muestran los resultados y el análisis estadístico para las variables forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) del *Axonopus compressus*, evaluados bajo diferentes niveles de sombra. Para las variables forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), los distintos niveles de sombra influyeron estadísticamente ($P < 0.01$), aplicando la prueba de Tuckey, muestra que a medida que aumenta el nivel de sombra hasta 50 %, se incrementa la producción, y a 65% de sombra la producción es similar al obtenido en 35 % de sombra.

Cuadro 7: Efecto de la sombra sobre el forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) del pasto natural (*Axonopus compressus*) (media \pm error estándar)

SOMBRA %	FORRAJE VERDE	BIOMASA
0	3237.02 \pm 8.49 a	909.46 \pm 63.87 a
35	4832.22 \pm 153.78 b	1189.68 \pm 42.68 b
50	5585.62 \pm 39.49 c	1407.16 \pm 26.29 c
65	4676.87 \pm 109.42 b	991.47 \pm 44.16 ab
P-valor	0.0001	0.0003
CV	3.65	7.12
r ²	0.97	0.9

Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas a la prueba de Tuckey ($P < 0.05$)

La Figura 6 muestra la producción de forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de los pastos bajo diferentes niveles de sombra, el cual nos indica que el *Brachiaria decumbens* y *Paspalum plicatulum* por ser pastos mejorados tienen mayor producción de forraje verde que el *Axonopus compressus*. La *Brachiaria decumbens* y *Paspalum plicatulum* muestran que a 65 % de sombra obtuvieron mayor producción que en los otros niveles de sombra, y el *Axonopus compressus* a medida que aumenta el nivel de sombra hasta 50 %, se incrementa la producción, y a 65 % de sombra la producción comienza a disminuir.

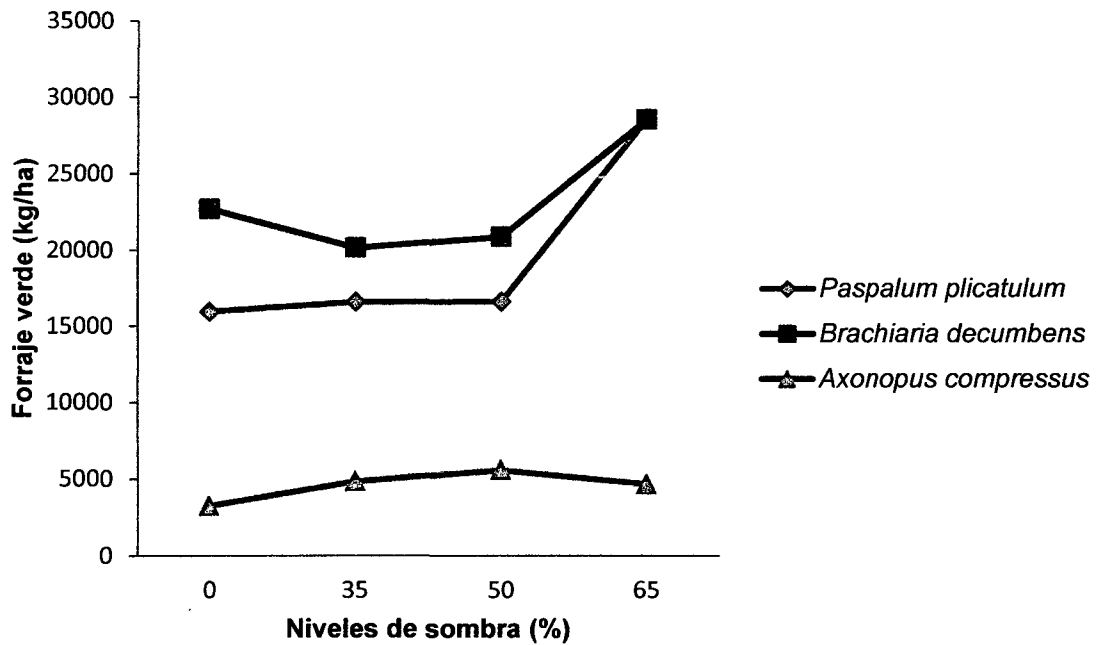


Figura 6. Forraje verde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de los pastos evaluados a diferentes niveles de sombra.

La *Brachiaria decumbens* tiene mayor producción de biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) que los otros pastos, siendo el *Axonopus compressus* con menor producción como se observa en la Figura 7; sin embargo, la *Brachiaria decumbens* y *Paspalum plicatulum* muestran que a 65 % de sombra obtuvieron mayor producción que en los otros niveles de sombra, y el *Axonopus compressus* a medida que aumenta el nivel de sombra hasta 50 %, se incrementa la producción, y a 65 % de sombra la producción comienza a disminuir.

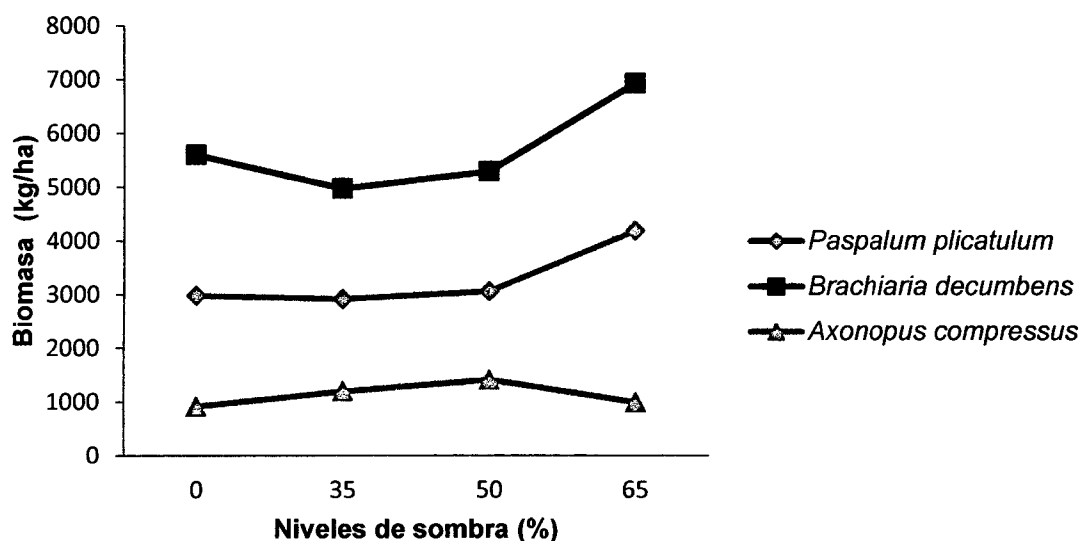


Figura 7. Biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de los pastos evaluados a diferentes niveles de sombra.

4.3. Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional

4.3.1. Pasto negro (*Paspalum plicatum*)

En el Cuadro 8 se muestran los resultados y el análisis estadístico de la calidad nutricional del *Paspalum plicatum*, evaluados bajo diferentes niveles de sombra. Los distintos niveles de sombra no influyeron estadísticamente ($P > 0.05$) en el porcentaje de ceniza. Para las variables proteína total, extracto etéreo, fibra cruda y energía bruta existen alta diferencia significativa ($P < 0.01$) en los distintos niveles de sombra, aplicando la prueba de Tuckey, muestra que a 35 % de sombra obtiene mayor cantidad de proteína 9.43 %, a 65 % de sombra obtiene 1.36 % de extracto etéreo, así mismo obtiene 34.11 % de fibra cruda y para la energía bruta en niveles de 0, 35 y 50 % de sombra obtiene mayores cantidades.

Cuadro 8: Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional del pasto negro
(*Paspalum plicatulum*) (media \pm error estándar)

SOMBRA %	CZ (%)	PT (%)	EE (%)	FC (%)	EB (Kcal/kg)
0	6.42 \pm 0.18 a	8.64 \pm 0.10 b	1.15 \pm 0.01 a	28.25 \pm 0.02 a	3767.99 \pm 7.82 b
35	5.86 \pm 0.07 a	9.43 \pm 0.10 c	1.19 \pm 0.03 a	29.22 \pm 0.09 c	3777.48 \pm 0.63 b
50	6.40 \pm 0.10 a	7.39 \pm 0.10 a	1.30 \pm 0.03 ab	28.63 \pm 0.06 b	3776.23 \pm 1.03 b
65	6.45 \pm 0.17 a	7.78 \pm 0.10 a	1.36 \pm 0.05 b	34.11 \pm 0.04 d	3730.32 \pm 0.12 a
P-valor	0.0509	0.0001	0.0084	0.0001	0.0001
CV	3.83	2.02	4.7	0.32	0.18
r ²	0.6	0.97	0.75	1	0.92

Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas a la prueba de Tuckey (P<0.05)

4.3.2. *Brachiaria decumbens*

En el Cuadro 9 se muestran los resultados y el análisis estadístico de la calidad nutricional del *Brachiaria decumbens*, evaluados bajo diferentes niveles de sombra. Los distintos niveles de sombra influyen (P<0.05) en el porcentaje de ceniza. Para las variables proteína total, extracto etéreo, fibra cruda y energía bruta existen alta diferencia significativa (P<0.01) en los distintos niveles de sombra, aplicando la prueba de Tuckey, muestra que a 35 % y 50 % de sombra obtiene mayor cantidad de proteína 8.26 % y 8.65 % respectivamente, a 0 % de sombra obtiene 1.53 % de extracto etéreo, a 35 % y 65 % de sombra obtiene mayor cantidad de fibra cruda 33.93 % y 34.48 % respectivamente y para la energía bruta a un nivel de 35 % de sombra obtiene 4144.01 Kcal/kg.

Cuadro 9: Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional del *Brachiaria decumbens* (media \pm error estándar)

SOMBRA %	CZ (%)	PT (%)	EE (%)	FC (%)	EB (Kcal/kg)
0	3.47 \pm 0.11 ab	7.39 \pm 0.10 a	1.53 \pm 0.06 b	29.38 \pm 0.10 a	4093.38 \pm 0.11 c
35	3.24 \pm 0.04 a	8.26 \pm 0.10 b	1.03 \pm 0.01 a	33.93 \pm 0.01 c	4144.01 \pm 0.04 d
50	3.64 \pm 0.08 ab	8.65 \pm 0.10 b	1.08 \pm 0.01 a	31.50 \pm 0.13 b	4045.53 \pm 1.00 a
65	3.70 \pm 0.11 b	7.77 \pm 0.10 a	1.05 \pm 0.01 a	34.48 \pm 0.22 c	4069.06 \pm 0.30 b
P-valor	0.0277	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CV	4.44	2.09	4.63	0.74	0.02
r ²	0.66	0.92	0.96	0.99	1

Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas a la prueba de Tuckey (P<0.05)

4.3.3. Pasto natural (*Axonopus compressus*)

En el Cuadro 10 muestran los resultados y el análisis estadístico de la calidad nutricional del *Axonopus compressus*, evaluados bajo diferentes niveles de sombra. Los distintos niveles de sombra no influyeron estadísticamente (P>0.05) en el porcentaje de ceniza. Para las variables proteína total, extracto etéreo, fibra cruda y energía bruta existen alta diferencia significativa (P<0.01) en los distintos niveles de sombra, aplicando la prueba de tuckey, muestra que a 65 % de sombra obtiene mayor cantidad de proteína 12.44 %, así mismo obtiene 0.99 % de extracto etéreo, a 35 % de sombra obtiene 29.39 % de fibra cruda y para la energía bruta a un nivel de 0 % y 65 % de sombra obtiene 3,738.7 y 3,726.95 Kcal/kg respectivamente.

Cuadro 10: Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional del pasto natural
(*Axonopus compressus*) (media \pm error estándar)

SOMBRA %	CZ (%)	PT (%)	EE (%)	FC (%)	EB (Kcal/kg)
0	8.44 \pm 0.10 a	11.56 \pm 0.10 b	0.83 \pm 0.003 a	25.35 \pm 0.09 a	3738.7 \pm 8.21 c
35	12.01 \pm 2.85 a	9.53 \pm 0.10 a	0.85 \pm 0.01 a	29.39 \pm 0.08 c	3603.19 \pm 0.10 a
50	9.81 \pm 0.05 a	11.76 \pm 0.10 b	0.83 \pm 0.01 a	25.20 \pm 0.05 a	3676.03 \pm 0.35 b
65	7.65 \pm 0.003 a	12.44 \pm 0.09 c	0.99 \pm 0.01 b	26.14 \pm 0.01 b	3726.95 \pm 0.34 c
P-valor	0.2249	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CV	26.03	1.47	1.23	0.44	0.19
r ²	0.4	0.98	0.98	1	0.99

Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas a la prueba de Tuckey (P<0.05)

La Figura 8 muestra la proteína total (%) de los pastos evaluados, en el cual se observa que el *Axonopus compressus* tiene mayor cantidad de proteína a comparación de los otros pastos, y a 65 % de sombra obtiene el mayor contenido proteico; sin embargo, para el *Paspalum plicatulum* y *Brachiaria decumbens* obtienen mayor cantidad de proteína a 35 y 50 % de sombra respectivamente, y a niveles de sombra mayores la proteína disminuye.

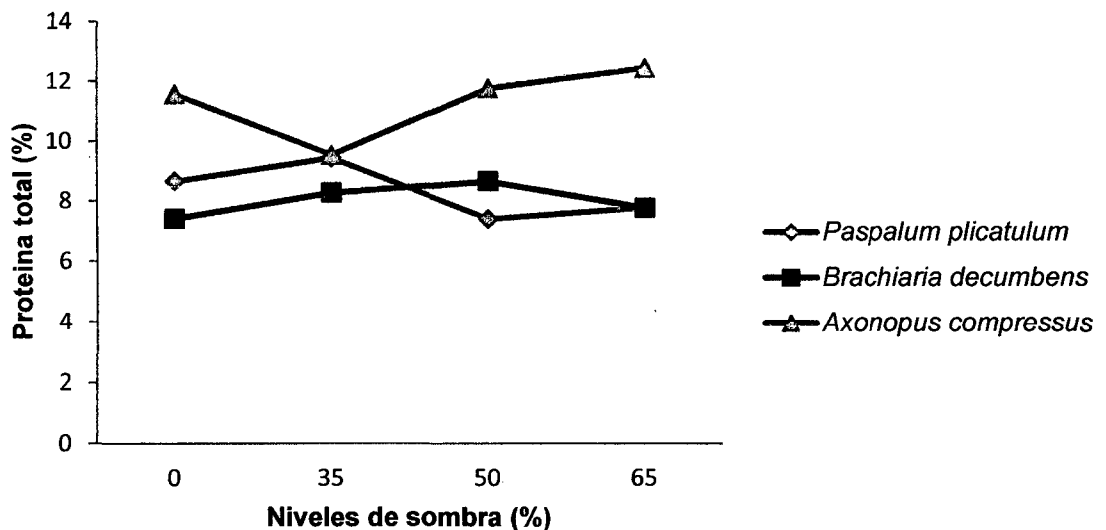


Figura 8. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la proteína total (%) de los pastos evaluados

La Figura 9 muestra la fibra cruda (%) de los pastos evaluados, el cual nos indica que el *Paspalum plicatulum* a 65 % de sombra obtiene mayor cantidad de fibra cruda, la *Brachiaria decumbens* a 35 % y 65 % de sombra obtiene mayor cantidad de fibra cruda, y el *Axonopus compressus* solo a 35 % de sombra obtiene mayor cantidad de fibra cruda

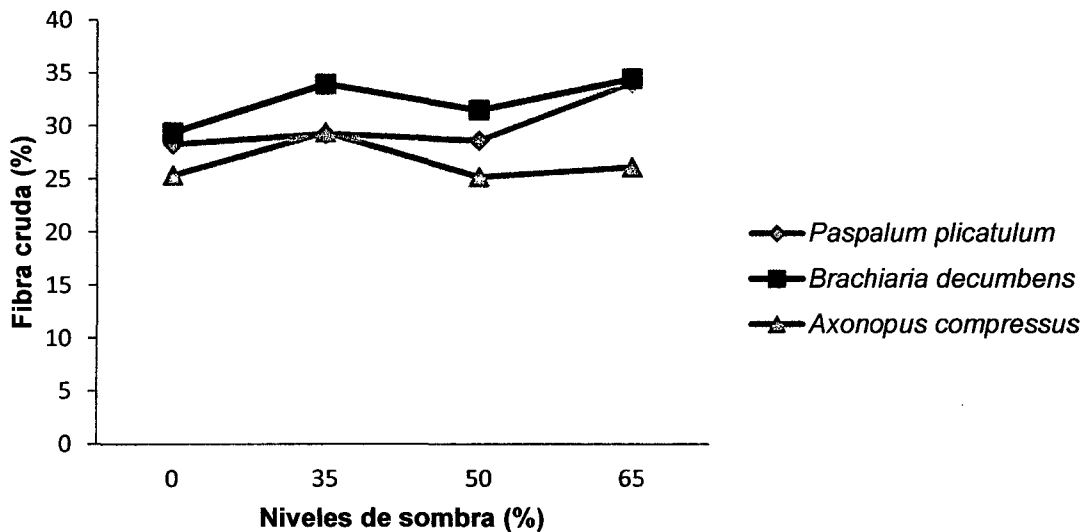


Figura 9. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la fibra cruda (%) de los pastos evaluados

La Figura 10 muestra la energía bruta (Kcal/kg) de los pastos evaluados, en el cual se observa que la *Brachiria decumbens* tiene mayor contenido energético que los otros pastos, y a 35 % de sombra obtiene el mayor contenido energético; sin embargo, el *Paspalum plicatulum* obtiene mayores cantidades de energía a 0, 35 y 50 %de sombra, y el *Axonopus compressus* obtiene mayores cantidades de energía a 0 % y 65 % de sombra.

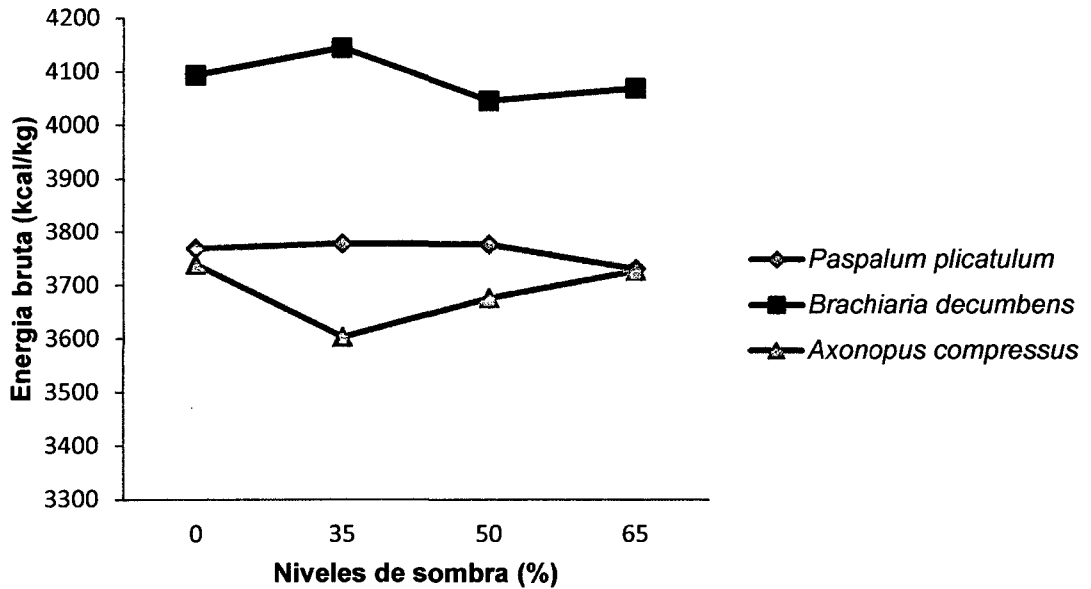


Figura 10. Influencia de los niveles de sombra con respecto a la energía bruta (Kcal/kg) de los pastos evaluados

4.4. Nivel óptimo de sombra

4.4.1. Pasto negro (*Paspalum plicatum*)

El nivel óptimo de sombra para producción de *Paspalum plicatum* es cuando recibe de 50 % a más nivel de sombra, permitiendo un balance adecuado entre biomasa y proteína con 3,060.02 kg.ha⁻¹ y 7.39 % respectivamente como se observa en la Figura 11; sin embargo, a 35 % de sombra muestra mayor contenido proteico (9.43 %), mientras que la biomasa es menor a los 3,000 kg.ha⁻¹.

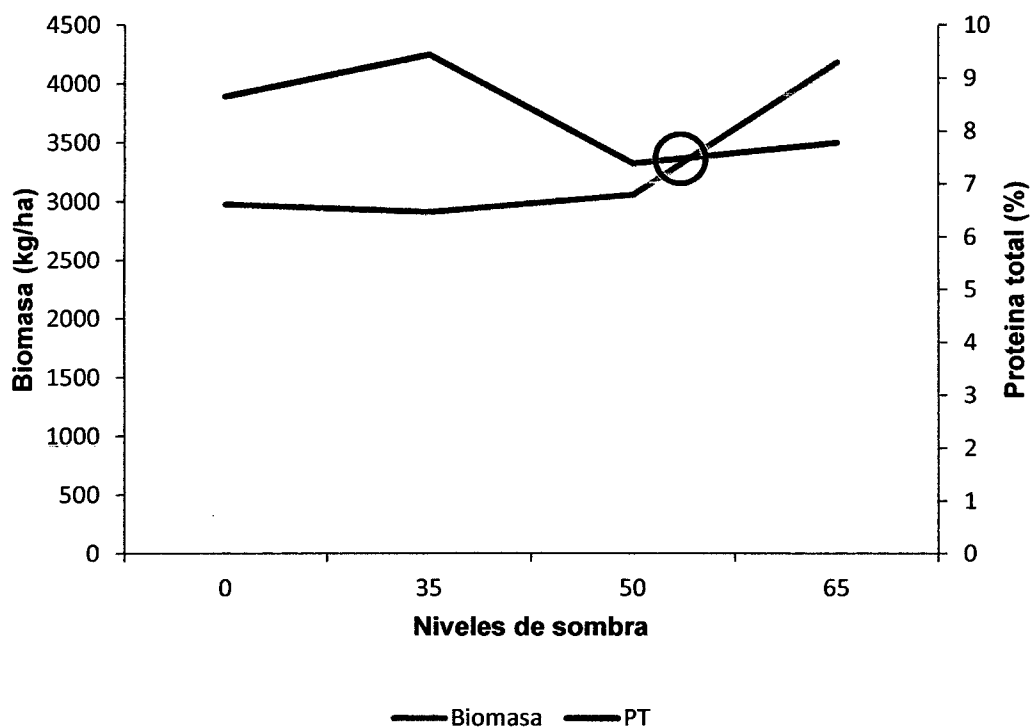


Figura 11. Nivel óptimo de sombra para la producción de *Paspalum plicatum*

4.4.2. *Brachiaria decumbens*

En la Figura 12 se observa que el nivel óptimo de sombra para la *Brachiaria decumbens* es un 50 %, la cual mantiene una eficiente producción de biomasa y proteína con 5,285.02 kg.ha⁻¹ y 8.65 % respectivamente; por otra parte, mayores niveles de sombra como a 65 % se reduce el contenido proteico hasta 7.77 % mientras que la producción de biomasa aumenta hasta 6,921.41 kg.ha⁻¹.

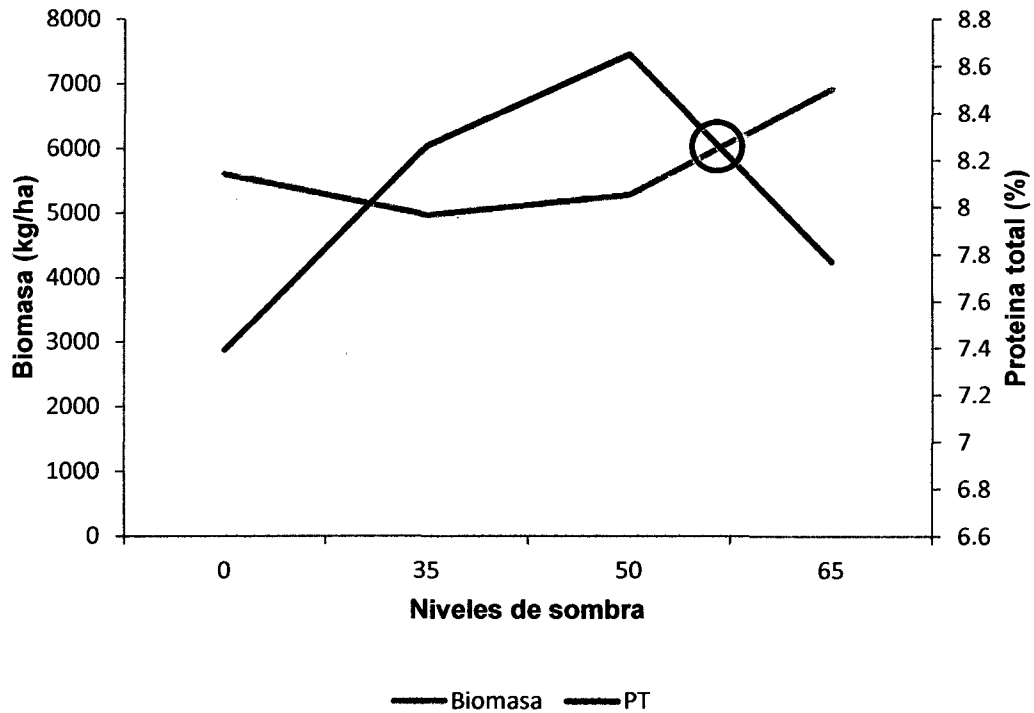


Figura 12. Nivel óptimo de sombra para la producción de *Brachiaria decumbens*

4.4.3. Pasto natural (*Axonopus compressus*)

El *Axonopus compressus* mantiene una eficiente producción de biomasa y proteína con $1,407.16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y 11.76% respectivamente, a 50% de sombra la cual nos indica el nivel óptimo de sombra como se observa en la Figura 13; valores menores a 50% de sombra contienen bajos tenores de proteína, sin embargo mayores niveles de sombra (65% de sombra) se logra un incremento del nivel proteico, mientras que la producción de biomasa disminuye.

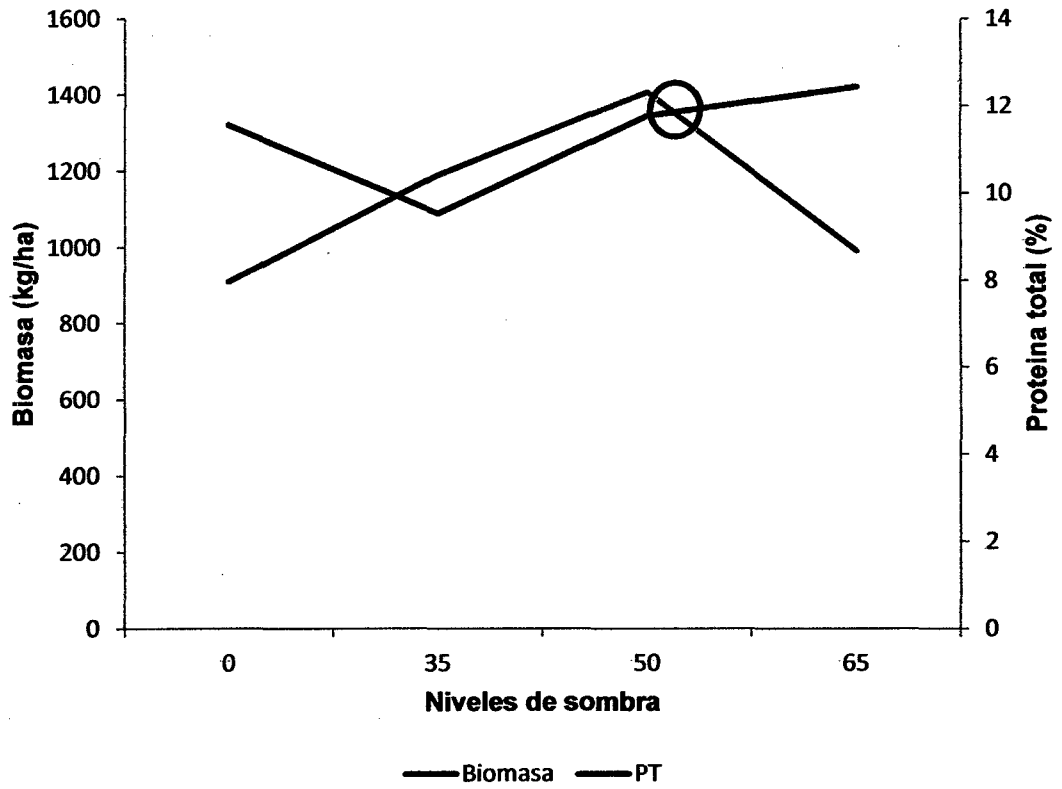


Figura 13. Nivel óptimo de sombra para la producción de *Axonopus compressus*

V. DISCUSIÓN

5.1. Efecto de la sombra sobre las respuestas agronómicas

5.1.1. Efecto de la sombra sobre la altura de los pastos evaluados

Los Cuadros 2, 3 y 4 muestran las alturas de los pastos evaluados, el *Paspalum plicatutlum* y *Axonopus compressus* muestran que bajo sombra estos pastos obtiene mayor altura y que a 65 % de sombra obtuvieron mayores alturas (76.40 y 18.80 cm respectivamente), y la *Brachiaria decumbens* muestra que solo a un 65 % de sombra obtiene mayor altura (79.60 cm) y que en los otros niveles de sombra no influyeron estadísticamente en la altura; estos comportamientos se atribuye a que el sombrío provoca cambios morfológicos y fenológicos en las especies forrajeras, los cuales funcionan como mecanismo de adaptación a la baja incidencia de radiación y la consiguiente reducción en el potencial fotosintético de la planta (WILSON y LUDLOW,1991).

El cultivo de varias especies de gramíneas en diferentes niveles de reducción de la intensidad de la luz mostró que las plantas alcanzan mayor altura y poseen tallos más largos, esta respuesta se debe a una forma de compensación por la deficiencia de la luz (MORITA *et al.*, 1994 y SKUTERUD, 1984). Generalmente, las plantas responden a condiciones medioambientales

adversas mediante modificaciones en su tasa de crecimiento y cambios en la movilización de los nutrientes. Estas transformaciones constituyen mecanismos de defensa para reducir al mínimo las limitaciones en el crecimiento, causadas por determinado factor individual. La longitud de los tallos y pecíolos en plantas sombreadas es mayor, al igual que la superficie foliar total (LAMBERS *et al.*, 1998).

5.1.2. Efecto de la sombra sobre la cobertura

El porcentaje de cobertura de los pastos evaluados bajo diferentes niveles de sombra se presenta en los Cuadros 2, 3 y 4, los cuales nos indican que los niveles de sombra no influyeron ($P > 0.05$) en la cobertura; Un grupo de investigaciones desarrolladas en Cuba sobre la producción de biomasa en sistemas con árboles indicaron que el nivel de competencia es un elemento importante a tener en cuenta en el manejo de los pastizales para lograr la estabilidad de los componentes vegetales del mismo, que se refleja en el porcentaje de cobertura y otras expresiones biológicas como el rendimiento y el crecimiento (MILERA *et al.*, 1994; HERNÁNDEZ, 1996 y RUÍZ *et al.*, 1998).

El porcentaje de cobertura, al igual que en otros sistemas, es un indicador que influye en la productividad de los sistemas silvopastoriles y su evolución en el tiempo puede estar relacionada con algunos principio de la explotación del sistema entre los que podemos mencionar la adecuada selección de las especies, el control de la sombra a través de la poda y un manejo de la carga animal acorde con la disponibilidad del sistema. La puesta

en práctica de estos elementos, en la mayoría de los casos, trae consigo una mayor persistencia, estabilidad y productividad de la gramínea asociada en el sistema (ALONSO, 2003).

5.1.3. Efecto de la sombra sobre el área foliar

Los Cuadros 2, 3 y 4 muestran el área foliar de los pastos evaluados, la *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus* muestran que bajo sombra estos pastos obtiene mayor área foliar y que a 65 % de sombra obtuvieron mayor área foliar (26.82 y 11.59 cm² respectivamente), y el *Paspalum plicatulum* muestra que estadísticamente no influye los diferentes niveles de sombra en el área foliar por la alta variabilidad, pero numéricamente se puede observar que en este pasto, a medida que se incrementa los niveles de sombra obtiene mayor área foliar; estos comportamientos se atribuye a que el sombrero provoca cambios morfológicos y fenológicos en las especies forrajeras, los cuales funcionan como mecanismo de adaptación a la baja incidencia de radiación y la consiguiente reducción en el potencial fotosintético de la planta. Así, las especies forrajeras que crecen bajo sombra tienden a desarrollar hojas más largas, pero menos gruesas. Lo primero les ayuda a incrementar su habilidad competitiva para interceptar la luz, mientras que lo segundo les permite reducir su tasa de respiración (WILSON y LUDLOW, 1991).

Generalmente, las plantas responden a condiciones medioambientales adversas mediante modificaciones en su tasa de crecimiento

y cambios en la movilización de los nutrientes, estas transformaciones constituyen mecanismos de defensa para reducir al mínimo las limitaciones en el crecimiento, causadas por determinado factor individual. La longitud de los tallos y pecíolos en plantas sombreadas es mayor, al igual que la superficie foliar total (LAMBERS *et al.*, 1998).

Es evidente un efecto positivo relacionada con la producción de biomasa reflejada en los promedios de área foliar. Esto posiblemente esté relacionado con el hecho de que las gramíneas bajo sombra moderada mejoran su relación entre fotosíntesis y respiración presentando hojas más succulentas y menos tejidos muertos (CRUZ, 1997). Si bien, en ambientes calurosos las gramíneas bajo sombra moderada disminuyen su tasa fotosintética (JOHNSON y THORNLEY, 1984; HERRERO, 1995), es decir, la capacidad de construcción de moléculas de azúcar necesarias para el crecimiento de la planta (FRESENBURG, 2005) mediante la captura de radiación solar, éstos reducen también su senescencia, por lo cual la concentración de clorofila en la hoja y demás compuestos nitrogenados, se mantiene por mayor tiempo (LUDLOW *et al.*, 1988).

5.2. Efecto de la sombra sobre el forraje verde (kg.ha⁻¹) y biomasa (kg.ha⁻¹)

5.2.1. Efecto de la sombra sobre el forraje verde (kg.ha⁻¹)

Los Cuadros 5, 6 y 7 muestran la producción de forraje verde de los pastos evaluados, el *Paspalum plicatutum* y *Brachiaria decumbens*

muestran que los distintos niveles de sombra influyen en la producción y que a 65 % de sombra obtuvieron mayor producción (28,590.56 y 28,536.03 kg.ha⁻¹ respectivamente), y el *Axonopus compressus* muestra que a medida que aumenta el nivel de sombra hasta 50 % (5,585.62 kg.ha⁻¹), se incrementa la producción, y a 65 % de sombra la producción es similar al obtenido en 35 % de sombra, es importante señalar que los resultado de esta evaluación corresponden a la primera evaluación después del corte de uniformización en época húmeda, los cuales obtuvieron mayor humedad bajo sombra (Cuadro 11) que influyeron en el peso de las muestras; Los cambios en la temperatura ambiente y del suelo resultan en una menor capacidad de evaporación del aire (OVALLE y AVENDAÑO, 1984) y en una mayor disponibilidad de agua en el suelo, condiciones que favorecen el crecimiento de las forrajeras en pasturas arborizadas (WILSON y WILD, 1991)

El mayor crecimiento de gramíneas forrajeras en respuesta al sombreado generalmente ha sido asociado a un aumento en la disponibilidad de N para las plantas, y esto ha sido observado tanto en condiciones de sombra artificial como de sombra natural. Por lo tanto, el estímulo de los árboles a la producción de materia seca de forrajeras, debido a la mayor disponibilidad de N en el suelo, no se debe apenas a su contribución en biomasa, sino también a un efecto de la sombra sobre las condiciones ambientales (WONG y WILSON, 1980; ERIKSEN y WHITNEY, 1981; WILSON *et al.*, 1990). Mejores condiciones ambientales bajo sombra, permite una más efectiva actividad microbiana del suelo actuando sobre la materia orgánica y

consecuentemente una mayor liberación de N mineralizado, el que a su vez es utilizado por las gramíneas (SHELTON *et al.*, 1987).

5.2.2. Efecto de la sombra sobre la biomasa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Los Cuadros 5, 6 y 7 muestran la producción de biomasa de los pastos a la primera evaluación después del corte de uniformización en época húmeda, los cuales obtuvieron mayor humedad bajo sombra (Cuadro 11) que influyeron en el peso de las muestras, el *Paspalum plicatutum* y *Brachiaria decumbens* muestran que los distintos niveles de sombra influyen en la producción y que a 65 % de sombra obtuvieron mayor producción (4,183.41 y 6,921.41 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente) que los otros niveles de sombra, los niveles de 0, 35 y 50 % de sombra no influyeron estadísticamente en la producción; este comportamiento coinciden con la evaluación de (CARRILHO *et al.*, 2012) al evaluar *Brachiaria decumbens* bajo diferentes niveles de sombra (0, 30 y 50%) simulados con telas de polietileno, no obtuvo diferencias en la producción de biomasa ($\text{t MS}\cdot\text{Ha}^{-1}$) en los diferentes niveles de sombra. Por otro lado (BLANCO, 1997) menciona que no todas las especies de pastos mejorados responden de la misma manera a la presencia de los árboles. En varios trabajos se demostró que al lograr una adecuada sombra se alcanza una mayor productividad del pasto. En igual sentido se reportó un incremento en la productividad de *Brachiaria decumbens* cuando esta especie fue explotada bajo sistemas con árboles (CARVALHO, 1998).

Los datos obtenidos en esta investigación con respecto al *Brachiaria decumbens* no coinciden con (DANILO y MUHAMMAD, 1999) al evaluar *Brachiaria decumbens* bajo diferentes niveles de sombra (0, 30, 50, 60y 80%) en plantaciones de cocoteros, observaron que la producción de MS/ha disminuía a medida que aumentaba el nivel de sombra en 28.2; 12.7; 10.9; 6.1 y 3.3 toneladas respectivamente. (RIBASKI y MONTOYA, 2000) indicaron, la tolerancia del *Brachiaria decumbens* a diferentes grados de sombreo (0, 25, 50 y 80 %), el tratamiento de 25 % no influyó significativamente en la producción de pastos y se alcanzó el 95 % de la obtenida a pleno sol, mientras que con 50 % se obtuvo el 57% de la producción del control, y con el 80 % de sombra se produjo una marcada disminución de la producción de pasto con solo el 22 % de la hallada a pleno sol. (PENTÓN y ALONSO, 2001) señalaron que el *Brachiaria decumbens* a 41.8% de sombra alcanzo una producción de 12 t MS.ha⁻¹.año, y a 71% de sombra redujo la producción hasta 3 t MS.ha⁻¹. En la Embrapa Ganado de Leche se realizaron experimentos de campo para estudiar la tolerancia al sombreamiento del *Brachiaria decumbens* en condiciones de sombra natural y de sombra artificial, bajo la cual el porcentaje de transmisión de luz en el verano variaba de 30 a 40 %, la producción de materia seca fue de 6.34 t ha⁻¹ bajo sombra y 9.97 tha⁻¹ a pleno sol, el cual indica que esta gramínea es tolerante al sombreamiento (CARVALHO *et al.*, 2001).

El Cuadro 7 muestra que el *Axonopus compressus* a medida que aumenta el nivel de sombra hasta 50 %, se incrementa la producción, y a 65 % de sombra la producción comienza a disminuir; este comportamiento coinciden

con la evaluación de (LACORTE *et al.*, 2004) al evaluar *Axonopus compressus* bajo diferentes niveles de sombra (0, 30, 50 y 65%) simulados con mallas plásticas, obtuvo una mayor acumulación de MS con el 50 % de sombra, aunque hasta un 65% fue superior a la de cielo abierto. (FASSOLA *et al.*, 2006) observo la acumulación de $MS \cdot ha^{-1} \cdot año$ de forraje promedio anual resultante en un período de seis años en un pastizal con predominio de *Axonopus compressus*, bajo distintas niveles de sombra del dosel de *Pinustaeda* L., dicha acumulación promedio anual fue incrementándose con el aumento del porcentaje de sombra, alcanzando un máximo con un 40 % de sombra, valor a partir del cual comenzó a decrecer para alcanzar a partir del 70 % de sombra un punto crítico en el cual los riesgos de pérdida del pastizal se incrementaron aceleradamente. (BENVENUTTI *et al.*, 2000) al evaluar *Axonopus compressus* establece como máximo un valor próximo al 50 % de sombra para la producción aceptable de forraje, el incremento de la producción fue de un 70 % con respecto a las condiciones sin sombra, puede considerarse en base a este trabajo y otros, que con porcentajes de sombra del 55 a 65 % la acumulación de MS de *Axonopus compressus* es similar a la que se obtendría con porcentajes de sombra del 10 al 30 %. La evaluación de *Axonopus catarinensis* bajo diferentes niveles de sombra (0, 30, 50 y 75%) simulados con mallas plásticas de polietileno, obtuvo mayor producción de MS en los tratamientos de 0 y 50 % de sombra y la producción total disminuyó levemente con un nivel de sombra del 30 % y para niveles de 70 % de sombra la disminución en la producción fue marcada en el cual pérdida del pastizal se incrementaron aceleradamente (PACHAS *et al.*, 2004).

Los datos obtenidos en esta investigación con respecto al *Axonopus compressus* no coinciden con (DANILO y MUHAMMAD, 1999) al evaluar *Axonopus compressus* bajo diferentes niveles de sombra (0, 30, 50, 60 y 80%) en plantaciones de cocoteros, observaron que la producción de MS/ha disminuía a medida que aumentaba el nivel de sombra en 9.3; 6.4; 6.1; 3.7 y 3.1 toneladas respectivamente

5.3. Efecto de la sombra sobre la calidad nutricional

Los Cuadros 8, 9 y 10 muestran el efecto de la sombra en diferentes niveles sobre la calidad nutricional de los pastos evaluados, que influyeron en la CZ (%), PT (%), EE (%), FC (%) y EB (Kcal/kg) de los tres pastos, para el *Paspalum plicatulum* y *Axonopus compressus* los distintos niveles de sombra no influyeron en la CZ (%); (ERIKSEN y WHITNEY, 1981) indican que la intensidad de luz que reciben las pasturas modifica la composición química del forraje. Existe incremento en el contenido de proteína cruda y disminución de carbohidratos no estructurales, a medida que disminuye la transmisión de luz (WILSON, 1982; BUSTAMANTE, 1991; BELSKY, 1992; CARVALHO *et al.*, 1994; ZELADA, 1996).

Se conoce que la composición química de un pastizal a pleno sol, formado por gramíneas cultivadas con un estado de madurez entre 6 y 8 semanas, suele estar alrededor del 7,17% de proteína bruta (PB); 34,17% de fibra bruta (FB); 1,9% de extracto etéreo (EE); 7,9% de cenizas (Ce)(APPELMAN y DIRVEN, 1962). Sin embargo, el grado de iluminación que

recibe el pastizal provoca cambios en el contenido químico de su biomasa e influye en los niveles de extracción y utilización de los nutrientes, lo que está muy relacionado con el estatus mineral del suelo y su dinámica, en interacción con otros factores naturales tales como el clima, la composición botánica, la presencia de la macro y microfauna edáfica y la competencia o la interferencia de árboles, arbustos y otras plantas vecinas (DACCARETT y BLYDENSTEIN, 1968; PEZO, 1981; BRONSTEIN, 1984; ERICKSEN y WHITNEY, 1981).

El análisis de la calidad nutricional de los tres pastos evaluados muestra que los porcentajes de proteína son mayores bajo sombra; Se considera que el aumento del contenido mineral y en especial el contenido de N puede estar relacionado con una mayor y activa mineralización de la materia orgánica bajo las condiciones de sombra (WILSON *et al.*, 1990). El nitrógeno (N) es otro componente químico de las plantas, el cual promueve un análisis más detallado por la importancia que tiene como constituyente esencial de las proteínas. A partir de esta idea, muchos autores parecen coincidir en el hecho de que en pastizales compuestos por gramíneas fundamentalmente y establecidos bajo árboles, donde el dosel proyecte entre 40 y 80% de sombra, se alcanzan mayores niveles de sustancias nitrogenadas (BRONSTEIN, 1984 y RODRÍGUEZ, 1985). Los análisis químicos del forraje de *Brachiaria decumbens* colectados en dos épocas del año, indicaron que los niveles de proteína bruta en el forraje fueron más altos en las áreas bajo sombra que en las áreas sin árboles, tanto en la época seca como en la lluviosa (CARVALHO *et al.*, 2001). En un estudio con *Axonopus compressus* bajo diferentes niveles

de sombra (0, 30, 50 y 65 %) en parcelas sin fertilización, encontraron valores de proteína de 9,4%; 10,2%; 9,2% y 12,1%, respectivamente, concluyendo que se obtienen mejores resultados en proteína a medida que el pasto tiene más sombra (LACORTE *et al.*, 2004).

5.4. Nivel óptimo de sombra

Las Figuras 12, 13 y 14 muestran la interacción entre biomasa y proteína, el cual nos indican que 50 % de sombra es el nivel óptimo, la cual mantienen una eficiente producción entre las dos variables de los pastos evaluados; (CRUZ, 1997) afirma que el contenido de proteína de algunos pastos tropicales incrementa debajo de la copa de los árboles. Ello sugiere que dada las variaciones que se producen bajo el dosel arbóreo en cuanto a una disminución de la temperatura y aumento de la humedad en los primeros centímetros del suelo, así como el incremento asociado en el contenido de materia orgánica y de la actividad de la biota edáfica (SÁNCHEZ *et al.*, 1997 y XAVIER *et al.*, 2003), puede ocurrir un incremento en la disponibilidad de los elementos del suelo para las gramíneas sombreadas (CARVALHO *et al.*, 1994).

Los cambios en la temperatura ambiente y del suelo resultan en una menor capacidad de evaporación del aire (OVALLE y AVENDAÑO, 1984) y en una mayor disponibilidad de agua en el suelo (WILSON y WILD, 1991), condiciones que favorecen el crecimiento de los forrajes en pasturas arborizadas. Una consecuencia de esas modificaciones en las condiciones

ambientales del suelo y de la interface suelo-hojas de áreas sombreadas es el incremento en la actividad biológica del suelo, con aumento en la mineralización de N en comparación con las áreas no sombreadas de la pastura (JOFFRE *et al.*, 1988 YHANG *et al.*, 1995). En sistemas silvopastoriles naturales del Chaco árido argentino, HANG *et al.*, (1995) verificaron que el N mineralizado, disponible e inmovilizado en la biomasa microbiana, fue más alto debajo de las copas de los árboles que en los espacios abiertos. Otro efecto ya observado en áreas sombreadas es un aumento en la población de lombrices de tierra. En tres localidades de Queensland, Australia, fue encontrado un mayor número de lombrices en suelos colectados en parcelas de gramíneas sometidas a un 50 % de sombreamiento artificial, que en áreas sin sombra (WILD *et al.*, 1993).

VI. CONCLUSIONES

No se observa reducción de biomasa a más de 50 % de sombra para *Paspalum plicatulum* y *Brachiaria decumbens*, sin embargo, para el *Axonopus compressus* mayor porcentaje de sombra al 50 % disminuye su producción de biomasa.

Los diferentes niveles de sombra no afectó el porcentaje de cobertura en los tres pastos evaluados; sin embargo, para la altura y el área foliar se vio afectada, siendo mayor a medida que se incrementa el nivel de sombra.

Con respecto al *Paspalum plicatulum*, un aumento de 35 % de sombra incrementa la PT de 8.64 a 9.43 %; sin embargo, niveles mayores de 50 % de sombra reduce el contenido proteico hasta un 7.39 %; el contenido energético se mantuvo a medida que se incrementó el nivel de sombra hasta un 50 %; sin embargo, a 65 % de sombra redujo el contenido energético a 3730.30 Kcal/kg.

Concerniente al *Brachiaria decumbens*, un aumento de 50 % de sombra se incrementa la proteína de 7.39 a 8.65 %, sin embargo, a 65 % de sombra reduce el contenido proteico hasta 7.77 %; con respecto al contenido

energético, un aumento de 35 % de sombra incrementa la energía de 4093.38 a 4144.01 Kcal/kg; sin embargo, de 50 a 65 % de sombra reduce la energía de 4045.53 a 4069.06 Kcal/kg respectivamente.

Para el *Axonopus compressus*, un nivel de 35 % de sombra disminuye la proteína de 11.56 a 9.53 %; sin embargo, sombras de 50 y 65 % incrementa el contenido proteico a 11.76 y 12.44 % respectivamente. Con respecto al contenido energético, una sombra de 35 % reduce la energía de 3738.7 a 3603.19 Kcal/kg; pero, sombra mayor a 50 % incrementa la energía hasta 3726.95 Kcal/kg. Cabe resaltar que un nivel de 65 % de sombra logra similar contenido energético que a pleno sol.

Niveles del 50% de sombra para *Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus* encuentran el balance adecuado entre biomasa y proteína, manteniendo una adecuada producción de biomasa y una aceptable calidad nutricional.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar este trabajo con más repeticiones en las dos épocas (seca y húmeda) del año y evaluar el comportamiento, la cantidad y calidad de biomasa producida por cada cosecha de estos pastos.

Utilizar equipos sofisticados para medir la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y el área foliar, de esta manera entender mejor el efecto de la sombra en los pastos y obtener datos más exactos.

Evaluar la producción de biomasa y calidad nutricional de los tres pastos estudiados en un sistema silvopastoriles para obtener datos más exactos.

Establecer un 50 % como nivel máximo de sombra para las especies *Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus compressus* en un sistema silvopastoril, para obtener una adecuada producción y calidad de los pastos

VIII. ABSTRACT

The experiment was executed in the module of the faculty of animal husbandry – UNAS, Located in the district of Aucuyacu, Province of Leoncio Prado, Huánuco Region, the objective was to evaluate the biomass of three grasses under three levels of shade and determine the appropriate level of shadow to maintain an efficient biomass production and nutritional quality. The levels of shade were of 35, 50 and 65% of artificial shade mesh for nurseries the grasses were evaluated *Paspalum plicatulum*, *brachiaria decumbes* y *Axonopus compressus* established in pastures. Are realized the measurements of production of biomass in humid epoch after the uniformizacion cut. The results were analyzed completely at random with arrangement factorial, being the factors shade and graminea. The level of shadow it had an influence in the production of biomass ($P<0.05$) in the three grasses, being greater biomass production to a higher level of shade (65 %) for the grasses *Paspalum plicatulum* and *brachiaria decumbus*, while for the *Axonopus compressus* increased production of biomass is achieved at a level of 50% shade and more shade to decreases the biomass. In nutritional terms the shadow influenced the content of the three grasses ($P<0.05$) protein level optimal for the production of the three grasses was 50% of shadow allowing an adequate balance between biomass and protein.

Key words: biomass, level of shade, nutritional quality, grasses, leaf area, humid

IX. BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, L. 2003. Factores que intervienen en la producción de biomasa de un sistema silvopastoril leucaena (*Leucaena leucocephala* cv Peru) y guinea (*Panicum maximum* cv Likoni). INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR. La Habana- Cuba. 111p.
- ANDRADE, H. e IBRAHIM, M. 2001. Interacción del árbol y pasto en los sistemas silvopastoriles: efecto de la transmisión onlight árboles y la productividad forrajera. Simposio Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles. 2nd Congreso sobre Agroforestería y Producción Ganadera en América. Costa Rica. 170p.
- APPELMAN, H. y DIRVEN, J. 1962. La influencia del intervalo de corte en la composición química de varias hierbas. Surin. Landb. 10 (3): pp. 95-102
- BELSKY, A. J. 1992. Efectos de los árboles en la calidad nutricional de sotobosque forrajero gramíneas en las sabanas tropicales. Trop Grassl 26: p. 12-20.
- BENVENUTTI, M., PAVETTI, D., CORREA, M. y PÉREGO, J. 2000. Evaluación de especies forrajeras gramíneas en distintos niveles de iluminación bajo

monte forestal de pino para uso en sistemas foresto ganaderos. Inf. Tecn. N° 70. INTAEEA Cerro Azul. 18p.

BLANCO, G. 2002. Efecto de la sombra del estrato arbóreo sobre la fisiología y la dinámica del pastizal. 16p. [En línea] :(<http://mvz.unipaz.edu.co/textos/lecturas/pastosyforrajes/fundamentosdePastos-y-forrajes/lecturas/pastos/efecto-de-la-sombra-del-estratoarboreo.pdf>, 06 de junio del 2012)

BLANCO, F. 1997. Efecto de la sombra sobre la dinámica del pastizal en un sistema silvopastoril. Conferencia en: Diplomado en Silvopastoreo. Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. 16p.

BRONSTEIN, G. 1984. Producción comparada de una pastura de *Cynodonplectostachyus* asociada con árboles de *Cordiaalliodora*, con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Mag. Sc. UCRI CATIE. Turrialba, Costa Rica. 109p.

BUSTAMANTE, J. 1991. Evaluación de comportamiento de ocho gramíneas forrajeras asociadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) y solas [Tesis de maestría]. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. 131p.

CAPOTE, S. y SHISHCHENKO, S. 1974. La investigación de los procesos fisiológicos de la alfalfa, el trébol y el pasto Rhodes en Cuba, con respecto a las condiciones de iluminación y la alimentación de la raíz.

En: Aspectos biológicos y fisiológicos de la intensificación de la utilización de los pastizales. Proc. Int. XII. Grassld. Congr., Moscú. 62p.

CARRILHO, P., ALONSO J., SANTOS L. y SAMPAIO R. 2012. Comportamiento vegetativo y reproductivo de *Brachiaria decumbens* vc. Basilisk bajo diferentes niveles de sombra. Instituto de Ciências Agrárias. Universidad Federal de Minas Gerais. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 46. Belo Horizonte, Brasil. 90p.

CARVALHO, M., FREITAS, V., ALMEIDA, D., y VILLAÇA H. 1994. Efecto del árbol de sisal de la disponibilidad y la composición mineral del forraje en las pasturas de *Brachiaria*. SocRevBrasZoot23 (5): p. 709-719.

CARVALHO, M. 1998. Efecto de la sombra en la productividad y calidad de forrajes en el pasto. Congreso Brasileño de Biometeorología. Brasil. 99p.

CARVALHO, M., XAVIER, D. y ALVIM, M. 2001. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação sustentabilidade de pastagens cultivadas. En: Sistemas Agroflorestais pecuarios: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria EMBRAPA. Foral, Brasil. 189p.

CASTILLO, E., RUIZ, T.E., FEBLES, G., CRESPO, G., GALINDO, J., CHONGO, B. y HERNÁNDEZ, J.L. 2002. Efecto de la inclusión de la *Leucaena* en el 100 % del área de pastos naturales en el comportamiento de machos bovinos. Rev. Cubana de Ciencia Agrícola 34: 309p.

- CASTRO, C. 1996. La tolerancia de las gramíneas forrajeras tropicales a la sombra. Tesis Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 245p.
- CASTRO, C, GARCIA, R., CARVALHO, M. y COUTO, L. 1999. La producción de gramíneas forrajeras cultivadas bajo condiciones de poca luz. Rev. Ciencia Animal de Brasil 28:919p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1982. Manual Para La Evaluación Agronómica. Red Internacional De Evaluación De Pastos Tropicales. Editor técnico: JOSE M. TOLEDO. Cali, colombia. 170p.
- CÓRDOBA, S. y HERNÁNDEZ, D. 2009. Competencia por luz en sistemas silvopastoriles. Pp. 21-23. [Enlínea] :(<http://www.ecosur.mx/ecofronteras/Ecofrontera/ecofront18/pdf/silvopastoril.pdf>, 07 de junio del 2011)
- CRUZ, P. 1997. Efecto de la sombra sobre el crecimiento y la nutrición mineral de una gramínea perenne en condiciones de campo y del suelo. 69p.
- DACCARETT, M. y BLYDENSTEIN, J. 1968. La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. Turrialba. 18:405p.
- DANILO, P. y MUHAMMAD, I. 1999. Sistemas silvopastoriles; módulo de enseñanza agroforestal; segunda edición; centro agronómico tropical de investigación y enseñanza CATIE; Turrialba, Costa Rica. 275p.

- DEINUM, B. 1996. El clima, el nitrógeno y grass. Research sobre la influencia del ightintensity, la temperatura de suministro de aguay nitrógeno en la producción y chemical composition de grass. Meded. Landb Hogesch. Wageningen. 68p.
- ERIKSEN, F. y WHITNEY, A. 1981. Efectos de la intensidad del ighthen el crecimiento de las especies forrajeras sometropical. 1. Interacción de la intensidad de la luz y nitrogen fertilization en seis gramíneas forrajeras. AgronJ73: p. 427-433.
- FASSOLA, H., LACORTE, S., PACHAS, N. y PEZZUTTI, R. 2006. Efecto de distintos niveles de sombra del dosel de *Pinustaeda* L. sobre la acumulación de biomasa forrajera de *Axonopus compressus* (Swartz) Beauv*. INTA EEA, Montecarlo, Bosques del Plata S.A. Revista Argentina de Producción Animal 26: p. 101-111
- FRESENBURG, D. 2005. Las gramíneas en la sombra: Establecer y mantener el césped en la luz baja. En Fort Collins, CO: Extensión dela Universidad de Missouri.
- GIRALDO, L. y VÉLEZ, G. 1993. El componente animal en los sistemas silvopastoriles. Industrias y Producción Agropecuaria. Azoodea, Medellín. 1: 27p.
- GIRALDO, L., BOTERO, J., SALDARRIEAGA, J. y DAVID, P. 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema

silvopastoril natural, en la región Atlántica de Colombia. *Agroforestería en las Américas*. 8: 14p.

HANG, S., MAZZARINO, M.J., NUÑEZ, G. y OLIVA, L. 1995. Influencia del desmonte selectivo sobre la disponibilidad de nitrógeno en años húmedos y secos en sistemas silvopastoriles en el Chaco árido argentino. *Agroforestería en las Américas*, Turrialba, 2 (6): p. 9-14.

HARRINGTON, G. Y JOHNS, G. 1990. biomasa herbácea en un eucalipto sabana después de la remoción de árboles y / o arbustos. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, 27: p. 775-787.

HERNÁNDEZ, I. y SIMÓN, L. 1994. Razones para emplear plantas perennes leñosas en la ganadería vacuna. Taller internacional Sistemas Silvopastoriles en la producción Ganadera. Matanzas, Cuba. 44p.

HERNÁNDEZ, I. 1996. Manejo de las podas de *L. leucocephala* para la producción de forraje en el período seco en Cuba. Tesis M.Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 83p.

HERNÁNDEZ, I., SIMÓN, L. y BENAVIDES, J. 2000. Utilización de *L. leucocephala*, *A. lebecky* y *B. puepurea* en sistemas silvopastoriles. IV Taller Internacional Silvopastoril. Matanzas, Cuba. 284p.

HERRERO, M. 1995. Pastizales de modelado: una herramienta de apoyo a la decisión. En: *América Central: Conservación y desarrollo sostenible*.

Actas de un taller sobre la sostenibilidad de los sistemas de producción ganadera. Cienc Vet. San José. Costa Rica.17: p. 72-79.

HUMPHREYS, L. 1981.La adaptación ambiental de las plantas forrajeras tropicales. Mac Millan, Londres y Basingstoke, UK. 261p.

JOFFRE, R., VACHER, J., LLANOS, C. y LONG, G. 1988. La dehesa: un sistema agrosilvopastoril de la región mediterránea, con especial referencia a la zona de Sierra Morena de España. Sistemas Agroforestales, Dordrecht, 6: p. 71-96.

JOHNSON I, THORNLEY J. 1984. Un modelo de instantánea y diaria dosel dela fotosíntesis. JBiolTheor 107: p. 531-545.

JORDÁN, H. 2003. Los sistemas silvopastoriles para la producción de leche en bovinos y caprinos. Conferencia. Evento del FIRA México Tamaulipas. Folleto.

LACORTE, S. M., FASSOLA, H. E., PACHAS, N., y COLCOMBET, L. 2004. Efecto de diferentes grados de sombreado, con y sin fertilización fosfórica, sobre la producción de un pastizal modificado con predominio de *Axonopus compressus* (Swartz) Beauv. En el sur de Misiones, Argentina. En: 11a Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales FCF; UNAM;EEA Montecarlo; INTA,

LAMBERS, H., CHAPIM III, F.S. y PONS, T.L. 1998.Planta ecología fisiológica. Nueva York: Springer. 540p.

- LIBREROS, H. F. 1993. Efecto de depositar en el suelo material de poda de poró (*Erythrina poeppigiana*) sobre la producción y calidad de la biomasa de kinggrass (*Pennisetum purpureum P. Typhoides*) establecido en asocio [Tesis de maestría]. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. 116p.
- LUDLOW, M., SAMARAKOON, y WILSON, J. 1988. Influencia del régimen lighty la concentración de nitrógeno foliaren la fluorescencia77Kenhojas de cuatro pastos tropicales: no hay evidencia defotoin hibición.102p.
- MARTÍNEZ, G. 2011. El Crecimiento y su Dinámica en Organismos Multicelulares. Recopilación de Fórmulas e Índices Aplicados en Biología y Fisiología Vegetal. Manual y Guía Práctica. 23p. [Enlínea] :(<http://es.scribd.com/doc/62280900/Medidas-de-crecimiento>, 07 de agosto del 2011)
- MILERA, M., IGLESIAS, J., REMY, V. y CABRERA, N. 1994. Empleo del banco de proteína de *Leucaena leucocephala*vc. Perú para la producción de leche. Pastos y Forrajes 17:73p.
- MORITA, O., GOTO, M. y EHARA, H. 1994. Crecimiento y producción de materia seca de plantas forrajeras cultivadas en la reducción delas condiciones de luz de verano. Boletín de la Facultad de Recursos Biológicos. Universidad de Mie. 12:11p.

- OVALLE, C. Y AVENDAÑO, J. 1984. Utilización silvopastoral del espinal. II Influencia del espino (*Acaciaven(Mol.)* Hook et Arn.) Sobre algunos elementos del medio. *Agricultura Técnica*. Santiago Chile 44: 353p.
- PACHAS, N., KELLER, A., FASSOLA, H., LACORTE, S.M. y PINAZO, M. 2004. Producción, morfología y calidad nutritiva de *Axonopus catarinensis* Valls bajo diferentes condiciones lumínicas e hídricas. 11 Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. INTA FCF. Montecarlo – Argentina. 6p.
- PÁEZ, A., GONZÁLEZ, M.E. y PEREIRA, N. 1994. Comportamiento de *Panicum maximum* en condiciones de sombreado y de luz solar total. Efecto de la intensidad de corte. *Rev. Fac. Agron (LUZ)*. 11:25p.
- PENTON, G. 2000. Efecto de la sombra de los árboles sobre el pastizal en un sistema seminatural. Tesis de Maestría. EEPF "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas, 66p.
- PENTÓN, G. y ALONSO, F. 2001. La sombra de los árboles, un factor de cambio en los sistemas silvopastoriles. IV Encuentro de Agricultura Orgánica. La Habana, Cuba. 47p.
- PERI, P., LUCAS, R. y MOOT, D. 2007. Producción de materia seca, la morfología y el valor nutritivo de *Dactylis glomerata* crecimiento bajo régimen es de luz diferentes. *Sistemas Agroforestales*. 70:63p.
- PEZO, D. 1981. La calidad nutritiva de los forrajes. En: Producción y utilización de los forrajes en el trópico. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 70p.

- PIÑEROS R., MORA D., VILMA A. HOLGUÍN. 2011. Respuesta del pasto *Bothriochloa saccharoides* ([Sw.] Rydb.) a diferentes intensidades de sombra simulada en el valle cálido del Magdalena en el Tolima (Colombia). Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia. 50p
- RIBASKI, I. y MONTOYA, L. 2000. Sistemas silvopastoril Desenvolvidosna Regiaosul do Brasil. A Experiencia da Embrapa Florestas. En: Sistemas Agroflorestais pecuarios: opcoes de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Ed. M. Carvalho; M. Alvim y Costa, J. JuizdeFora, Brasil. 205p.
- RODRIGUEZ, R. 1985. Producción de biomasa de Poró gigante (*Erythrina poeppigiana* (Walpens) O.F. Cook) y King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) intercalados en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda del Poró. Tesis Mag. Sc. CATIE IUCR. Turrialba, Costa Rica. 96p.
- RUIZ, T. y FEBLES, G. 2003. Potencial para la producción de biomasa en sistemas con leguminosas perennes. *In* II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes, La Habana. CD-Rom.
- RUIZ, T., FEBLES, G., JORDÁN, H., CASTILLO, E. y FUNES, F. 1995. Alternativas de empleo de las leguminosas en la producción de leche y carne en el trópico. *In* Evento Científico XXX Aniv. ICA, La Habana. 75p.

- RUÍZ, T., FEBLES, G., JORDÁN, H., CASTILLO, E. y DÍAZ, H. 1998. Evaluación de diferentes poblaciones de leucaena en el desarrollo del pasto estrella. Efecto de la sombra. III Taller Internacional Silvopastoril, Matanzas, Cuba. 35p.
- RUÍZ, T., FEBLES, G., SISTACHS, M., BERNAL, G. y LEÓN, J.J. 1990. Prácticas de control de malezas durante el establecimiento de *Leucaena leucocephala* en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 24:241p.
- SÁNCHEZ, L., GARCÍA-My N. CHACÓN. 1997. Mineralización del nitrógeno en los suelos bajo las hierbas y bajo los árboles en la sabana venezolana protegida. *Acta Oecologica*, 18 (1): pp. 27-37.
- SHELTON, H., HUMPHREYS, L. y BATELLO, C. 1987. Pastos baño de las plantaciones de Asia y el Pacífico: Performance y Prospect. *Las praderas tropicales* 21: pp. 159-168.
- SKUTERUD, R. 1984. Crecimiento de *Elymus repens* (L.) Gouldy Roth *Agrostis gigantea* a diferentes intensidades de luz. Resolución de malas hierbas. 24:51p.
- WIERSMA, F. 1982. Pantallas para el ganado lechero. Ext.Serv. WREP51. Universidad de Arizona, Tucson, AZ.USA. 45p.
- WILD, D.; WILSON, J.; STÜR, W.; SHELTON, H. 1993. Sombreado, aumenta el rendimiento de nitrógeno limitadas pastos tropicales. En:

CONGRESO INTERNACIONAL DE PASTIZALES, 1993, de Rockhampton. Actas. Rockhampton. 3:p. 2060-2062.

WILSON, J. 1990. La hipótesis de la undécima: Sombra. *Agroforestería hoy* 2: p. 14-15.

WILSON, J. R. 1982. Los factores ambientales y nutricionales que afectan la calidad del forraje. En: JB Hacker, editor. Límites nutricionales a los pastos de producción para animales. Framham Real, el Reino Unido: CAB International. p.111-131.

WILSON, J., CATEHOOLE, V. y WEIER, K. 1990. Sombra y la estimulación de la tasa de crecimiento del nitrógeno de un verde pasto de ejecución del amanecer de pánico en el suelo Brigalow arcilla. In: Project F1: Nitrogen and Carbon Dynamics of Grassland Soils. CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. Annual Report. 55p.

WILSON, J. y LUDLOW, M. 1991. El medio ambiente y el potencial de crecimiento de forraje en las plantaciones. En: H.M. Shelton, W.W. Stur, editores. Piensos para los cultivos de plantación. ACIAR Procedimiento 32, 1990, Bali, Indonesia. Canberra, Australia: ACIAR. p.10-24.

WILSON, J.; WILD, D. 1991. Mejora de la nutrición nitrogenada y el crecimiento de pasto bajo sombra. En: Shelton, H.M.; Stur, W.W. eds. Piensos para los cultivos de plantación. Canberra: ACIAR. Bali. 168p.

- WONG, C. y WILSON, J. 1980. Efectos de sombreado sobre el crecimiento y contenido de nitrógeno de un pánico Verde Siratro en pasturas puras y mixtas defoliadas en dos frecuencias. *AustJAgrRes*.31: p. 269-285.
- XAVIER, D., CARVALHO M., ALVIM M. y BOTREL M. 2003. Mejoramiento de la fertilidad del suelo en *Brachiaria decumbens* asociado con árboles leguminosos. *Pastos Trop*, 25: p. 23-26.
- ZELADA, E. 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona atlántica de Costa Rica [Tesis de maestría]. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. 88p.

X. ANEXO

Cuadro 11: Porcentaje de materia seca de los tres pastos evaluados.

SOMBRA %	<i>Paspalum plicatulum</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Axonopus compressus</i>
0	18.67 ± 0.35 b	24.67 ± 0.58 a	28.09 ± 1.92 b
35	17.73 ± 1.14 ab	24.67 ± 1.09 a	24.62 ± 1.24 ab
50	18.40 ± 1.06 ab	25.33 ± 0.48 a	25.20 ± 0.61 ab
65	14.67 ± 0.71 a	24.27 ± 1.62 a	21.20 ± 0.83 a
P-valor	0.0402	0.9082	0.0293
CV	8.69	7.34	8.76
r ²	0.63	0.06	0.66

Cuadro 12: Análisis estadístico de la altura del *Paspalum plicatulum*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	1231.48	3	410.49	8.04	0.0085
SOMBRA	1231.48	3	410.49	8.04	0.0085
Error	408.51	8	51.06		
Total	1639.99	11			

Cuadro 13: Análisis estadístico de la altura del *Brachiaria decumbens*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	241.83	3	80.61	6.64	0.0145
SOMBRA	241.83	3	80.61	6.64	0.0145
Error	97.09	8	12.14		
Total	338.92	11			

Cuadro 14: Análisis estadístico de la altura del *Axonopus compressus*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	115.43	3	38.48	9.84	0.0046
SOMBRA	115.43	3	38.48	9.84	0.0046
Error	31.28	8	3.91		
Total	146.71	11			

Cuadro 15: Análisis estadístico de la cobertura del *Paspalum plicatulum*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	213.67	3	71.22	0.34	0.7981
SOMBRA	213.67	3	71.22	0.34	0.7981
Error	1682	8	210.25		
Total	1895.67	11			

Cuadro 16: Análisis estadístico de la cobertura del *Brachiaria decumbens*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	179	3	59.67	1.01	0.4367
SOMBRA	179	3	59.67	1.01	0.4367
Error	472	8	59		
Total	651	11			

Cuadro 17: Análisis estadístico de la cobertura del *Axonopus compressus*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	179.67	3	59.89	0.1	0.9562
SOMBRA	179.67	3	59.89	0.1	0.9562
Error	4666	8	583.25		
Total	4845.67	11			

Cuadro 18: Análisis estadístico del área foliar del *Paspalum plicatulum*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	341.73	3	113.91	2.17	0.1689
SOMBRA	341.73	3	113.91	2.17	0.1689
Error	419.02	8	52.38		
Total	760.75	11			

Cuadro 19: Análisis estadístico del área foliar del *Brachiaria decumbens*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	42.7	3	14.23	4.77	0.0343
SOMBRA	42.7	3	14.23	4.77	0.0343
Error	23.85	8	2.98		
Total	66.55	11			

Cuadro 20: Análisis estadístico del área foliar del *Axonopus compressus*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	68.21	3	22.74	15.93	0.001
SOMBRA	68.21	3	22.74	15.93	0.001
Error	11.42	8	1.43		
Total	79.63	11			

Cuadro 21: Análisis estadístico del forraje verde del *Paspalum plicatulum*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	3.38E+08	3	1.13E+08	86.92	<0.0001
SOMBRA	3.38E+08	3	1.13E+08	86.92	<0.0001
Error	10370878	8	1296360		
Total	3.48E+08	11			

Cuadro 22: Análisis estadístico del forraje verde del *Brachiaria decumbens*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	1.31E+08	3	43533415	222.94	<0.0001
SOMBRA	1.31E+08	3	43533415	222.94	<0.0001
Error	1562186	8	195273.2		
Total	1.32E+08	11			

Cuadro 23: Análisis estadístico del forraje verde del *Axonopus compressus*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	8663504	3	2887835	103.36	<0.0001
SOMBRA	8663504	3	2887835	103.36	<0.0001
Error	223526.9	8	27940.87		
Total	8887030	11			

Cuadro 24: Análisis estadístico de la biomasa del *Paspalum plicatulum*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	3286237	3	1095412	18.77	0.0006
SOMBRA	3286237	3	1095412	18.77	0.0006
Error	466985	8	58373.13		
Total	3753222	11			

Cuadro 25: Análisis estadístico de la biomasa del *Brachiaria decumbens*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	6650328	3	2216776	10.9	0.0034
SOMBRA	6650328	3	2216776	10.9	0.0034
Error	1627168	8	203396		
Total	8277497	11			

Cuadro 26: Análisis estadístico de la biomasa del *Axonopus compressus*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	444249.8	3	148083.3	23.11	0.0003
SOMBRA	444249.8	3	148083.3	23.11	0.0003
Error	51253.98	8	6406.75		
Total	495503.8	11			