

**EVALUACION DE LA PRODUCCION CUYÍCOLA BAJO ARREGLOS
SILVOPASTORILES CON BOTON DE ORO (*Tithonia diversifolia*), ACACIA DE
LA PRADERA (*Senegalia angustissima*), REVENTADOR (*Clibadium sp*),
GUATEMALA (*Tripsacum andersonni*) e IMPERIAL (*Axonopus scoparius*), EN
CLIMA MEDIO DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

MARIA EUGENIA PADILLA PORTILLA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS
AREA DE ENFASIS EN PRODUCCION ANIMAL
PASTO – COLOMBIA
2013**

**EVALUACION DE LA PRODUCCION CUYÍCOLA BAJO ARREGLOS
SILVOPASTORILES CON BOTON DE ORO (*Tithonia diversifolia*), ACACIA DE
LA PRADERA (*Senegalia angustissima*), REVENTADOR (*Clibadium sp*),
GUATEMALA (*Tripsacum andersonni*) e IMPERIAL (*Axonopus scoparius*), EN
CLIMA MEDIO DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

MARIA EUGENIA PADILLA PORTILLA

Trabajo de grado para optar el título de Magister

Director de trabajo:

EDMUNDO APRAEZ GUERRERO Zoot. M.Sc, Ph.D.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN ANIMAL
SAN JUAN DE PASTO**

2013

**“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son
responsabilidad exclusiva de los autores”**

**Artículo 1° del Acuerdo n° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del
Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.**

NOTA DE ACEPTACIÓN

AIDA PAULINA DAVILA SOLARTE Zoot. M. Sc
Jurado delegado

JORGE FERNANDO NAVIA I.A. Ph.D.
Jurado

WILLIAM NARVAEZ Zoot. M.Sc., Ph.D
Jurado

EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO. Zoot. M.Sc., Ph.D.
Presidente

San Juan de Pasto, Agosto de 2013

DEDICO A:

DIOS Y MI MADRE
CELESTIAL

Por todo lo bueno y no tan bueno que recibo cada día.

MIS HIJOS

Laura María y Juan José por ser los motores de mi vida

MI ESPOSO

Edmundo, con sincero amor por su ayuda, compañía y
paciencia.

AGRADECIMIENTOS

José Edmundo Apráez Guerrero. M.Sc., Ph.D.

Aida Paulina Davila Solarte Zoot. M. Sc

Jorge Fernando Navia I.A. Ph.D.

William Narvaez Zoot. M.Sc., Ph.D

Martha Sofía Gonzales. Biologa.Ph:D

Diana María Ortiz Zoot.

Sandra Espinoza Ing. Acuícola

Julián Apráez Muñoz I.A

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la productividad de los cuyes alimentados con forraje proveniente de arreglos silvopastoriles, en la zona cafetera del departamento de Nariño. El trabajo de campo se realizó en la vereda Matarredonda del municipio de Chachagüí, localizado en las coordenadas: longitud oeste 77° 14' 37" y latitud norte 01° 16' 22", con una temperatura promedio de 18 °C, 1900 m.s.n.m., 900 mm de precipitación y humedad relativa de 87 por ciento. IDEAM (2011).

Sobre praderas de las gramíneas imperial (*Axonopus scoparius*) y guatemala (*Tripsacum andersonni*), se implantaron las arbustivas botón de oro (*Tithonia diversifolia*), acacia de la pradera (*Senegalia angustissima*) y reventador (*Clibadium sp*), las cuales se evaluaron en algunos indicadores agronómicos, dasométricos, bromatológicos y una prueba de comportamiento productivo en cuyes. Los tratamientos testigo (1 y 2) recibieron concentrado, los demás grupos solo recibieron el forraje cosechado de las parcelas que incluyó la gramínea y arbustiva correspondientes; adicionalmente se analizó el suelo antes y después del estudio, para establecer los cambios físicos y químicos resultantes de los arreglos.

Los tratamientos evaluados fueron:

- T1 = *Axonopus scoparius*
- T2 = *Tripsacum andersonni*
- T3 = *Axonopus scoparius* + *Tithonia diversifolia*
- T4 = *Axonopus scoparius* + *Senegalia angustissima*
- T5 = *Axonopus scoparius* + *Clibadium sp*
- T6 = *Tripsacum andersonni* + *Tithonia diversifolia*
- T7 = *Tripsacum andersonni* + *Senegalia angustissima*
- T8 = *Tripsacum andersonni* + *Clibadium sp*

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y la prueba de comportamiento con un diseño de bloques completamente al azar. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS, versión 9.2. (SAS Institute, INC. 2008).

Las parcelas con *Tripsacum andersonni* produjeron mayor cantidad de biomasa (0,88 a 1,44 kgMS/m²) que las de *Axonopus scoparius* (0,66 a 0,98 kgMS/m²), asimismo *T. andersonni*, alcanzó las mayores alturas (1,09 a 1,14 m), mientras que *A. scoparius* creció en promedio entre 0,89 a 1,01 m. El Índice de Área Foliar (IAF) en los lotes de *A. scoparius* fue mayor (12,4 a 20,5). La longitud máxima de la raíces de las gramíneas no superó los 35 cm; el periodo de recuperación en *T. andersonni* fue 139 días y en *A. scoparius* de 10 días más. El mayor diámetro de copa (1,23m) en *Tithonia diversifolia* asociada con *T. andersonni* y menor (0,98m) con *A. scoparius*, la mayor cantidad de rebrotes se dio en *T. diversifolia*. El mayor crecimiento se presentó en *T. diversifolia* y *Senegalia angustissima* que superaron 1m de altura. Todas las arbustivas registraron contenidos de esteroides en niveles bajos a moderados, los fenoles fueron abundantes en *S. angustissima* y no se detectó la presencia de alcaloides.

En la prueba de comportamiento los mayores consumos se observaron en los grupos que recibieron concentrado y los menores en los suplementados con *S. angustissima* y *Clibadium sp*; de manera correspondiente las mayores ganancias de peso se obtuvieron en ellos mismos (T1=7,81, T2= 6,84 g/animal/día en fase de levante) y de 8,37g a 8,75g en la de ceba respectivamente. Los grupos testigo lograron las mejores conversiones, T1=7,63 y T3=9,62, en levante y T1=9,41 y T2=10,36 en ceba. La rentabilidad fue mayor en los grupos T1 (29,79%) y T2 (13,79%), aunque aquellos que recibieron las arbustivas *T. diversifolia* y *Clibadium sp*, generaron un margen de utilidad menor T3= 10,78% y T6= 12,35%.

El pH y la Densidad Aparente del suelo se incrementaron como consecuencia de la reducción de materia orgánica.

ABSTRACT

The object of the research was to assess the productivity of the guinea pigs fed with forage from Silvopastoral Systems, in the coffee region of the department of Nariño. The field work was carried out in the Matarredonda village of the municipality of Chachagüí, located at the coordinates: west longitude 77 ° 14' 37 "and north latitude 01 ° 16' 22", with an average temperature of 18° C, 1900 meters above sea level, 900 mm of precipitation and relative humidity of 87 percent. IDEAM (2011).

In the prairies of the imperial grass (*Axonopus scoparius*) and guatemala (*Tripsacum andersonni*), were planted the shrub boton de oro (*Tithonia diversifolia*), acacia de la pradera (*Senegalia angustissima*) and reventador (*Clibadium sp*), these were evaluated on some agronomic parameters, analyses, bromatological and a test of animal behavior in guinea pigs in which 128 weaned males were used. Control groups (1 and 2) consumed balanced, other groups only ate the harvested herbage of the parcels containing the grass and shrub; the soil was additionally analyzed before and after the survey, to determine the resulting physical and chemical changes.

The evaluated treatments were:

T1 = *Axonopus scoparius*

T2 = *Tripsacum andersonni*

T3 = *Axonopus scoparius* + *Tithonia diversifolia*

T4 = *Axonopus scoparius* + *Senegalia angustissima*

T5 = *Axonopus scoparius* + *Clibadium sp*

T6 = *Tripsacum andersonni* + *Tithonia diversifolia*

T7 = *Tripsacum andersonni* + *Senegalia angustissima*

T8 = *Tripsacum andersonni* + *Clibadium sp*

Statistical validation was performed with a random block design with arrangement of split plots and testing of animal behavior with a completely randomized design. The means were compared with the Tukey test. All statistical analyses were performed with the statistical program SAS, version 9.2. (SAS Institute, INC. 2008).

Plots *T. andersonni* produced higher amount of biomass (0.88 to 1.44 kg DM/m²) than the *A. scoparius* (0.66 to 0.98 kg DM/m²), also *T. andersonni*, reached greater heights (1.09 to 1.14 m), while *A. scoparius* grew between 0.89 to 1.01 m. The leaf area index (LAI) in the plots of *A. scoparius* was higher (12.4 to 20.5). The maximum length of the roots in the grass was not greater than 31 cm; the cut-off period in *T. andersonni* was 139 days and in *A. scoparius* 10 days more. The larger diameter of the cup (1.23 m) in *T. diversifolia* associated with *T. andersonni* and lower (0.98 m) with *A. scoparius*, the largest number of new sprouts were given in *T. diversifolia*. The largest growth in *T. diversifolia* and *Senegalia angustissima* that exceeded 1m of height. All the shrubs had sterols in low to moderate levels; phenols were abundant in *S. angustissima* and found no alkaloids.

Higher intake were observed in the groups that received concentrated and minors in the supplemented with *S. angustissima* and *Clibadium sp*; correspondingly greater weight gains were obtained in themselves (T1 = 7, 81, T2 = 6,84 g/animal/day in growth and phase 8, 37g 8.75 g of fattening respectively.) Control groups achieved the best conversions, 62, in growth and T1 = 7, 63 and T3 = 9,41 and T2 = 10, 36 fattening. Profitability was higher in the groups (29.79%) T1 and T2 (13.79%), although those receiving the shrub *T. diversifolia* and *Clibadium sp* had a minor T3 = 10.78% and T6 = 12.35% profit margin.

pH and the apparent density increased in the soil of plots but MO, N, P, nitrates and porosity were decreased.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	18
1. MARCO TEORICO	20
1.1 Sistema Agroforestal	20
1.2 Sistema Agrosilvopastoril	20
1.3 Sistema Silvopastoril SSP	20
1.4 Beneficios de los SSP	21
1.5 Interacciones en el SSP	24
1.5.1 Arbusto – pastura	24
1.5.2 Arbusto - suelo	25
1.5.3 Pastura – suelo	26
1.5.4 Arbusto – animal	26
1.5.5 Arbusto - suelo	26
1.6 Asociaciones forrajeras	27
1.7 Manejo del arreglo silvopastoril	27
1.8 Dasometría	28
1.8.1 Parámetros dasométricos básicos	28
1.9 Especies incluidas en el estudio	29
1.9.1 Gramíneas	29
1.9.1.1 Guatemala (<i>Tripsacum andersonni</i>)	29
1.9.1.2 Imperial (<i>Axonopus scoparius</i>)	31
1.9.2 Arbustos	33
1.9.2.1 Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>)	33
1.9.2.2 Reventador (<i>Clibadium sp</i>)	39
1.9.2.3 Acacia de la pradera (<i>Senegalia angustissima</i>)	40
1.10 Metabolitos secundarios en las plantas	42
1.10.1 Taninos	43
1.10.2 Saponinas	43
1.10.3 Alcaloides	44
1.10.4 Esteroles	44

1.11 Generalidades del cuy (<i>Cavia porcellus</i>)	45
1.11.1 Alimentación	45
1.11.2 Fisiología digestiva	47
1.11.3 Requerimientos nutricionales	47
2. DISEÑO METODOLOGICO	52
2.1 Localización	52
2.2 Prueba Agronómica	52
2.2.1 Área experimental	52
2.2.2 Tratamientos	52
2.2.3 Diseño experimental y análisis estadístico	53
2.2.4 Modelo estadístico	53
2.3 Variables a evaluar	54
2.3.1 Producción Agronómica	54
2.3.2 Dasometría	55
2.3.3 Variables edáficas	56
2.3.3.1 Química de suelos	56
2.3.3.2 Física de suelos	56
2.4 Toma de muestras	57
2.5 Valoración Bromatológica	57
2.6 Equipos	57
2.7 Prueba de comportamiento	57
2.7.1 Animales	57
2.7.2 Plan sanitario	57
2.7.3 Instalaciones y equipo	58
2.7.4 Alimentación	58
2.7.5 Tratamientos	59
2.7.6 Diseño experimental y análisis estadístico	60
2.7.8 Variables a evaluar	60
2.8 Análisis parcial de costos	61
3. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	62
3.1 Producción agronómica	62

3.1.1 Producción de biomasa seca (MS)	62
3.1.2 Índice de Área Foliar (IAF) en las gramíneas	64
3.1.3 Altura de plantas	65
3.1.4 Profundidad radicular	66
3.1.5 Periodo de recuperación	66
3.2 Indicadores Dasométricos	68
3.2.1 Altura	68
3.2.2 Diámetro de tallo	68
3.2.3 Diámetro de copa	69
3.2.4 Rebrotos	70
3.2.5 Supervivencia	70
3.2.6 Profundidad radicular	71
3.2.7 Fenología	71
3.3 Variables Edáficas	72
3.3.1 Química de suelos	72
3.3.2 Parámetros físicos	78
3.4 Composición nutricional y antinutricional de los tratamientos	80
3.4.1 Contenido nutricional	80
3.4.2 Metabolitos secundarios en las plantas	85
3.5 Prueba de comportamiento	87
3.5.1 Consumo de materia seca	88
3.5.2 Ganancia de peso	92
3.5.3 Conversión alimenticia	94
3.5.4 Mortalidad	96
3.6 Análisis parcial de costos	97
4. CONCLUSIONES	99
5. RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFIA	102
ANEXOS	114

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sinónimos <i>Tithonia diversifolia</i>	33
Tabla 2. Composición bromatológica del botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>)	36
Tabla 3. Contenido de nutrientes (%) de <i>Tithonia diversifolia</i>	36
Tabla 4. Contenido de minerales (%) en <i>Tithonia diversifolia</i>	37
Tabla 5. Requerimientos nutritivos del cuy en diferentes etapas	48
Tabla 6. Análisis bromatológico del suplemento	59
Tabla 7. Producción Agronómica	63
Tabla 8. Indicadores dasométricos	68
Tabla 9. Supervivencia de las arbustivas <i>Clibadium sp</i> , <i>T.diversifolia</i> y <i>S.</i> <i>angustissima</i>	71
Tabla 10. Análisis de suelos previo al ensayo	73
Tabla 11. Análisis de suelos posterior al ensayo	73
Tabla 12. Análisis bromatológico de las especies <i>Axonopus scoparius</i> , <i>Tripsacum</i> <i>andersonni</i> , <i>Clibadium sp</i> , <i>Tithonia diversifolia</i> y <i>Senegalia angustissima</i>	81
Tabla 13. Análisis fotoquímico y metabolitos secundarios de las especies arbustivas	87
Tabla 14. Indicadores productivos en la fase de levante de cuyes alimentados con dietas provenientes de los arreglos silvopastoriles	89
Tabla 15. Composición Nutricional de las dietas en fase de levante. (% BS)	90
Tabla 16. Indicadores productivos en la fase de ceba de cuyes alimentados con dietas provenientes de los arreglos silvopastoriles	91
Tabla 17. Composición Nutricional de las dietas para la fase de Ceba. (%BS)-	93
Tabla 18. Resumen de los casos de mortalidad para los tratamientos	96
Tabla 19. Análisis parcial de costos por tratamiento	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Curva de precipitación mensual durante el ensayo	67
Figura 2. Diámetro de tallo de las arbustivas <i>Clibadium sp</i> , <i>T. diversifolia</i> y <i>S. angustissima</i>	69
Figura 3. Fenología de <i>Clibadium sp</i> , <i>T. diversifolia</i> y <i>S. angustissima</i>	72

ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Plano de campo	115
Anexo B. Producción de biomasa seca en los cuatro cortes	116
Anexo C. Anava para producción de biomasa seca	117
Anexo D. Anava para Índice de Área Foliar	119
Anexo E. Anava para altura en gramíneas	121
Anexo F. Anava para profundidad radicular en gramíneas	123
Anexo G. Anava para periodo de recuperación	125
Anexo H. Anava para altura de planta en arbustivas	127
Anexo I. Anava para diámetro de copa	129
Anexo J. Anava para Rebrotos	131
Anexo K. Anava para profundidad radicular en arbustivas	134
Anexo L. Anava para consumo en fase de levante de cuyes	136
Anexo M. Anava para ganancia de peso en fase de levante de cuyes	136
Anexo N. Anava para conversión alimenticia en fase de levante de cuyes	137
Anexo O. Anava para consumo en fase de ceba para cuyes	141
Anexo P. Anava para ganancia de peso en fase de ceba para cuyes	141
Anexo Q. Anava para conversión alimenticia en fase de ceba para cuyes	142

INTRODUCCIÓN

Los países tropicales dedicados a la producción pecuaria han centrado su esfuerzo en el aumento de productividad a través del mejoramiento de la raza animal, lo cual no ha sido acompañado con la misma intensidad en mejoras de las prácticas de alimentación, y ha llevado a que los planteles pecuarios no logren los mejores resultados en el tiempo esperado (Gómez, *et al*, 1997).

Adicionalmente resulta indiscutible el aporte de las prácticas silvopastoriles a los sistemas de producción, tanto en sus contribuciones al suelo en sus componentes bióticos y abióticos, a las gramíneas asociadas a ellas y como lógica consecuencia a la composición nutricional de la biomasa cosechada de dichas asociaciones. No obstante, existen muchas especies con posibilidades forrajeras que no han sido empleadas de manera extensiva y su uso ha estado limitado a sistemas de alimentación aislados, debido al desconocimiento sobre los usos alternativos de su semilla o follaje (Altieri 1997).

Asimismo, dadas las características propias de los pastos tropicales, con bajos niveles de proteína digestible y alta fibra, el follaje de especies arbustivas y arbóreas

as puede constituir en muchos casos una estrategia nutricional en la suplementación animal, principalmente durante los períodos de escasez de forraje. Muchas de estas especies tienen valores nutricionales superiores a los que poseen los pastos y pueden producir elevadas cantidades de biomasa comestible que son más sostenidas en el tiempo sin ninguna fertilización. Es importante, recordar además, que las especies arbustivas y/o arbóreas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, como si lo hacen la gran mayoría de las gramíneas. De allí la mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje (Hernández, *et al*, 1998).

Hay que señalar también que, numerosos estudios se han desarrollado en diferentes países en climas cálidos y fríos, pero se han centrado fundamentalmente en bovinos, ovinos y caprinos. Tan solo en Perú existen experiencias con cuyes, aunque bajo condiciones edafoclimáticas muy diferentes y en el país son limitadas las experiencias que existen sobre arreglos silvopastoriles en clima medio y menos los trabajos adelantados con cuyes, pues las limitaciones edáficas de las zonas de ladera del departamento de Nariño que condicionan la productividad de los forrajes, han desincentivado las empresas pecuarias como la cuyícola.

Bajo tales consideraciones, este trabajo evaluó la productividad agronómica de arreglos silvopastoriles basados en dos gramíneas imperial (*Axonopus scoparius*), guatemala (*Tripsacum andersonni*), y tres arbustivas botón de oro (*Tithonia diversifolia*), acacia de la pradera (*Senegalia angustissima*), y reventador (*Clibadium sp*). La biomasa cosechada de tales arreglos se valoró en una prueba de comportamiento en cuyes, con la finalidad de establecer su potencial alimentario y determinar la asociación de mayor viabilidad nutricional para remplazar, al menos de manera parcial los suplementos concentrados que reducen las utilidades de esta actividad.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Sistema Agroforestal.

Es una combinación de especies arbóreas y/o arbustivas con herbáceas generalmente cultivadas. Este término es muy amplio, pues incluye la presencia de algunos árboles y/o arbustos en combinación con cultivos agrícolas; hasta sistemas complejos con múltiples especies distribuidas en varios estratos (Ojeda, *et al*, 2003).

El estudio integral de los árboles y arbustos es multidisciplinario, multinstitucional, y forma parte de una actividad diversa que es la Agroforestería, la cual se encuentra en auge creciente en áreas tropicales y templadas del mundo como una opción que constituye eficazmente a la sostenibilidad del entorno y para mitigar los efectos negativos de la desertificación y la sequía, así como para diversificar la ganadería, entre otros beneficios contenidos en los sistemas agroforestales (Murgueitio *et al.*,1999).

1.2 Sistema Agrosilvopastoril.

El que combina la agricultura, los bosques y el pastoreo, permitiendo la siembra, la labranza, la recolección de la cosecha por largos periodos vegetativos y el pastoreo dentro de los cultivos y el bosque sin dejar el suelo desprovisto de vegetación (Rubiano, 2001).

1.3 Sistema Silvopastoril (SSP).

Altieri 1997, lo define como el manejo de la tierra en el que los bosques se operan para la producción de madera, alimento y forraje, como también para la crianza de animales domésticos. Es una combinación natural o una asociación deliberada de uno o varios componentes leñosos (arbustivos y/o arbóreos) dentro de una

pastura de especies de gramíneas y de leguminosas herbáceas nativas o cultivadas y su utilización con rumiantes y herbívoros en pastoreo.

Estrada (2001), complementa que los sistemas silvopastoriles se definen como el conjunto de técnicas de manejo de tierras que implican la combinación de árboles con la ganadería; el objetivo es optimizar la producción por unidad de superficie, respetando el principio de rendimiento sostenido.

Con este sistema se obtienen beneficios diversos: disminución de los costos de establecimiento, incremento de la productividad a largo plazo; se atenúan los efectos adversos del estrés climático sobre los animales y se obtienen diversos servicios ambientales.

1.4 Beneficios de los SSP

Un método de uso de la tierra es sostenible siempre y cuando este no produzca un deterioro de la capacidad productiva del sitio. El aumento de la erosión y la disminución de la fertilidad de los suelos son las dos causas principales de la reducción en la capacidad productiva. (Rubiano, 2001).

El componente arbustivo, no sólo aumenta el contenido de materia orgánica sino que recicla minerales del subsuelo, hecho que incrementa la fertilidad. El mejoramiento del ecosistema que se obtiene en los SSP es a largo plazo y puede compensar hasta cierto punto, la reducción en luminosidad que produce el árbol en el pasto, dando como resultado un aumento de producción, Botero (2009).

Los árboles y arbustos forrajeros se pueden distribuir en diferentes rangos para calificar su potencial como suplemento proteico: súper alto > 30%, muy alto 25-30%, alto 20-24%, mediano 15-19%, bajo 10-14% y muy bajo < 10%. Aunque es importante tener en cuenta que existen varios factores que influyen en el

contenido de proteína como: estado vegetativo de la planta, condiciones de fertilidad del suelo y presencia de nitrógeno no proteico. (Vargas 1994).

Botero (2009), comenta que la alta temperatura que ocurre en los potreros sin árboles puede llevar a que los pastos cierren los estomas y paren su función fotosintética hasta por 4 horas diarias y reduzcan su producción hasta 50%. Cuando la temperatura de los suelos tropicales es mayor a 33°C, las plantas no pueden absorber agua ni nutrientes.

En opinión de Febles y Ruiz (2008), bajo condiciones de sombra se produce una mayor mineralización de la materia orgánica, lo que incrementa la concentración del nitrógeno y, por tanto, el contenido de proteína bruta de las gramíneas asociadas a las especies arbóreas. Este valor puede llegar a 10-14%, similar a cuando se emplean dosis de entre 50 y 300 kg de N/ha/año.

Pastos que crecen a plena exposición solar tienen más fibra y menor contenido de proteína, en comparación con los pastos que crecen con cierto grado de sombra producida por árboles, y cuando se utilizan Árboles Fijadores de Nitrógeno AFN, como las leguminosas, la calidad del pasto es mejor y la producción de biomasa total es mayor, Estrada (2001).

Del mismo autor, las plantas desarrolladas bajo los árboles disponen de menores cantidades de luz, con frecuencia no satisfacen sus necesidades para una óptima producción, esto difiere según las especies, las que se conocen como C₄, tipo metabólico al que pertenecen la gran mayoría de gramíneas tropicales.

Altieri (1997), expone que los árboles y arbustos pueden afectar el nivel de nutrientes del suelo al explotar las reservas minerales más profundas de la roca parental y recuperar los lixiviados y depositarlos sobre la superficie como humus.

Del mismo autor, la materia orgánica adicionada, modera además las reacciones del suelo extremas (pH) y la consecuente disponibilidad de nutrientes esenciales y elementos tóxicos. Puesto que el nitrógeno, fosforo y azufre se tienen fundamentalmente en forma orgánica, la abundancia de materia orgánica es importante para aprovecharlos. La actividad de microorganismos tiende a aumentar debajo de los árboles, debido a que la materia orgánica es incrementada (un abastecimiento de alimentos mejorado) y al ambiente de crecimiento (temperatura y humedad del suelo)

La presencia de materia orgánica en el suelo tiende a reducir la evaporación y a mejorar el balance hídrico del suelo. El humus aumenta la capacidad para resistir la erosión, ya que privilegia la infiltración sobre la escorrentía superficial, promueve la granulación del suelo y mejora la porosidad. (Burbano 1.998).

Los Árboles Fijadores de Nitrógeno (AFN) incrementan el nivel de este elemento en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, además de absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio. (Estrada 2001).

Respecto a las propiedades físicas del suelo, Altieri (1997), afirma que el componente arbóreo también puede aumentarlas, siendo la estructura, la más importante, porque mejora con el incremento de materia orgánica (hojas y raíces), de la acción disociadora de las raíces de los árboles y la actividad de los microorganismos todos los cuales ayudan a desarrollar agregados del suelo más estables.

El mismo autor sostiene que la temperatura del suelo se modera por la sombra y la cubierta de la hojarasca. El sistema de raíces penetrantes realiza una función importante en la estabilización del suelo, especialmente en laderas escarpadas.

Sierra (2002), comenta que la cobertura densa del suelo protege su superficie del impacto de las gotas de lluvia y así preserva su estructura y lo previene también del sellamiento interno causado por la deposición de partículas de arcilla, limo, entre otros, contenidos en suspensión en el agua turbia que se percola en el perfil del suelo. La presencia de árboles en los potreros juega un papel muy importante, porque sus raíces son capaces de penetrar y extenderse varios metros dentro del suelo, favoreciendo la penetración y movimiento del agua hasta alcanzar las aguas subterráneas que alimentan los afloramientos o “nacimientos” de agua. Las arvenses de raíz profunda también favorecen la recarga de agua.

Los árboles y arbustos permiten la reproducción de avispas, arañas, pájaros y otros depredadores, que son importantes en el control biológico de plagas y por tanto en el equilibrio del ecosistema. En tierras frías incrementan la temperatura ambiente del potrero y en tierra caliente la disminuyen, pudiendo esta disminución llegar hasta 14°C, como se pudo medir en Valledupar, temperaturas a la sombra de 30 grados y al sol de 44 grados. Botero (2009).

1.5 Interacciones en el sistema silvopastoril

1.5.1 Arbusto – pastura. Pueden presentarse relaciones de interferencia y facilitación. La competencia por espacio, agua, luz y nutrientes, así como los efectos alelopáticos son manifestaciones de interferencia. En cambio la fijación de nitrógeno, transferencia de nutrientes y protección son ejemplos de facilitación. La intensidad de interacciones está en función de la disponibilidad de factores de crecimiento (espacio, agua, luz y nutrientes), los requerimientos específicos, las características morfológicas de los componentes, la población de plantas, su arreglo espacial y el manejo al que están sometidas (Ojeda, *et al*, 2003).

Las leñosas perennes tienen por lo general su copa por encima de las herbáceas, de manera que cuando crecen en el mismo terreno, las primeras interfieren el paso de la radiación solar. Lo inverso puede ocurrir en las etapas iniciales de establecimiento de las leñosas perennes, en especial si se combinan con herbáceas de rápido crecimiento y altamente competitivas (Ojeda, *et al*, 2003).

1.5.2 Arbusto – suelo. Los árboles y/o arbustos intervienen en el ciclo de los nutrientes, en la estructura y en el balance hídrico del suelo. La descomposición del material arbóreo depositado como detritus puede ser rápido, una porción de residuos se incorpora en la fracción orgánica del suelo o se absorbe directamente con las gramíneas forrajeras. Según la especie y las condiciones, los arbustos pueden llegar a horizontes más profundos, absorber nutrientes y retornarlos a la superficie con la caída natural del follaje, ramas y frutos (Uribe, 1996).

Por su parte; el suelo brinda agua y nutrientes para el desarrollo y mantenimiento de las especies y a la vez es el soporte físico de toda la biomasa (Ojeda, *et al*, 2003).

Respecto a las propiedades del suelo y erosión, se sabe que adiciones periódicas de grandes cantidades de material orgánico tienen efectos favorables sobre las propiedades físicas, químicas, actividades biológicas y consecuentemente en la productividad. La magnitud de los efectos varía con las especies arbóreas o arbustivas utilizadas, ya que influye sobre la cantidad y calidad de podas producidas. Los factores de calidad tales como la relación Carbono/Nitrógeno, los contenidos de lignina y en menor grado de polifenol, determinan su descomposición y patrones de liberación de nutrientes (Krishnamurthy y Leos-Rodriguez, 1994).

Un sistema silvopastoril con *Acacia mangium* incrementó la materia orgánica significativamente en solo cinco años de pastoreo en un suelo ácido de Panamá. Esto significa que se habría incrementado el almacenamiento de carbono orgánico

del suelo en cinco años al establecer los árboles en pasturas monocultivo, y la inclusión de la misma especie en pasturas con *Brachiaria humidicola*, contribuyo a mejorar la calidad del forraje y a incrementar el contenido de fósforo y nitrógeno del suelo. Febles *et al* (2008).

1.5.3 Pastura – suelo. La cobertura de la pastura permite la protección del suelo porque favorece su conservación y evita procesos erosivos generados por el agua o el viento. Además, puede contribuir en el aumento de materia orgánica del suelo, cuando raíces, hojas y/o tallos terminan su ciclo vegetativo. El suelo, al igual que con los arbustos, brinda a la pastura agua, nutrientes y soporte (Krishnamurthy y Leos-Rodriguez, 1994).

1.5.4 Arbusto – animal. El valor nutritivo de los arbustos varía en los diferentes componentes de la biomasa arbórea: las hojas presentan mayores concentraciones de nutrientes que las ramas y los tallos; la variación también se relaciona con la edad y posición en el árbol: las hojas jóvenes son más ricas en proteínas que las viejas y éstas además presentan porcentajes de digestibilidad bajos, debido a las concentraciones mayores de lignina y posiblemente taninos (Uribe, 1996).

Los animales por su parte retornan nutrientes y colaboran con la dispersión de semillas por medio de los excrementos (Ojeda, *et al*, 2003).

1.5.5 Animal – suelo. La presencia de los animales en un sistema silvopastoril puede contribuir positivamente en el funcionamiento de éste, debido a que mejora la fertilidad del suelo, aportando nutrientes en forma directa o indirecta por medio de los excrementos. El suelo por su parte interactúa con el animal, por intermediación de la pastura y los arbustos. Parte de nutrientes presentes en el suelo son absorbidos por las plantas y convertidos en biomasa que el animal aprovecha como alimento (Ojeda, *et al*, 2003).

1.6 Asociaciones forrajeras

Es una población formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas, en la que al menos una es de hábito de vida Perenne, generalmente las gramíneas están presentes en todas las asociaciones prátícolas del mundo. Están adaptadas biológica y estructuralmente a sobrevivir en condiciones adversas (competencia, fuego, pastoreo), por lo tanto se adaptan a una variedad de suelos, presentan baja sensibilidad a pastoreos o cortes, son estables (poblaciones adecuadas), baja susceptibilidad a enfermedades y plagas y compiten con las malezas (Saldanha, 2012).

Es muy común asociar a las gramíneas con las leguminosas debido a que estas tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y fijarlo, beneficiando a la gramínea asociada, pero esto no descarta la posibilidad de que se puedan introducir dentro de las pasturas, otras especies herbáceas, arbustivas y/o arbóreas, que son altamente consumidas por los animales como la morera, ramio, nacedero, botón de oro, entre otros (Estrada, 2001).

La importancia de establecer asociaciones forrajeras radica en que crea una alta biodiversidad que reduce sensiblemente el ataque de plagas y enfermedades, se pueden lograr altos rendimientos, un mejoramiento de la razón nutritiva, mayor seguridad de oferta mensual de forraje, control natural de malezas, y los más importante lograr que la asociación supere en total de Nutrientes digestibles de los cultivos puros (Botero y Russo, 1992).

1.7 Manejo del arreglo silvopastoril. Incluye el control de la densidad, espaciamiento de arbustos y prácticas de podas, estas últimas constituyen el principal medio por el cual se puede regular la interacción entre los componentes (arbusto y pastura) (Krishnamurthy y Leos-Rodriguez, 1994).

Mediante las podas se eliminan las ramas de los árboles o arbustos cuando su edad es todavía corta, así se obtienen especies bien conformadas con madera libre de nudos, y se favorece su crecimiento en altura. Las podas producen mayor aireación entre los componentes del arreglo forestal y facilitan las labores culturales (Rubiano, 2001).

1.8 Dasometría

Ciencia que se ocupa de la determinación de volúmenes y crecimientos de los árboles y de las masas forestales, así como del estudio de las relaciones métricas y leyes que rigen su desarrollo (Dieguez, *et al*, 2003).

Se divide en tres partes:

Dendrometría: Dendro (árbol). Se encarga de la medida de las dimensiones del árbol, del estudio de su forma y del cálculo del volumen del árbol.

Estereometría: Calcula el volumen de la masa forestal.

Epidometría: Mide el crecimiento del árbol como el de las masas forestales y su producción, es decir, la evolución de dicho crecimiento (Dieguez, *et al*, 2003).

1.8.1. Parámetros dasométricos básicos (Lema, 1995)

- **Altura:** Se realizan mediciones directas con cinta métrica.
- **Diámetro:** La medición se realiza a 10 cm de la base del tronco, utilizando pie de rey.
- **Sobrevivencia:** Después de la siembra en el sitio definitivo, se registra el prendimiento de las especies arbustivas durante un periodo de tiempo.
- **Dimensiones de copa:** Mediciones regulares con cinta métrica.
- **Rebrotes:** Contando el número de rebrotes después de cada poda

- **Profundidad radicular:** Mediciones realizando excavación del perfil del suelo en forma perpendicular hasta encontrar las puntas de las raíces más profundas.

1.9 Especies incluidas en el estudio

1.9.1 Gramíneas

1.9.1.1 Guatemala (*Tripsacum andersonni*).

Familia: Poaceae

Morfología.

El pasto es una especie perenne, las plantas crecen en grandes matorros, alcanza alturas de 2.5 a 3.0 m. Los tallos son gruesos (2-6 cm de diámetro) y sólidos, desarrolla muchas hojas que son anchas (5 a 12 cm) y alargadas (0.5 a 1.0 m de longitud) de color verde oscuro. Se propaga mediante rizomas cortos y fuertes, formando grandes macizos (Bernal, 1994).

El sistema de raíces en las gramíneas no es muy profundo, pero es denso y finamente ramificado. Se encuentran entre las plantas que mejor aprovechan el agua. (Estrada 2001).

Distribución geográfica.

Es un pasto de corte, que se adapta a climas cálidos y medios, crece bien desde el nivel del mar hasta 2000 m, se observa desarrollo satisfactorio en regiones con precipitaciones de 800 a 2000 mm anuales y temperaturas de 18 a 28 °C. Los mejores rendimientos se obtienen en suelos fértiles y con humedad adecuada, es resistente a la sequía (Bernal, 1994).

Propagación. Con respecto a la siembra manejo y fertilización de esta especie, (Salamanca, 1990), señala lo siguiente.

Siembra. Se propaga exclusivamente con material vegetativo (cepas y tallos), se requieren aproximadamente de 800 a 1000 kg/ha. Los tallos se siembran en surcos, colocándolos extendidos en forma continua y cubriéndolos con 3 a 5 cm de suelo. En tierras no mecanizables se recomienda sembrar en triangulo y siguiendo las curvas de nivel.

Manejo. Se debe cosechar tierno, cuando tenga aproximadamente 1.50 m de altura para obtener mayor número de cortes al año y forraje de mejor calidad, el intervalo de cortes puede ser entre 6 y 12 semanas, de acuerdo con fertilidad de suelo y humedad disponible, además se sugiere hacer el corte a unos 20 o 30 cm del suelo.

Fertilización. Se hace teniendo en cuenta el análisis de suelo, responde bien a la aplicación de nitrógeno suministrado después del corte.

Producción. Bernal, (1994), reporta que en buenas condiciones de humedad y manejo, puede producir 40 a 50 Ton/ha/año de MS (160 a 200 ton/ha de FV). La calidad del forraje es relativamente baja, pero se puede mejorar con manejo y fertilización adecuados. Presenta el siguiente análisis químico: % MS= 19, % Prót = 8.4, % Fibra = 34.7, % EE= 1.0, % ELN= 40.1, % C=15.8, % Ca = 0.27, % P= 0.27

Usos. Utilizado en alimentación de especies menores, como cuyes, ovinos y conejos.

1.9.1.2 Imperial (*Axonopus scoparius*)

Salamanca (1990), describe esta especie de la siguiente manera:

Familia. Poaceae

Morfología

Tiene crecimiento erecto, alcanza alturas de 1.50 m o más, con numerosos tallos frondosos, sólidos y suculentos, después del corte aparecen nuevos retoños de la corona; es el principal pasto de corte que se produce en las zonas cafeteras colombianas.

Distribución geográfica

Parece ser originario de Colombia o Ecuador, gramínea que se adapta muy bien en zonas comprendidas entre 600 y 2.200 msnm. Crece bien en regiones con precipitaciones anuales entre 1000 y 2000 mm y en suelos con buenos contenidos de humedad. Presenta desarrollo lento si las condiciones del suelo son de mucha humedad o muy secas, pero tiene la ventaja de ser bastante rústico y aun cuando se deje crecer hasta la floración, no pierde su gustosidad.

Propagación

Siembra. En terrenos pendientes se debe sembrar siguiendo las curvas de nivel y en surcos separados de 50 a 100 cm. La forma más práctica de propagarlo es con material vegetativo (20 y 25 bultos de tallos, o sea entre 800 y 1000 kg/ha). Los tallos siempre deben estar maduros, al utilizar cepas se deben sembrar en triangulo cuando el terreno es pendiente para tratar de evitar la erosión y distancias de 40 a 60 cm.

Fertilización. Este pasto crece bien en suelos ácidos y pobres en elementos nutrientes, sin embargo es recomendable aplicar fertilizantes para aumentar su producción o mantenerla.

Dosis. 50 Kg/ha de N después de cada corte, 70 Kg/ha de P_2O_5 anualmente, 50 kg/ha de K_2O anualmente.

Manejo. Cortar a ras cuando se encuentra en estado de prefloración obteniéndose así entre 3 y 4 cortes por año en clima medio.

Es susceptible al ataque de la “gomosis” enfermedad causada por bacteria *Xanthomona axonoperis*, se conoce también como peste o bandera, se manifiesta como un exudado que sale del tallo y hojas extendiéndose a todo el cultivo; causado por el taponamiento de los vasos que conducen la savia de las plantas, provocando la merma en producción y finalmente la muerte. Variedades resistentes: Imperial 60 y 70.

Producción. Sin fertilización: 60 a 70ton/ha FV → 12 a 14 ton/ha MS/año

Con fertilización: 100 a 110 ton/ha FV → 20 y 22 ton/ha Ms/año

Respecto al análisis químico, reporta los siguientes datos:

%MS= 26.16, % Prót = 8, % Fibra = 30, % EE=1.71, % ELN = 44.76, % C= 6.8, % Ca= 0.2, % P=0.09.

1.9.2 Arbustos

1.9.2.1 Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*)

Nombres comunes.

Mirasol (Colombia), Ámica de tierra (Cuba), Quil amargo (Guatemala).

En la tabla No. 1 se mencionan algunos sinónimos del botón de oro en diferentes regiones y países latinoamericanos (Ríos, 2002).

Tabla 1. Sinónimos *Tithonia diversifolia*

País	Región	Nombre común
Colombia	Valle del Cauca Antioquia Caldas y Norte del Tolima Sur del Tolima Nariño Santander	Botón de Oro Girasola Gamboa, Botón dorado Hierba de bruja Mirasol, Botón de oro Mirasol
Guatemala		Kónon, quil, sun, quil amargo, Sajan grande
Cuba		Margaritona, árnica de la tierra
Costa Rica		Tora amarilla
Venezuela		Tara, taro, flor amarilla, árnica
México		Flor del sol

Fuente: (Ríos, 2002)

Familia: Asteraceae

Morfología.

Planta dicotiledónea, arbustiva de 1.5 a 4 m de altura.

Tallo: erecto, ramificado.

Hojas: alternas, pecioladas, en su mayoría de 7 a 20 cm de largo y de 4 a 20 cm de ancho, con 3 a 5 lóbulos profundos, cuneados hasta subtruncados en la base y la mayoría decurrentes en la base del peciolo; bordes aserrados, pedúnculos fuertes de 5 a 20 cm de largo.

Inflorescencia: en capítulos, con pétalos amarillos.

Fruto: seco indehisciente, contiene una sola semilla (aquenio), oblongo, de hasta 6 mm de largo, cubierto de pelillos recostados sobre su superficie, en el ápice del fruto se presenta una estructura llamada vilano que consiste en 2 aristas (raramente ausentes) desiguales, de hasta 4 mm de largo y además de 6 a 10

escamas de hasta 2.5 mm de largo, unidas en la base e irregularmente divididas en su margen superior en segmentos muy angostos (Rios, 2002).

Distribución geográfica.

Se desarrolla en climas con temperaturas desde 10 hasta 30°C, alturas comprendidas entre 0 y 2.600 msnm. En suelos de neutros a ácidos y desde fértiles hasta muy pobres en nutrientes (Rios y Salazar, 1992).

Propagación.

Es muy fácil la propagación por estaca de 20 a 30 cm de largo, 2.0 a 3.5 de diámetro y con 3 a 5 yemas. Cuando es por semilla, se debe dejar secar en la planta. Puede sembrarse en semillero o directamente en el campo (Gálvez, 2007).

Usos en alimentación animal.

Esta especie tiene alta digestibilidad de materia seca y presencia de aceites en hojas y flores. Además posee 39.8 % de azúcares totales y puede alcanzar alta concentración de C en su biomasa aérea, mayor de 77 t/ha/año (Mahecha y Rosales, 2005).

López, *et al* (2012), reportan valores de 14,3 y 19,4 y 36,2 % para M.S, P.B y FDN. En un estudio para alimentar conejas; el incremento de peso con esta especie ocupó el tercer lugar (0,04 kg/d) después de *Neonotonia wightii* (0,16) y *Boehmeria nivea* (0,06); el alto contenido de PB y bajo porcentaje de MS, afectó el consumo de MS y redujo la proporción energía-proteína en la dieta, ya que posee una concentración de FND relativamente baja.

Ramírez e Hidalgo (1988), encontraron consumos de materia seca de 34.84 para botón de oro, 39.93 para liberal y 34.04 para resucitado. En cuanto a ganancia de

peso y conversión alimenticia, los mejores resultados se obtuvieron con botón de oro, fluctuando entre 6.05 a 7.04 g/día/animal y 4.95 a 7.43 respectivamente.

Burbano y Rivera (2006), obtienen consumos de materia seca en fase de levante para cuyes de 45,76 g/anm/día y 80,83 en fase de engorde para botón de oro en asocio con pasto kingras y suplemento, e incrementos de peso 8,59 g/día en levante y 9,24 para engorde. El parámetro conversión alimenticia reportado es de 5,33 y 8,85 para levante y engorde respectivamente.

En un sistema de producción para rumiantes y monogástricos, en Venezuela, se utilizó *Tithonia* como forraje fresco sin picar. Este se ofrece colgado para el consumo de ovejas y cabras, como parte de una dieta con cogollo de caña y pasto elefante. En la tarde se ofrece a los animales, forrajes como nacedero (*Trichanthera gigantea*), matarratón (*Gliricidia sepium*) y cañafístola (*Cassia moschata*). Rios (2003).

El consumo de botón de oro en la dieta del 50% fue de 868 g/día en base fresca, que correspondió a 369 g/día, en base seca. En la dieta del 100% consumieron 1.668 g/día en base fresca, equivalentes a 712 g/día en base seca Vargas (1992).

El ganado, las cabras, ovejas, cuyes y conejos consumen bien este forraje sin necesidad de ser trozado, hasta un diámetro de tallo de 1.0 a 1.5 cm., especialmente cuando se suministra tierno (alrededor de 50 días de edad), época en la cual presenta un buen valor nutricional (Navarro y Rodríguez, 1990).

En la tabla No. 2 se observa la composición bromatológica de esta especie.

Tabla 2. Composición bromatológica del botón de oro (*Tithonia diversifolia*)

COMPONENTE	HOJAS (%)	TALLOS (%)
Materia seca	13.2 – 13.14	7.5
Proteína cruda	15.16 - 20.1	10.3
D.I.V. Materia seca	50.7	60.8
Pared celular	52.9 - 61.0	61.1
Taninos	0.01 – 0.02	0.01

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal, Universidad de Nariño 2007-2008.

De igual manera en la tablas 3 y 4, se presenta el contenido de nutrientes y minerales de esta especie, en diferentes estados vegetativos.

Tabla 3. Contenido de nutrientes (%) de *Tithonia diversifolia*

	Estado vegetativo				
	Crecimiento avanzado	Prefloración	Floración media	Floración completa	Pasada la floración
Materia seca	14.1	17.22	17.251	17.751	23.251
Proteína cruda	28.511	27.481	22.01	20.21	14.841
Extracto etéreo	1.931	2.271	2.391	2.261	2.431

Fuente: Mahecha y Rosales 2001

Tabla 4. Contenido de minerales (%) en *Tithonia diversifolia*

	Crecimiento avanzado	Prefloración	Floración media	Floración completa	Pasada la floración
Calcio	2.3	2.14	2.47	2.4	1.96
Fósforo	0.38	0.35	0.36	0.36	0.32
Magnesio	0.05	0.05	0.07	0.06	0.06

Fuente: Mahecha y Rosales 2001.

Abono verde y mejorador de suelos.

Hay evidencias de que esta planta puede acumular tanta proteína en sus hojas (hasta 33%) como las leguminosas. Tiene altos tenores de fósforo, gran volumen radicular, habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo y amplio rango de adaptación. Tolerancia condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo, es muy rústica y puede soportar la quema y la poda a nivel del suelo (CIPAV, 2004).

Algunos agricultores consideran las parcelas con botón de oro como bancos de fertilizante. Esta especie es cosechada e incorporada como abono verde en campos de cultivo de arroz con inundación. Debido a su rápido crecimiento, eficiente depuración de nutrientes del suelo, abundante producción de hojas y rápida descomposición, esta especie parece acelerar el reciclaje de nutrientes y permite la rehabilitación del suelo en un período corto de barbecho (Cairns, 1996).

El mismo autor, afirma que el botón de oro puede estar jugando un papel muy importante en la fijación de nutrientes lábiles del suelo que, de otra forma, se perderían por lixiviación. En el caso del fósforo, la asociación con micorrizas puede estar cumpliendo un rol importante en su movilización. Este hecho, además, de la baja o nula demanda de capital o laboreo, es interesante en especial cuando estos recursos son escasos. Es así como se puede cambiar el concepto de rastrojos con malezas al de abono verde o cultivo de cobertura.

En la provincia de Bukidnon, Filipinas, el botón de oro es utilizado para recuperar y mejorar áreas invadidas por el pasto *Imperata cilíndrica*, su sombra controla el pasto en un año. Al final del segundo año, se cortan las plantas y se siembra un nuevo cultivo sin necesidad de aplicar fertilizantes ni arar, porque se mejoran las propiedades físicas del suelo (Cairns, 1996).

Para García *et al* (2008), esta planta contiene unas 1 200 clases de compuestos secundarios. Sin embargo, debido a su elevada diversidad no se han estudiado todos, aunque algunos grupos son más conocidos, como los polifenoles, los glicósidos cianogénicos, las saponinas, los esteroides y las fitohemoaglutininas. En un análisis de metabolitos secundarios, no se hallaron fenoles ni taninos; se reportó un bajo contenido de fenoles y ausencia de saponinas.

Así mismo, Pérez, *et al* (2009), determinaron que los miembros de esta familia presentan una fracción polifenólica insignificante, lo cual es muy positivo desde el punto de vista nutricional. Sin embargo, la presencia cuantiosa de terpenoides, lactonas y piranos en la parte comestible de *Tithonia* constituye un tema que debe ser investigado con mayor profundidad, aun cuando solamente se ha informado efecto citotóxico de un grupo pequeño de metabolitos presentes en la especie.

Otros usos.

Se utiliza en salud animal para disminuir los abortos y canibalismo en conejos. También para depurar y arrojar la placenta, se suministra a las conejas 2 o 3 días antes del parto y 5 a 8 días después del parto. Los productores dicen que además se mejora la lactancia, Pérez *et al* (2009).

Mahecha y Rosales (2005) reportaron que es una fuente de carotenoides para pigmentar las yemas de los huevos y también lo citan como insecticida para controlar las hormigas arrieras (bibijaguas, en Cuba).

Se registra el uso de las hojas en cocción como remedio para la malaria, y en el tratamiento de lastimaduras de la piel de animales domésticos se utilizan las hojas en maceración con alcohol como si fuera linimento; se emplean las hojas en cocción para el espasmo o frío y como medicina para problemas del hígado.

1.9.2.2 Reventador (*Clibadium sp*)

Gálvez (2007), en su libro *Sistemas alternativos de alimentación*, detalla a esta especie de la siguiente manera:

Nombres comunes: grillo, drillo.

Familia: Asteraceae

Morfología.

Arbusto ramoso de 1.7 metros de altura promedia, dicotiledónea.

Tallos: jóvenes cubiertos por tricomas ásperos. Los tallos tiernos presentan color verde brillante con manchas irregulares de color café, de donde deriva su nombre de grillo. Tallos maduros grisáceos.

Hojas: opuestas de 8 a 12 cm de largo por 3 a 4 cm de ancho, ova lanceoladas; haz escabroso; envés tomentoso; borde espaciadamente dentado; base aguda, ápice acuminado. Inflorescencia terminal, paniculada, formada por cabezuelas dispuestas en glomérulos apretados.

Flores blancas o amarillentas.

Distribución geográfica.

Crece en zonas con temperaturas entre 12 a 18°C, y que se encuentran entre 1.800 a 2.800 msnm, precipitación 1.200 a 2.000 mm/año. Responde bien en suelos con pH bajo y de características arenosas.

Propagación.

Se reproduce por semilla y vegetativamente. La distancia de siembra no se conoce.

Usos Potenciales.

Es una planta melífera, el forraje es utilizado en alimentación de cuyes, conejos, ganado bovino y equino. Contenido bajo de proteína cruda (12.22%). Aceptabilidad alta en cuyes. Los bovinos y equinos lo consumen directamente de los potreros y rastrojos, donde crece espontáneamente. Su agroforestería no se conoce.

1.9.2.3 Acacia de la pradera (*Senegalia angustissima*)

Rico y Bachman (2006), clasifican y describen a la *S. angustissima* de la siguiente manera:

Nombres comunes: Acacia de la pradera

Familia: Fabaceae (Leguminosae). Subfamilia: Mimosoideae. Tribu: Acacieae.

Sinónimos: *Mimosa angustissima* Molino.

Senegalia angustissima (Mill.) Pedley

Acacia angustissima subsp. *suffrutescens* (Rose) Wiggins

Acacia suffrutescens (Rose)

Morfología.

Es un arbusto sin espinas, 2-7 m de altura con un tronco corto. Variable en la pubescencia, también variable en venación y tamaño de flores.

Hojas bipinnadas, predominantemente asimétricas, de 10-25 cm de largo, con 10-20 pares de pinnas.

Las inflorescencias son elipsoidales y blanquecinas, de 1-1.5 cm de diámetro.

El fruto es una vaina fina, oblonga, de 3-6 cm de largo, con márgenes rectos o sinuosos, inicialmente verde, volviéndose café-marrón cuando están maduras.

Distribución.

Crece naturalmente desde el nivel del mar hasta 2.800 m, con temperaturas que oscilan entre 25-30 ° C, tolera climas fríos una vez ha sido establecida, pero muestra mejor potencial de crecimiento en temperaturas moderadas, precipitaciones de 800 a 3.000 mm. Resistente a periodos de sequía moderada; en el este de Indonesia, durante la época seca (8 meses), conserva su hoja. Adaptada a una amplia gama de suelos incluyendo vertisoles de pH ligeramente alcalino. Tolerancia moderada y quemadas anuales de pastizales, una vez ha madurado.

Propagación.

Con semilla o plántulas trasplantadas; los espaciamientos varían con el propósito y el sistema agrícola. Para setos, las plantas se siembran a 0.5 m, en hileras de 3-8 m de distancia, para bancos de forraje, la distancia es de 1 x 2 y 2 x 2 m.

Cuando la siembra es por semilla, se debe cubrir con una capa de tierra igual a la anchura de la semilla. La escarificación puede mejorar la germinación; semillas con tratamiento previo de 12 horas de remojo en agua fría, mejoran su germinación.

El control de malezas es esencial para el establecimiento exitoso. En su hábitat nativo, es ingerido por la larva de la mariposa *Hippalus cogia*, y por la larva de la polilla de *Sphingicampa blanchardi*. En condiciones favorables, esta especie puede crecer hasta una altura de 5 metros y 6 cm de diámetro en dos años y medio.

Es compatible con una amplia variedad de pastos nativos y exóticos. Responde bien a los fertilizantes cuando se cultivan en suelos ácidos e infértiles. Altamente tolerante a la defoliación repetida.

Produce de 10 a 12 t/ha/ año de MS. En suelos ácidos y con mucha lluvia en el norte de Australia e Indonesia, produce hasta 13 t, en ambientes menos favorables llega hasta 2 t/ha/año.

Usos potenciales.

Forraje en tiempo de sequía y abono verde, por su alta producción de materia seca.

1.10 Metabolitos secundarios de las plantas

Los metabolitos secundarios de las plantas (MSP) son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las mismas, como un mecanismo de defensa ante el ataque de mohos, bacterias, insectos, pájaros o, en algunos casos, producto del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés, que al estar contenidos en ingredientes utilizados en alimentación de

animales ejercen efectos contrarios a su óptima nutrición, reduciendo el consumo e impidiendo la digestión, absorción y utilización de nutrientes por el animal (Muzquiz, 2006).

La acción de los MSP no sólo consiste en interferir en el aprovechamiento de los nutrientes sino que, en varios casos, promueve pérdidas importantes de proteína endógena y en algunos casos daños al organismo del animal que los consume (Belmar, 2001).

Lescano, *et al* (2012) definen el metabolismo secundario como la biosíntesis, la transformación y la degradación de compuestos endógenos propios de las especies vegetales, los cuales, bajo determinadas circunstancias pueden causar efectos diversos y hasta contrastantes en la fisiología animal, relacionados con la aceptabilidad de los forrajes y la inhibición de la digestión, al afectar la actividad catalítica de algunas enzimas, que pueden limitar la absorción de los alimentos. Sin embargo, no es suficiente el conocimiento que existe sobre los metabolitos secundarios, presentes en las partes comestibles, así como el efecto de los factores que pueden influir en sus variaciones.

1.10.1 Taninos. Son compuestos polifenólicos de un amplio peso molecular que habitualmente se dividen en hidrolizables y condensados. Estos son capaces de unirse a enzimas, proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, saponinas, y formar complejos con el hierro del alimento, dificultando la digestión de los nutrientes (Caldas y Blair, 2004).

La presencia de taninos afecta negativamente la ingesta de forraje y la disponibilidad de nutrientes en el mismo. Así mismo, pueden causar disminución de la digestibilidad y la acción de los protozoos en el rumen. Sin embargo, presentan efectos benéficos como la reducción de grasa en canal (Carulla y Pabón, 2004).

Este factor tiene una gran incidencia en la digestibilidad de los forrajes porque los fenoles y lignina que si bien dan vigor y rigidez a los tejidos de las plantas, afectan la digestibilidad por parte de los microorganismos alojados en el rumen o en ciego de algunas especies de animales (Estrada, 2002).

1.10.2 Saponinas. Son compuestos que poseen una estructura compleja formada por un núcleo esteroidal hidrofóbico y una parte hidrofílica constituida por unidades de monosacáridos, son glucósidos que determinan en gran parte el sabor amargo de algunas semillas como la soya cruda y la quinua sin desaponificar. Poseen como propiedades comunes: la alta capacidad de formación de espumas en soluciones acuosas, su actividad hemolítica, ser tóxicas para los peces y la formación de complejos con el colesterol. Las saponinas no se absorben en el intestino y por lo tanto afectan la absorción del zinc y el hierro (Buitrago, 1992).

Tienen influencia tóxica grande sobre el animal cuando está presente en altas cantidades (Mc Sweeney *et al*, 2003).

1.10.3 Alcaloides. Constituye un grupo muy heterogéneo de bases vegetales nitrogenadas. Estos son productos terminales del metabolismo del nitrógeno, se les asocia con la protección de la planta ante actos predatorios de insectos y herbívoros. Sin embargo, éstos producen daños internos como la cirrosis hepática, edema del peritoneo y distensión de la vesícula biliar (Cheeke, 1995).

1.10.4 Esteroles. Son alcoholes sólidos con C27 a C 29 átomos, de origen animal: colesterol, aunque reportado en algas rojas: coprosterol, o vegetal: fitosteroles, B-sitosterol, ergosterol, estigmasterol, cuyo esqueleto fundamental corresponde al ciclopentano perhidro fenantreno, común a todos los esteroides y una cadena lateral en la que pueden insertarse radicales metilo o etilo, particularmente en C-24. En los vegetales se pueden encontrar libres, como ésteres o como glicósidos

(esterolinas): el ipuranol (glicósido de B-sitosterol). Se han encontrado en todos los órganos de las plantas, principalmente en las semillas (Domínguez, 1973).

1.11 Generalidades del cuy (*Cavia porcellus*)

Clasificación zoológica (Ortegón y Morales, 1987)

Reino:	Animal
Phylum:	Chordata
Subphilum:	Vertebrata
Clase:	Mamífero
Subclase:	Theria
Infraclase:	Eutheria
Orden:	Rodentia
Suborden:	Histrichomorpha
Familia:	Cavidae
Género:	Cavia
Especie:	Porcellus

1.11.1 Alimentación

Para Chauca (1997), los pastos y forrajes constituyen el principal insumo de una producción familiar y comercial de cuyes. Su consumo depende de la frecuencia de suministro que debe ser mínimo de dos veces al día cuando no hay posibilidad de ofrecerlo en forma permanente, con lo cual se mejora notablemente los rendimientos productivos del cuy.

Un gazapo en su periodo de lactancia consume hasta 100 gramos de forraje verde. A las cuatro semanas de edad doblan esta cantidad (200 gramos) y los adultos consumen de 350 a 500 gramos, dependiendo de la temperatura del lugar, de la suplementación con concentrados y de la frecuencia de suministro.

Por otra parte la capacidad de ingestión es de un 30% de su peso vivo, variando además según la línea genética utilizada o el grado de mejoramiento.

Caycedo (2000), certifica que la alimentación y la nutrición son las actividades más importantes dentro de la producción de cuyes. Un buen balance de nutrientes para una dieta alimenticia es de gran importancia ya que conlleva a una producción satisfactoria y es importante conocer para que etapa de desarrollo, los cuyes necesitan determinados nutrientes, principalmente proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas; además del agua que es esencial para que el animal pueda sobrevivir. Siendo éste un animal herbívoro es importante ofrecerle una mezcla de gramíneas y leguminosas para obtener una mayor producción.

Como en las demás especies animales, la nutrición juega un papel importante, tal circunstancia se vuelve más decisiva a causa de que el cuy crece con más velocidad en relación con el peso de su cuerpo que los animales domésticos mayores y producen descendencia a más temprana edad. La alimentación constituye el factor determinante del éxito o fracaso económico de una producción de cuyes, en el que se fusionan los conocimientos científicos y prácticos, con la única finalidad de hacer más productiva esta especie a través del uso adecuado de los alimentos diversos, Aliaga (1993).

La alimentación suplementaria se utiliza para suplir deficiencias nutricionales que pueden presentar los pastos y forrajes que el cuy recibe como dieta básica. Este tipo de alimento es importante en el caso de escasez de pastos o cuando se trabaja con una población intensiva de animales. El alimento suplementario debe ser palatable, digerible, económico y de fácil adquisición y disponibilidad; además el cuy debe adaptarse a su consumo. La utilización de este alimento permite un crecimiento rápido, siendo posible obtener animales para el mercado desde las 10 semanas de edad, con pesos que superen los 1000 gramos, consiguiendo buenas rentabilidades por sus adecuados incrementos de peso. La conversión alimenticia

para para cuyes alimentados con pasto debe estar entre 8-12 y para cuyes alimentados con pasto + concentrado de 5-7. (Caycedo, 2004).

1.11.2 Fisiología Digestiva.

El cuy es un monogástrico herbívoro, realiza fermentación post gástrica con gran capacidad de consumo de forraje. Tiene un solo estómago, donde se lleva a cabo una digestión enzimática y además posee un ciego funcional muy desarrollado, con presencia de flora bacteriana, la cual es altamente predominante. Posee una serie de protozoarios, del tipo Entodinium, Diplodinium, Isotricha y Dasitricha. Las bacterias y los protozoarios son responsables de la fermentación de alimentos fibrosos (Caycedo, 1993).

Con respecto a la capacidad fermentativa del tracto digestivo, el cuy alcanza valores 46% en el ciego y 29% en colon, superiores al equino con 15% y al conejo con 43% en el ciego (Caycedo, 2000).

El sistema digestivo de los cuyes está formado de órganos capacitados para la recepción y digestión de los alimentos, su paso a través del cuerpo y la eliminación de las porciones no absorbidas. Se extiende desde los labios al ano y presenta las siguientes partes: Boca, faringe, tubo digestivo y órganos accesorios. El tubo digestivo se extiende desde la faringe hasta el ano, incluyendo los siguientes órganos: Esófago, estómago, intestino delgado (incluye: duodeno, yeyuno e íleon en ese orden de craneal a caudal), intestino grueso (se divide en: ciego, colon, recto) y finaliza en el ano (Romero y Ruiz, 2004).

1.11.3 Requerimientos nutricionales

Necesidades de proteína. Las proteínas y sus componentes, son nutrientes indispensables en el cuy para la formación del producto de concepción, para lograr

buenos pesos al nacimiento y destete, en su crecimiento y desarrollo, en la producción de leche y para alcanzar una buena fertilidad (Caycedo, 2000).

Con raciones de un 13 a 18% de proteína se logran óptimos resultados en el incremento de peso sobre las diferentes etapas de vida del cuy, como son las fases de crecimiento y engorde (Tabla 5).

Cuando los animales en crecimiento reciben proteína en niveles adecuados pero con baja digestibilidad, adicionalmente insuficiente cantidad de energía para mantenimiento, se reduce la formación tisular y al mismo tiempo gastan reservas de grasa afectando los parámetros de comportamiento en peso. (Mc Donald, 1999)

Tabla 5. Requerimientos nutritivos del cuy en diferentes etapas.

ETAPA	PROTEÍNA (%)	ENERGÍA DIGESTIBLE (Kcal./kg.)	CALCIO (%)	FÓSFORO (%)
Crecimiento	13-18	2.900	1.20	0.60
Engorde	13-18	2.900	1.20	0.60
Gestación	18-20	2.860	1.40	0.80
Lactancia	20-22	2.860	1.40	0.80

Fuente: Caycedo (2000)

Necesidades de fibra. Las raciones balanceadas deben contener un porcentaje de fibra no menor del 18 %. La importancia de un nivel adecuado de fibra en la ración no solo radica en el grado de digestibilidad, sino en el papel que cumple para lograr un adecuado funcionamiento del aparato digestivo, retardando el contenido alimenticio a través de éste (Chauca, 1994)

Por otra parte, la dieta del cuy requiere altos contenidos de fibra para un buen funcionamiento de su aparato digestivo. El ciego realiza fermentaciones bacterianas semejantes a las que suceden en el estómago de los rumiantes. El cuy tiene capacidad para digerir celulosa y hemicelulosa; a través de la flora

microbial, hay producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbial y síntesis de vitamina del complejo B (Caycedo, 2000).

Necesidades de energía. La energía es un factor esencial para los procesos vitales del cuy; cuando ésta ya alcanza los niveles de su requerimiento, el exceso se almacena en forma de grasa dentro del cuerpo del animal, éste debe constituir del 65 al 75% de nutrientes digestibles totales (NDT) del contenido total dentro de la ración; el cuy, a diferencia de los rumiantes, aprovecha mejor los alimentos energéticos debido a que realiza una fermentación en el intestino delgado y luego se realiza en el ciego y colon respectivamente (Aliaga, 1993).

Los menores incrementos de peso con mayor consumo de alimento en condiciones normales de salud de los animales, obedecen a la menor digestibilidad del alimento utilizado y menor aporte de nutrientes, especialmente el nivel energético del forraje, el cual, al no ser satisfecho por la dieta suplementaria, se manifiesta un menor rendimiento del animal. (Apráez, 2002).

Caycedo (2000) testifica que dietas con un balance sincronizado en cuanto a energía y proteína, precisan un mayor aprovechamiento en el tracto gastrointestinal del cuy, es decir, alimentos con mayor concentración de proteína degradable en función de la energía digestible muestran mayores digestibilidades que alimentos pobres proteica y energéticamente.

La relación energía proteína juega un papel decisivo en el comportamiento en peso de los animales, dicha relación debe estar acorde con la fase de crecimiento y el nivel de aprovechamiento de la fracción proteica y energética; es decir que a medida que la edad del animal avanza los requerimientos de proteína decrecen y los de energía incrementan, así mismo, en las fases iniciales de crecimiento la cantidad y calidad de la proteína aportada debe ser adecuada para contribuir a la formación tisular mientras que en fases de engorde y acabado son más notables los requerimientos energéticos. (Cheeke, 1995).

Conforme la relación energía proteína se hace más amplia, la digestibilidad de todos los nutrientes tiende a ser menor. Además, la digestibilidad puede quedar limitada por la falta de tiempo para la acción digestiva completa sobre las sustancias menos digeribles o por no ser completa su absorción debido a la carencia de elementos específicos como algunos aminoácidos que promueven la formación y crecimiento microbiano a nivel de ciego, (Maynard, 1981).

Necesidades de grasa. La grasa ejerce funciones importantes en el crecimiento de los animales, evitando la caída del pelo e inflamaciones de la piel. Para crecimiento y reproducción, los requerimientos son de 1 a 2%, los cuales se pueden cubrir con aceites vegetales (Caycedo, 2000).

Del mismo autor; la utilización de grasas o aceites en la dieta de los cuyes permite cubrir el requerimiento de ácidos grasos no saturados principalmente ácido linoleico que los cuyes no sintetizan, siendo fundamental el aporte de un 3 – 5% de grasa del total de la dieta dependiendo de la etapa de producción. Las fuentes vegetales que se pueden usar son aceite rojo de palma, aceite de soya.

La adición de grasa en la dieta además de permitir un crecimiento adecuado de los animales, da una buena textura al balanceado (harina) disminuyendo la polvosidad del mismo y evitando neumonías por aspiración. La falta o deficiencia de grasa en la dieta es una de las causas de dermatitis, úlceras en la piel y alopecia (Martínez, 2006).

Necesidades de agua. El agua es uno de los nutrientes esenciales más importantes, ya que constituye el mayor componente del organismo (70% del peso vivo), durante la gestación, lactancia y temperaturas altas, su consumo sube hasta un 25% del peso vivo (Martínez, 2006).

El agua actúa en muchas funciones del organismo, como componente de los tejidos corporales, solventes y transportadores de nutrientes dentro del cuerpo. El

tipo de alimento y clima determinan las necesidades de agua. Cuando el animal recibe dietas con alta proporción de alimento seco (concentrado y forraje maduro) y baja cantidad de pastos verdes, el suministro de agua debe ser mayor que cuando la dieta es solo con pastos. El cuy consume alimento en función de su tamaño y estado fisiológico, de la densidad energética de la ración y de la temperatura ambiental (Caycedo, 2000). Puede consumir de 100 a 150 ml de agua /kg de P.V/día, dependiendo del tipo de forraje (Delgado y Zambrano, 1994).

Necesidades de vitaminas y minerales. Para los cuyes, se mantiene una relación calcio fósforo de 2:1; considerando que son animales herbívoros mono gástricos, se debe cubrir el requerimiento de fosforo en base a fósforo disponible (Martínez, 2006). Un desbalance de estos minerales, produce una lenta velocidad de crecimiento, rigidez en las articulaciones por la alta incidencia de depósitos de sulfato de calcio en los tejidos blandos y elevada mortalidad (Aliaga 1993).

Los minerales son necesarios para la estructura corporal y los procesos fisiológicos normales del animal. Para crecimiento y engorde, el cuy necesita 1.20% de Ca y 0.60% de P, aunque Laredo (1988) habla de niveles de calcio entre 0,18% a 0,6% como satisfactorios para la mayoría de animales, Potasio no superiores al 0.8 % y azufre entre 0.14 y 0.2%. La deficiencia de magnesio predispone a los cuyes jóvenes a pérdidas de pelo, poco aumento de peso, poca coordinación muscular, endurecimiento o rigidez de los miembros posteriores, elevado contenido de fósforo en el suero y anemia (Maynard, Morris y O'Dell, citados por el NRC, 1978).

La vitamina C no es sintetizada por el organismo del cuy debido a la deficiencia de la enzima gulonolactasa oxidasa. La carencia de esta vitamina produce pérdida del apetito, disminución del crecimiento y parálisis de los miembros posteriores, el cuy necesita 200 mg por kilogramo de alimento, constituyéndose los pastos verdes como fuentes importantes de vitamina C (Caycedo, 2000).

2. DISEÑO METODOLOGICO

2.1 Localización

La investigación se llevó a cabo en la vereda Matarredonda, del municipio de Chachagüí, coordenadas: longitud oeste 77° 14' 37" y latitud norte 01° 16' 22" con una temperatura promedio de 18 °C, 1900 m.s.n.m., 900 mm de precipitación y humedad relativa de 87%. IDEAM (2011).

Esta zona está clasificada como Bosque sub-andino o sub-montano (TPH), nombre bajo el que se agrupa, a todos los bosques que se desarrollan entre 1000 y 2000 msnm, en las laderas de los Andes, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de la Macarena. No tienen estratos definidos y reúnen elementos de los bosques basales y de los montanos; presentan diferentes grados de estacionalidad dependiendo de los ciclos de lluvias, con materia orgánica acumulada en el suelo y productividad elevada, sobre todo los que tienen influencia de cenizas volcánicas. En estas áreas los bosques naturales han sido reemplazados por bosques para el sombrío del café, y se ha talado y quemado la vegetación para establecer cultivos y pastos. (Márquez, 2003).

2.2 Prueba agronómica

2.2.1 Área experimental

Se empleó un arreglo silvopastoril de pastura en callejones para corte y acarreo, utilizando dos lotes experimentales de 775 m² cada uno, cada lote se dividió en cinco bloques de 5 x 25 m. Dichos bloques se subdividieron en 4 parcelas de 25 m², para un total de 20 parcelas experimentales por lote. La distancia entre bloque y parcelas fue de un metro; en los arbustos la distancia de siembra fue de 2.5 metros.

2.2.2 Tratamientos. Se evaluaron ocho arreglos con cinco réplicas por tratamiento.

- T1 = *Axonopus scoparius*
 T2 = *Tripsacum andersonni*
 T3 = *Axonopus scoparius* + *Tithonia diversifolia*
 T4 = *Axonopus scoparius* + *Senegalia angustissima*
 T5 = *Axonopus scoparius*+ *Clibadium sp.*
 T6 = *Tripsacum andersonni* + *Tithonia diversifolia*
 T7 = *Tripsacum andersonni* + *Senegalia angustissima*
 T8 = *Tripsacum andersonni*+ *Clibadium sp.*

2.2.3 Diseño experimental y análisis estadístico

Para el análisis estadístico de dichas variables, se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela estaba constituida por la gramínea y la subparcela por el arreglo gramínea arbustiva (ver anexo A). Los datos se procesaron con el paquete estadístico SAS, versión 9.2. (SAS Institute, INC. 2008).

2.2.4 Modelo estadístico

$$y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \tau_k + (\alpha, \tau)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

y_{ijk} = Respuesta en el i ésimo bloque al i ésimo tratamiento.

μ = Media común a todas las observaciones

β_i = Efecto del i -ésimo bloque

α_j = Efecto de la j ésima gramínea. $J= 1,2$.

τ_k = Efecto de la k ésima especie $K= 1,2,3$.

$(\alpha, \tau)_{jk}$ = Efecto de la interacción del J ésimo nivel de gramínea con el K ésimo nivel de especie asociada.

ε_{ijk} = Error experimental asociado al i ésimo bloque con el j ésimo nivel de gramínea y el k ésimo nivel de especie asociada.

Para detectar diferencias estadísticas significativas ($p < 0.01$) se llevó a cabo la prueba de comparación múltiple, mediante el análisis de Tukey, para recomendar el o los mejores tratamientos.

2.3 Variables a evaluar. Bajo el modelo antes indicado, se realizó el análisis de varianza para las siguientes variables:

2.3.1 Producción agronómica

Producción de biomasa seca. Se determinó por medio de análisis proximal de Weende según la metodología descrita por AOAC (1995).

Índice de Área foliar (IAF). Para el cálculo de esta variable se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Bernal (1994), según la cual de las hojas intermedias se debe tomar un centímetro y pesarlo y con base en la producción de biomasa y la relación hoja- tallo calcular el índice. El IAF es un indicador que se define como la sumatoria de la superficie de tejidos fotosintéticamente activos (hojas, lígulas, tallos) existentes por unidad de superficie del terreno. A partir de allí numerosos investigadores han puesto de manifiesto la estrecha relación que une al IAF con la productividad de los cultivos, Sastre, *et al* (1990)

Altura de Plantas. Se midió la longitud de las plantas desde el cuello de la raíz hasta la punta de la hoja más larga, cada quince días.

Profundidad radicular. La medición se realizó excavando el perfil del suelo en forma perpendicular hasta encontrar las puntas de las raíces más profundas.

Periodo de recuperación. Esta variable se determinó teniendo en cuenta el estado “abanderado” del pasto, de acuerdo con lo recomendado por Peña (1995).

2.3.2 Dasometría.

Las variables evaluadas fueron:

Altura total: Se tomaron registros del componente arbóreo cada quince días, las mediciones se hicieron desde la base del tallo o cuello de la raíz hasta la yema terminal.

Diámetro del tallo: A partir de la siembra se tomaron regularmente mediciones cada dos meses, utilizando pie de rey.

Diámetro de copa: Mediciones bimestrales con cinta métrica.

Rebrotos: Se contó el número de rebrotos dos semanas después de cada poda.

Se estimaron los siguientes parámetros:

Porcentaje de sobrevivencia de los arbustos. Se contaron los arbustos sembrados y aquellos que sobrevivieron al final de la evaluación con la siguiente formula.

Número total arbustos finales

$\% \text{ Sobrevivencia} = \frac{\text{Número total arbustos finales} \times 100}{\text{Número total arbustos iniciales}}$

Profundidad Radicular: Con cinta métrica

Fenología: Observaciones y seguimiento de las especies a lo largo de todo el periodo del estudio.

2.3.3 Variables edáficas

Se determinaron mediante dos muestreos, el primero antes de la introducción de las especies arbustivas a la pradera y el segundo al finalizar el experimento.

2.3.3.1 Química de suelos

Las características químicas y físicas se determinaron siguiendo las metodologías reportadas por Unigarro, *et al* (2009) de la siguiente manera:

- pH: método potenciométrico, relación 1:1
- Materia orgánica: por oxidación con dicromato de potasio y Walkley Black colorimétrico.
- Nitrógeno total: se calculará con base en la materia orgánica mediante la fórmula: $\%N = 0.014497 + 0.044757 (\% \text{materia orgánica}) - 0.000597 (\% \text{materia orgánica})^2$
- Fósforo disponible: por el método de Bray II y Kurtz.
- Potasio de cambio: mediante el método del acetato de amonio 1N a pH neutro y absorción atómica.
- Nitratos y nitritos: por el método del ácido cromotrópico y colorimétrico.

2.3.3.2 Física de suelos

- Densidad aparente: por el método del cilindro graduado
- Densidad real: por el método del picnómetro
- Porosidad total: se determinará teniendo en cuenta la relación:
Porosidad = $100 (1 - \text{densidad aparente}/\text{densidad real})$.
- Capacidad de campo: por el método de columnas de Chapingo

2.4 Toma de muestras

De Forraje. Apréez (1994), se realizaron cortando una muestra al azar de cada réplica. El forraje cortado fue pesado, empacado en bolsas de papel y rotulado; previa determinación de altura de la planta e índice de área foliar. Se llevaron las muestras a estufa y posteriormente a campana de desecación hasta peso constante, se determinó el peso, se molió y empaco en recipientes de vidrio debidamente rotulados.

2.5 Valoración Bromatológica

AOAC (1995). Se realizó mediante análisis proximal de Weende para materia seca, fibra cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno y ceniza; de Kedjhal para proteína y de Van Soest para fibra (FDN, FDA, hemicelulosa y celulosa), la energía bruta se determinó por el método del calorímetro adiabático.

2.6 Equipos. La preparación inicial de la pradera incluyó el corte de la gramínea y la escarificación de callejones para colocar en ellos las especies a evaluar.

2.7 PRUEBA DE COMPORTAMIENTO

2.7.1 Animales. Se emplearon 128 animales machos destetos con un peso promedio de 300 g.

2.7.2 Plan sanitario

Previo a la iniciación de la etapa experimental las instalaciones y las jaulas fueron desinfectadas con un producto comercial a base de yodo, la desparasitación interna y externa de los animales se realizó con un producto comercial, Ivermectina 1%, en dosis de 0.2 ml/kg P.V vía subcutánea.

2.7.3 Instalaciones y equipos

Se utilizó un galpón con una área de 60 m², piso en concreto, muros en orillos y techo de zinc, iluminación natural y artificial con ventanas laterales y bombillas. Se emplearon 32 jaulas de 1m de largo, 0.50m de ancho y 0.60m de alto, se colocaron 4 animales por jaula.

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

Baldes

Lamina de zinc

Gramera electrónica con capacidad desde 0.1 a 5000 g y sensibilidad de 1 g.

Comederos plásticos para el suplemento

Implementos de aseo y lavado (desinfección de pisos y jaulas)

2.7.4 Alimentación

La alimentación base estuvo constituida por la biomasa proveniente de los diferentes arreglos descritos a continuación, y se ofreció a voluntad. En el caso de los tratamientos testigo, la base alimentaria fueron las gramíneas, más un concentrado comercial con la siguiente composición (Tabla 6), el cual se suministró en cantidades crecientes desde el inicio del experimento, comenzando con 5 hasta 20 g/animal/día en la fase de levante y 30 g en la etapa de engorde.

El alimento se dispuso dos veces al día (mañana y tarde), además se pesó el rechazado una vez por día para determinar el consumo efectivo.

Tabla 6. Análisis bromatológico del suplemento

Componente		%
Materia seca		97
Proteína	mínimo	19
Grasa	mínimo	2.5
Fibra	máximo	14
Cenizas	máximo	10
Energía (%NDT)		68.43
E.L.N		54.5

Concentrados S.A. (2011), Reg. ICA 6815 AL

2.7.5 Tratamientos.

Los tratamientos o dietas experimentales fueron:

- T1 = *Axonopus scoparius* + Concentrado comercial
- T2 = *Tripsacum andersonni* Concentrado comercial
- T3 = *Axonopus scoparius* + *Tithonia diversifolia*
- T4 = *Axonopus scoparius* + *Senegalia angustissima*
- T5 = *Axonopus scoparius* + *Clibadium* sp.
- T6 = *Tripsacum andersonni* + *Tithonia diversifolia*
- T7 = *Tripsacum andersonni* + *Senegalia angustissima*
- T8 = *Tripsacum andersonni* + *Clibadium* sp.

Se realizó el análisis bromatológico a cada uno de los tratamientos.

2.7.6 Diseño Experimental y análisis estadístico

Se aplicó un diseño irrestrictamente al azar (DIA), con ocho tratamientos con cuatro replicas por tratamiento, cada replica conformada por cuatro cuyes machos para un total de 128 animales. Este modelo implico que cada uno de los tratamientos tuvo las mismas condiciones ambientales y homogeneidad en los animales. Para evaluar los distintos tratamientos se realizaron los respectivos análisis de varianza, para las variables, consumo de alimento, incremento de peso y conversión alimenticia. Así mismo, las pruebas de significancia de Tuckey para determinar el mejor tratamiento.

El modelo estadístico que se aplicó fue el siguiente:

$Y_{ij} = u + T_j + E_{ij}$ Donde

Y_{ij} = Respuesta de la unidad experimental i que recibe el tratamiento j .

u = Media general del experimento.

T_j = Efecto del tratamiento.

E_{ij} = Variación debida a factores no controlados es decir el error experimental para un número igual de réplicas.

Los datos se procesaron con el paquete estadístico SAS, versión 9.2. (SAS Institute, INC. 2008).

2.7.8 Variables que se evaluaron

Consumo de alimento. Se determinó diariamente, por la diferencia entre la cantidad de alimento ofrecido y la cantidad rechazada en las réplicas de cada tratamiento para forraje.

Incremento de peso. Se registró el peso inicial de los animales y posteriormente se llevó control quincenal, determinándose el incremento hasta finalizar el experimento (3 meses).

Conversión alimenticia. Con la siguiente relación:

CA= Consumo de alimento/incremento de peso

Mortalidad. Se determinó relacionando el número inicial y final de animales en cada uno de los tratamientos.

2.8 Análisis parcial de costos. Se adoptó la metodología sugerida por Cino y De Armas (1996) en el manual de Metodología para la evaluación económica de proyectos de investigación agropecuaria.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados que a continuación se presentan fueron obtenidos de la implantación de los arreglos silvopastoriles iniciada en octubre de 2010 y su seguimiento durante cuatro cortes sucesivos desde abril de 2011, hasta mediados de 2012. El prolongado periodo de este ensayo, fue causado por el desconocimiento que se tenía de la fenología en las especies *Clibadium sp* y *Sennegalia angustissima*, pues no existen estudios que hayan evaluado su comportamiento agronómico o dasométrico y que sirvan como referente para prever al menos algunos resultados.

3.1 Producción Agronómica

3.1.1 Producción de biomasa seca (MS)

Los resultados de este indicador corresponden al material vegetal cosechado tanto de la gramínea como de la arbustiva y se consignan en la Tabla 7, en ella se observa que los arreglos con *T. andersonni* produjeron mayor ($p < 0,01$) cantidad de biomasa (0,88 a 1,44 kgMS/m²) que los de *A. scoparius* (0,66 a 0,98 kgMS/m²), resultado que obedeció fundamentalmente a la diferencia en el contenido de MS de las dos gramíneas (26,2 y 15,1%), pues los porcentajes de MS en las arbustivas, no obstante ser diferentes, incidieron de manera marginal sobre el total de biomasa en razón a la cantidad cosechada en cada tratamiento (Anexo B); de allí que resulte obvia la diferencia encontrada y permita asegurar que para lograr una mayor aportación del componente arbustivo, se amplíe el tiempo de estudio pues dos años resultaron insuficientes para valorar las potencialidades de cada una de las especies asociadas en clima medio y transición.

Tabla 7. Producción Agronómica

Tratamiento	Biomasa MS ¹	Altura ¹	I.A.F ¹	P. Raíz	P. R. ¹
T1	0.66 cd	89.84c	12.43cf	27.31 a	149.5a
T2	0.99 b	114.25ab	11.42f	31.04 a	139.09b
T3	0.81 b	101.11b	20.55a	28.23 a	
T4	0.81 b	92.52 c	15.04cde	29.89 a	
T5	0.98 ab	101.54b	18.17ab	26.56 a	
T6	1.29 a	114.20ab	14.66ce	30.56 a	
T7	0.88 b	109.43ab	10.03f	29.99 a	
T8	1.44 a	116.05ab	16.40bde	30.99 a	

¹Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ($p < 0,01$) entre tratamientos. Biomasa MS (kg/m²), Altura (cm), I.A.F: Índice de área foliar (m²/m²), P. Raíz: Profundidad de raíz (cm), P.R: Periodo de recuperación (días)

En este sentido, Botero (2009) menciona que el componente arbustivo, no sólo aumenta el contenido de materia orgánica sino que recicla minerales del subsuelo, hecho que incrementa la fertilidad. El mejoramiento del ecosistema que se obtiene en los SSP es a largo plazo y puede compensar hasta cierto punto, la reducción en luminosidad que produce el árbol en el pasto, dando como resultado un aumento de producción.

Las anteriores consideraciones permiten reflexionar que si la biomasa es un indicador de gran importancia, cabe resaltar que la producción de material vegetal fue menor en los arreglos con *A. scoparius* pero los contenidos de nutrientes como proteína y energía fueron mayores, y menores los de FDA y lignina (ver Tablas 15 y 17), los cuales tuvieron una repercusión importante en el comportamiento animal, como se detallará más adelante, al respecto Estrada (2001), manifiesta que los pastos que crecen a plena exposición solar tienen más fibra y menor contenido de proteína, en comparación con los pastos que crecen con cierto grado de sombra producida por árboles, y cuando se utilizan AFN, como las

leguminosas, la calidad del pasto es mejor y la producción de biomasa total es mayor.

Para Febles *et al* (2008), bajo condiciones de sombra se produce una mayor mineralización de la materia orgánica, lo que incrementa la concentración del nitrógeno y, por tanto, el contenido de proteína bruta de las gramíneas asociadas a las especies arbóreas. Este valor puede llegar a 10-14%, similar a cuando se emplean dosis de entre 50 y 300 kg de N/ha/año.

Otro elemento importante que incide directamente en la producción de biomasa es el crecimiento radicular, puesto que a medida que la raíz crece se ubica en estratos de suelo en los que encuentran nutrientes disponibles para la planta; la cantidad de nutrientes que intercepta en forma directa, se encuentra relacionada con la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo ocupado por la raíz y el porcentaje de suelo explorado por la misma, que está en relación directa con su morfología (Bernal y Espinosa, 2003).

3.1.2 Índice de área foliar (IAF) de las gramíneas

La tabla 7 contiene los valores de este parámetro que resultaron diferentes ($p < 0,01$) entre los tratamientos evaluados, donde se destaca la divergencia de este indicador con la producción de biomasa seca que se mencionó antes. No obstante, la superioridad encontrada en los lotes de *A. scoparius* (12,4 a 20,5) es atribuible al crecimiento acelerado de esta especie, en especial en aquellas épocas en que la pastura dispone de más agua para desarrollar sus procesos metabólicos, lo que se reflejó en su contenido de humedad, aunque ello pueda implicar limitaciones de disponibilidad de forraje en épocas secas, ya que las variaciones encontradas en los tratamientos con la misma gramínea así lo indican (Ver Anexo B).

La relación discrepante con la producción de biomasa que mostro este indicador permite asegurar que el peso específico del componente foliar juega un papel

preponderante en el rendimiento de una planta, con lo que se puede argüir que ello radica en la fisiología de cada especie para realizar los procesos de generación de sus tejidos y estructuras; en conexión con este argumento Sastre *et al* (1990) testifica que el IAF es un indicador que se define como la sumatoria de la superficie de tejidos fotosintéticamente activos (hojas, lígulas, tallos) existentes por unidad de superficie del terreno. A partir de allí numerosos investigadores han puesto de manifiesto la estrecha relación que une al IAF con la productividad de los cultivos.

Otro aspecto que no se puede dejar pasar, es el hallazgo observado en las asociaciones con *Clibadium sp* y *Tithonia diversifolia*, en que las gramíneas obtuvieron los mayores IAF; los beneficios de tales policultivos pueden estar relacionados con la ya conocida simbiosis del botón con micorrizas; a propósito CIPAV (2004) señala que esta especie tiene altos tenores de fósforo, gran volumen radicular, habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo, adicionalmente Estrada (2001) complementa, que los Árboles y arbustos absorben nutrientes de capas profundas del suelo y los traen a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio.

De *Clibadium sp* a pesar de pertenecer a la misma familia que *T. diversifolia* (Asteraceae), se desconoce su asociación con micorrizas u otro tipo de microorganismos que puedan aportar al sistema y por ende la necesidad de continuar con la investigación de esta especie.

3.1.3 Altura de planta

La tabla 7 contiene los resultados de esta variable en las gramíneas, en ella se observan diferencias ($p < 0,01$) que al igual que en la producción de biomasa, los tratamientos con *T. andersonni*, alcanzaron las mayores alturas (109,43 a 116,05 cm), efecto atribuible a la condición fisiológica de dicha especie, aunque estos

datos resultaron inferiores a los reportados por Bernal (1994), quien argumenta que en condiciones favorables puede crecer de 2.5 a 3.0 m. mientras que *A. scoparius* creció en promedio entre 89,84 a 101 cm, datos igualmente menores a los indicados por Salamanca (1990), quien sostiene que este pasto puede alcanzar alturas de 1.50 m o más, con numerosos tallos frondosos, sólidos y succulentos; es el principal pasto de corte que se produce en las zonas cafeteras colombianas.

Por el tiempo transcurrido del experimento, es improbable asegurar que pudo haber existido un efecto significativo de las arbustivas asociadas sobre este indicador, pues como se planteó antes, el crecimiento obtenido en estas durante los dos años de implantación, quizá resultó insuficiente para lograr resultados reveladores sobre el ciclo fotosintético de las gramíneas, ya que el sombrero era insipiente como para alterarlo, y así comprobar lo propuesto por Estrada (2001), que las plantas desarrolladas bajo los árboles disponen de menores cantidades de luz, con frecuencia no satisfacen sus necesidades para una óptima producción, esto difiere según las especies, las que se conocen como C₄, tipo metabólico al que pertenecen la gran mayoría de gramíneas tropicales.

31.4. Profundidad radicular

La tabla 7 contiene los resultados de este indicador en el que no se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0,01$) entre las gramíneas y el crecimiento de las raíces fue considerado normal ya que la longitud máxima encontrada no superó los 35 cm, este tipo de plantas solo exploran mantos superficiales del suelo, argumento corroborado por Estrada (2001), el sistema de raíces en las gramíneas no es muy profundo, pero es denso y finamente ramificado, este grupo de plantas se encuentra entre las que mejor aprovechan el agua.

3.1.5 Periodo de recuperación

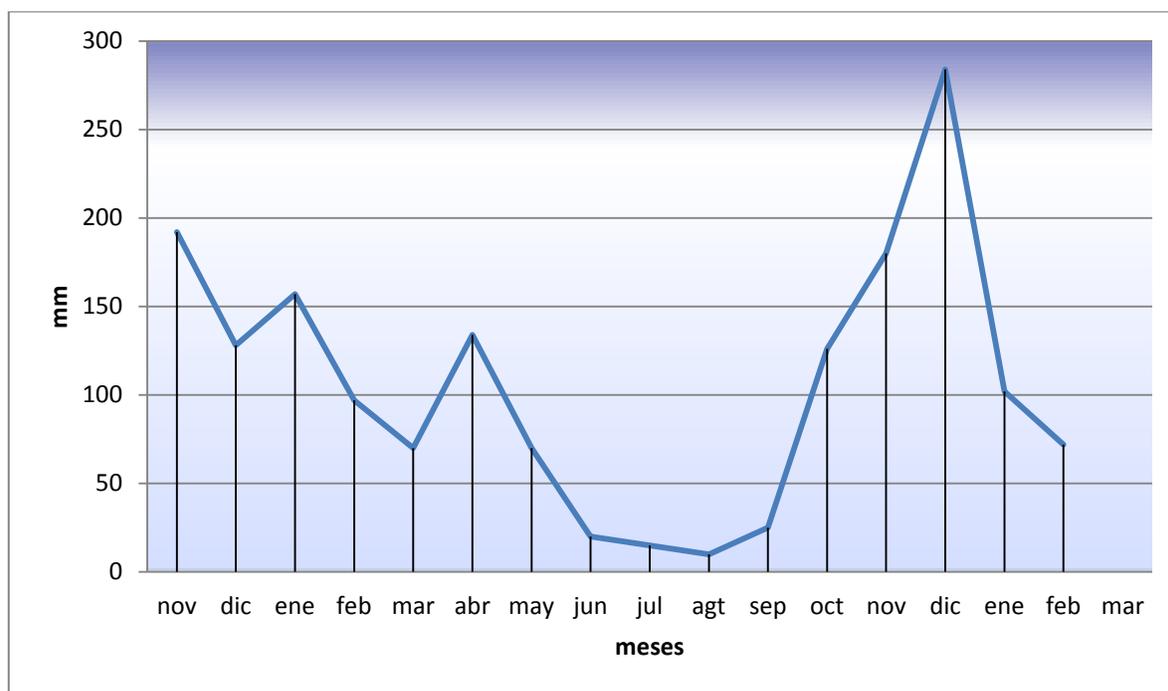
Dadas las características del ensayo, el periodo de recuperación se determinó y comparó entre las dos parcelas grandes, en virtud a que en el mismo día se hacia

el corte en todas las réplicas y solo las condiciones edafoclimáticas fueron decisivas sobre este indicador.

Los resultados fueron mejores ($p < 0,01$) en *T. andersonni*, con 139 días, para *A. scoparius* fue 10 días mayor; estos tiempos resultan mayores que los reportados por Salamanca (1990) quien respecto a *T. andersonni*, recomienda cosecharlo tierno, cuando tenga aproximadamente 1.50 m de altura para obtener mayor número de cortes al año y forraje de mejor calidad, el intervalo de cortes puede ser entre 6 y 12 semanas, de acuerdo con fertilidad de suelo y humedad disponible y para *A. scoparius* cortar a ras cuando se encuentra en estado de prefloración obteniéndose así entre 3 y 4 cortes por año en clima medio.

Los periodos de recuperación más prolongados coincidieron con las épocas secas (julio- septiembre y diciembre-marzo), ver gráfica 1 y la diferencia entre las dos especies no fue marcada.

Figura 1. Curva de precipitación mensual (mm)



Fuente: Esta investigación

3.2 Variables Dasométricas

3.2.1 Altura

Los resultados se visualizan en la Tabla 8. La altura alcanzada por los arbustos en los dos años de experimentación mostró diferencias ($p < 0,01$) entre ellas, donde se destacaron *T. diversifolia* y *Senegalia angustissima* que superaron el metro de altura, *Clibadium sp* tuvo un crecimiento significativamente menor en este indicador. No obstante, la altura de las plantas puede tener implicaciones en la producción de biomasa, en este caso, no hubo tal correspondencia ya que *Clibadium sp*, presentó mayor ramificación y crecimiento lateral que incrementó la biomasa cosechada, al respecto Gálvez (2007) expone que esta especie responde bien en suelos con pH bajo y de características arenosas y respecto a *S. angustissima* se sabe que en condiciones favorables, puede crecer hasta una altura de 5 metros y 6 cm de diámetro en dos años y medio.

Tabla 8. Variables Dasométricas

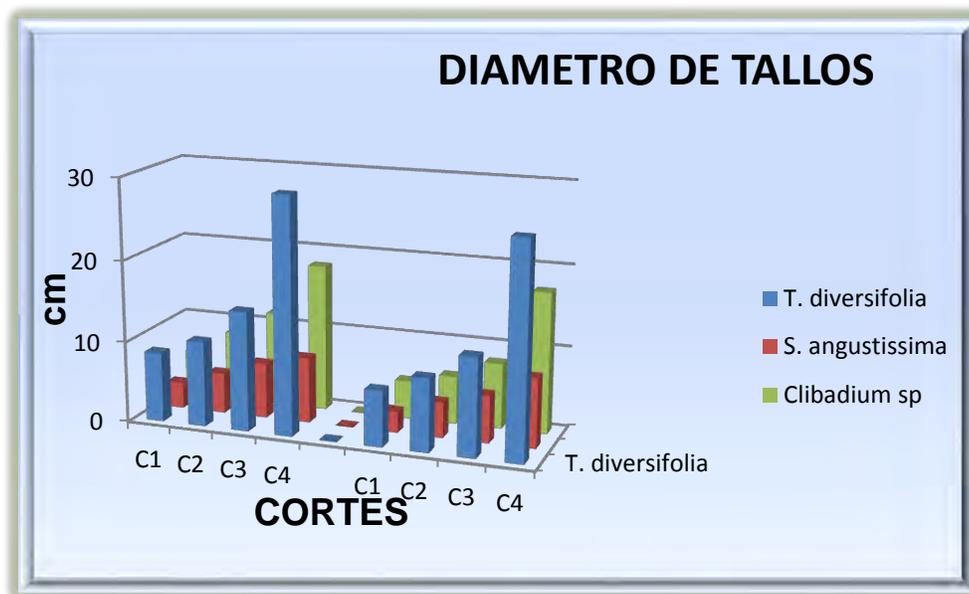
Tratamiento	Altura ¹	D.C ¹	Rebrotos ¹	P.R
T3	99.37 a	85.51 bc	17.70 b	34a
T4	102.69 a	79.89 c	10.01 c	37a
T5	81.05 b	58.25 d	15.00 b	31a
T6	107.70 a	123.27a	25.65 a	34a
T7	108.65 a	77.33 c	13.41 bc	29a
T8	82.85 b	98.61b	17.00 b	30.33a

¹Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ($p < 0,01$) entre tratamientos. Altura (cm), D.C: Diámetro de copa (cm), Rebrotos (número total), P.R: Profundidad radicular (cm).

3.2.2 Diámetro de tallo

La siguiente gráfica demuestra el comportamiento de las arbustivas a lo largo de los cuatro cortes, en los dos lotes es clara la ventaja de *T. diversifolia* sobre las demás especies, seguramente por ser una de las más adaptadas a la zona y presentar características que le facilitan su desarrollo.

Figura 2. Diámetro de tallos



Fuente: Esta investigación

3.2.3 Diámetro de copa

La tabla 8 contiene los resultados de esta variable, la cual reveló diferencias muy marcadas ($p < 0,01$) entre las arbustivas en las distintas asociaciones, en ellas se pudo observar un mayor diámetro (123,27 cm) en *T. diversifolia* asociada con *T. andersonni* y menor (85,51m) con *A. scoparius*. La gran adaptabilidad de esta especie a diferentes climas y suelos con seguridad favorecieron su crecimiento, puesto que se desarrolla en climas con temperaturas desde 10 hasta 30°C, alturas

entre 0 y 2.600 msnm. En suelos de neutros a ácidos y desde fértiles hasta muy pobres en nutrientes (Rios y Salazar, 1992).

S. angustissima y *Clibadium sp*, no obstante ser de crecimiento espontáneo en la zona de estudio, tuvieron un crecimiento de copa inferior, quizá por la morfología propia de estas plantas o por que las condiciones de clima y suelo no fueron las más apropiadas para un mejor desarrollo, a pesar de que *Clibadium sp*, responde bien en suelos con pH bajo y características arenosas (Gálvez, 2007). Al no existir estudios previos sobre estas arbustivas, resulta imposible confrontar y se deben considerar estos resultados como exploratorios y continuar investigando.

3.2.4 Rebrotos

Los resultados se resumen en la Tabla 8, la mayor cantidad de rebrotos ($p < 0,01$) de *T. diversifolia* confirman lo antes dicho, puesto que el surgimiento de rebrotos es una demostración clara del vigor de una planta o al menos de la adaptación de ella a las condiciones suministradas; para el caso, esto ratifica la rusticidad y facilidad de adaptación de esta especie a distintas condiciones edafoclimáticas, (CIPAV 2004) reseña que esta arbustiva tiene altos tenores de fósforo, gran volumen radicular, habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo y amplio rango de adaptación. Tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo, es muy rústica y puede soportar la quema y la poda a nivel del suelo.

De manera similar que en el indicador anterior, *S. angustissima* y *Clibadium sp* tuvieron menor número de rebrotos, significando con ello que, o bien el medio en que se implantaron no cumplía con las condiciones requeridas por estas plantas, o que por sus características fisiológicas, este desempeño es normal en ellas.

3.2.5 Supervivencia

La Tabla 9 presenta los datos referentes a este parámetro. Se puede apreciar que la supervivencia fue alta para las tres arbustivas, destacándose *S. angustissima* por no tener pérdidas en todo el tiempo de estudio.

Tabla 9. Supervivencia de las arbustivas *Clibadium sp*, *T. diversifolia* y *S. angustissima*.

Especie	No. Inicial	Pérdidas	%
<i>Clibadium sp</i>	90	10	88.89
<i>T. diversifolia</i>	90	12	86.67
<i>S. angustissima</i>	90	0	100
TOTAL	270	22	

Fuente: Esta investigación

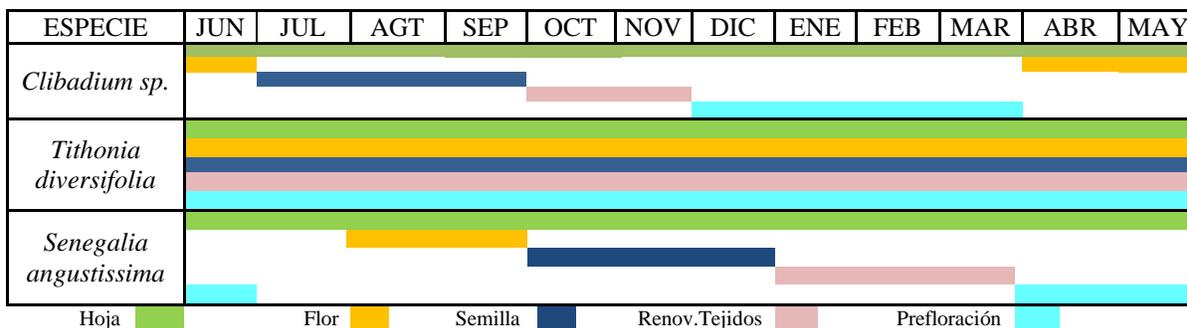
3.2.6 Profundidad radicular

Los resultados de este indicador no revelaron diferencias ($P > 0,01$) entre ellos, no obstante por tratarse de especies diferentes, era previsible que al menos en *S. angustissima* por ser una leguminosa, su raíz debería haber explorado horizontes más profundos, pero no fue así, quizá la presencia de un perfil duro del suelo, pudo limitar su crecimiento vertical, que se vio compensado con la elongación de las raíces hacia los lados, longitud que sobrepasó los 2 metros.

3.2.7 Fenología

En la figura 3 se visualiza claramente el comportamiento fenológico de las tres arbustivas. *T. diversifolia* por todas sus características tratadas en puntos anteriores, presenta las cinco fases durante todo el año. *S. angustissima* tiene un periodo de nueve meses, presencia de hojas permanente y los demás estados fenológicos tienen una duración de tres meses. En *Clibadium sp*, se observa que el periodo más duradero es prefloración (4 meses), y el más corto (2), renovación de tejidos, al igual que las anteriores tiene presencia de hoja todo el tiempo

Figura 3. Fenología de las especies *Clibadium sp*, *T. diversifolia* y *S. angustissima*.



Fuente: Esta investigación

3.3 Variables edáficas

3.3.1 Química de suelos

Las tablas 10 y 11 resumen los resultados de los análisis de suelos realizados antes (octubre 2010) y después (enero 2013) de la implantación de los arreglos silvopastoriles y en virtud a la pendiente del terreno, la discusión hará referencia a parte alta y baja del lote experimental.

pH. Antes de iniciar el estudio, se observaron tenores de 5,2 en la parte alta y 4,9 en la parte baja, que resultan ser muy ácidos y con limitaciones para la mayoría de cultivos especialmente por la posible toxicidad de Al, Fe y Mn y deficitarios en N, P, Ca y Mg. Estrada (2001). Dos años después de implantados los arreglos, se determinó un incremento notorio y proporcional en el pH, en ambas zonas del terreno y en todas las parcelas asociadas con los arbustos, llegando hasta 5,93 en la cabecera y 5,69 en la base; las variaciones entre los distintos arreglos fueron muy pequeñas.

Tabla 10. Análisis de suelos previo al ensayo

Parámetros químicos	Unidad de medida	Parte alta	Parte baja
pH		5.2	4.9
MO	%	7.3	6.6
Fosforo disponible	mg/kg	4.71	5.13
Potasio	cmolcarga/kg	0.442	0.156
Nitrógeno total	%	0.28	0.25
Carbono orgánico	%	4.24	3.81
Nitratos	mg/kg	<2	<2
Parámetros físicos			
Densidad Aparente	g/cc	0.92	0.85
Densidad Real	g/cc	2.39	2.44
Porosidad	%	61.5	65.3
Capacidad de Campo	%	27.1	31.0

Fuente: Laboratorio de suelos e insumos agrícolas. Universidad de Nariño

Tabla 11. Análisis de suelos posterior al ensayo

P. químicos	Unidad	C. sp		T.d		S.a	
		p.a	p.b	p.a	p.b	p.a	p.b.
pH		5.83	5.52	5.91	5.47	5.93	5.69
MO	%	2.96	3.03	2.92	3.86	2.92	3.42
P	mg/kg	2.66	2.46	2.46	3.25	2.98	3.27
K	cmolcarga/kg	0.32	0.16	0.38	0.06	1.11	0.16
N	%	0.11	0.11	0.11	0.15	0.11	0.13
CO	%	1.71	1.76	1.69	2.24	1.69	1.99
Nitratos	mg/kg						
Parámetros físicos							
D.A	g/c	1.08	1.05	0.99	1.09	1.05	0.93
D. R	g/cc	2.51	2.42	2.47	2.42	2.39	2.38
Porosidad	%	56.8	56.6	60	54.8	56	61.2
C.C	%						

Fuente: Laboratorio de suelos e insumos agrícolas. Universidad de Nariño

Cabe resaltar que no se aplicó enmienda o fertilizante alguno, ni tampoco se realizaron labores culturales diferentes a los cortes que pudieran justificar los resultados, razón por la cual los cambios observados pueden explicarse, principalmente porque en regiones donde existe déficit neto de agua en el perfil del suelo, el movimiento hídrico se da hacia arriba de la zona de meteorización, aunque la distribución estacional de lluvias, determinó, que en parte del año hubo suficiente agua para el lavado de iones. Sin embargo al predominar el ascenso capilar y la evaporación, se dará el movimiento de agua con los iones Na^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , HCO_3^- , CO_3^{-2} , SO_4^{-2} y Cl^- hacia arriba, donde el HCO_3^- , CO_3^{-2} tienen hidrólisis alcalina confiriéndole un pH alto donde estén presentes. Demolón (1995).

Materia orgánica (MO). Inicialmente la cantidad de MO fue mayor en la parte alta (7,3%) que en la baja (6,6%), datos pueden catalogarse como altos para este tipo de clima; debido a su aporte de N, P, S y algunos elementos menores, mejora algunas propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad amortiguadora e influencia la capacidad de intercambio catiónico.

La implantación de los arreglos dio como resultado una reducción sustancial en la MO, de casi 4%, más acentuada en la parte alta que en la baja. Las razones de este evento pueden ser muchas, pero en este caso, es posible atribuirlo a la extracción que hicieron las plantas sembradas en las parcelas, producto de la dinámica de mineralización en el suelo que generó una gran producción de forraje, el cual extrajo gran cantidad de nutrientes que no se restituyeron. Al respecto Garavito (1999), declara que los contenidos de materia orgánica mayores a 11.10% se consideran en un nivel muy alto. La cobertura vegetal, es de vital importancia, ya que al incorporarse al suelo en forma de materia orgánica se constituye en la fracción más activa y dinámica del suelo, incrementando su potencial productivo y mejorando su actividad biológica. La inclinación del terreno, sumado a las torrenciales lluvias presentadas en el tiempo de experimentación, pudieron tener alguna responsabilidad en la pérdida de MO observada. La materia orgánica adicionada, modera además las reacciones del suelo extremas

(pH) y la consecuente disponibilidad de nutrientes esenciales y elementos tóxicos, Altieri (1997).

Fosforo (P). La cantidad disponible de este elemento antes de la implantación de los arreglos fue de 4,71 mg/kg en la parte alta y 5,13 mg/kg en la baja, los cuales se consideran bajos, pues es bien conocido su importante papel en la fisiología y metabolismo vegetal, lo que lo convierte en un elemento crítico en los suelos. Lo realmente destacable es la magnitud de la reducción que se observó después de los dos años del trabajo, en el que los valores mermaron en aproximadamente 2 mg/kg en ambos sectores del lote experimental y con todos los arreglos, Lo que hace presumir que la causa de ello fue la extracción de la biomasa cosechada del sistema, pues como bien se sabe, las principales vías de pérdida de fósforo del son: la remoción por la planta (5 a 60 kg/ha año en la biomasa cosechada), la erosión de las partículas de suelo que arrastran fósforo (0,1 a 10 kg/ha año en partículas minerales y orgánicas), y el fósforo disuelto en el agua de escurrimiento superficial (0,01 a 3 kg/ha año). Guerrero (1980).

Potasio de cambio. Inicialmente las cantidades de este elemento fueron muy diferentes entre la parte alta 0,44 meq/100g y 0,15 meq/100g en la parte baja del terreno. El establecimiento de los sistemas silvopastoriles, generó una extracción del mineral en la parte alta y por ende una reducción de este en el suelo, salvo en los arreglos con *S. angustissima*, en donde prácticamente se triplicó su contenido, lo que permite suponer que el sistema radicular de la arbustiva extrajo el K de horizontes profundos hacia los superficiales o que hubo un acenso capilar de este mineral por el fenómeno ya descrito en el acápite de pH. Relacionado a lo anterior, Gómez (2006), legitima que los niveles críticos de potasio en el suelo están entre 0,15 a 0,30 meq/100g, nivel medio 0,30 y mayor de este se considera como nivel alto.

En los casos en los que se observaron reducciones, se puede argüir que el K aprovechable del suelo, procedente de la solubilización de los minerales, de la materia orgánica; puede sustraerse por medio de cuatro procesos, que son: 1.-

Absorción por las plantas. Esta es proporcional a su contenido en forma aprovechable en el suelo, 2.- Lixiviación.- Es su pérdida a capas inferiores en el perfil del suelo, 3.- Fijación o 4.- Erosión. (González, *et al* 1991)

Nitrógeno total (NT). Los porcentajes de este componente se consideran altos y también mostraron diferencias entre los lugares de muestreo al comienzo del trabajo, en la parte alta fue de 0,28% y en la parte baja 0,25%, cantidad que se redujo en más de un 50% en todas las parcelas, hecho que se puede explicar por la extracción de la biomasa que se cosechó de los arreglos, sin que se haya realizado aportación alguna o por volatilización del nitrógeno como NH_4 . Referente a lo anterior Urbano (1996) señala que el contenido de nitrógeno total en los suelos presenta un rango entre 0.2 y 0.7 % en la capa arable, disminuyendo el porcentaje con la profundidad del perfil. Este porcentaje está relacionado con el contenido de materia orgánica del suelo. Por lo general la fracción orgánica representa entre un 85 y 95 % del nitrógeno total, correspondiéndole a la fracción inorgánica un rango del 15 al 5 %.

Las menores reducciones del NT se observaron en las asociaciones con *T. diversifolia* y *S. angustissima*, hecho que amerita investigar si es que estas dos especies tienen alguna actividad asociada a rizobacterias o que tan solo se deba al menor grado de extracción del mineral por estas plantas. Estudios han demostrado que la inclusión de *Acacia mangium* en pasturas con *Brachiaria humidicola*, contribuye a mejorar la calidad del forraje y a incrementar el contenido de fósforo y nitrógeno del suelo (Bolívar 1998).

Carbono orgánico (CO). Inicialmente la cantidad de este componente se observó en niveles medios que variaron entre 4,24% y 3,81% en las partes alta y baja respectivamente y de manera similar a los restantes componentes analizados hasta ahora, el CO descendió a menos de la mitad en casi todos los arreglos evaluados. Dada la estrecha relación con la MO, la reducción es justificable por el proceso extractivo a que se vieron sometidas las parcelas, sin que se haya

aportado la hojarasca (follaje marchito que cae sobre el suelo), que producían las arbustivas o gramíneas. Tampoco es probable que se hayan dado aportes de materia húmica proveniente de la MO orgánica generada en el subsuelo o de raíces finas muertas. El constante suministro de raíces finas muertas se debe al recambio de raíces, de manera que está directamente relacionada con la densidad y el tipo vegetal de la zona de interés. (Nakane, *et al* 1987)

De acuerdo con Velasco 1998), un sistema silvopastoril con *Acacia mangium* incrementó la materia orgánica significativamente en solo cinco años de pastoreo en un suelo ácido de Panamá. Esto significa que se habría incrementado el almacenamiento de carbono orgánico del suelo en cinco años al establecer los árboles en pasturas monocultivo.

Nitratos. En el análisis inicial se detectaron rangos menores de 2 mg/kg en los dos niveles del terreno, al finalizar el ensayo, los contenidos de NO_3^- , fueron inferiores a 1 mg/kg, significando con ello que la biomasa extraída del sistema produjo la reducción, en razón a que la dinámica de NO_3^- está influenciada por el volumen de producción (alto o bajo), condición nutricional del árbol (sano o enfermo) y la orientación (soleado y sombreado).

Al respecto se refiere que para la mayoría de las plantas el N del suelo es obtenido en forma de NO_3^- , la absorción por la planta es el principal factor intrínseco que influye en su posterior asimilación. La mayoría de las plantas exhiben un sistema bifásico para absorción de NO_3^- uno de alta afinidad y otro de baja afinidad; ambos sistemas requieren de energía generada por el funcionamiento de las ATPasas de la membrana plasmática pueden ser asimilados en la raíz o pueden ser transportados hacia la parte aérea vía xilema donde son asimilados en las hojas o almacenados en vacuolas tanto en raíces como en la parte aérea, Demolón (1995).

3.3.2 Parámetros físicos

Textura. Como se sabe el grado textural de un suelo es muy difícil de afectar, salvo si se hacen intervenciones o labores muy agresivas que pudieran alterarlo, lo que no viene al caso ya que este trabajo muy por el contrario, pretendió apegarse al máximo a los principios de sostenibilidad y por ello la textura permaneció inalterable como F- Ar- A, en todas las parcelas.

Los cambios físicos son atribuidos, en gran medida, a cambios químicos y mineralógicos producidos por el incremento de la temperatura y la pérdida de materia orgánica después de las quemas. Así pues, un cambio en la textura del suelo puede ser debido a la calcinación de hierro y aluminosilicatos por temperaturas suficientemente elevadas, Giovannini (1997).

Densidad Aparente (DA). Este parámetro se observó menor en las parcelas antes de iniciar el ensayo (0,85 a 0,92 g/cc) y se incrementó ligeramente en los arreglos hasta valores de 1,09 g/cc, comportamiento que pudo haberse dado fundamentalmente por la reducción en la materia orgánica, de cuyas causas ya se hizo alusión en el párrafo correspondiente. Como se sabe, la DA describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller & Håkansson, 2010). Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expandentes.

Densidad real (DR). En consideración a que la DR hace referencia al componente mineral de suelo, la variación observada antes y después de la implementación de los arreglos fue casi imperceptible y permaneció alrededor de 2,4%, con ligeras

oscilaciones que serían muy difíciles de explicar con la información obtenida en este trabajo. En razón a que el contenido de los distintos elementos del suelo es el que determina las variaciones de su densidad real, por lo que este parámetro permite, por ejemplo, estimar su composición mineralógica, se deduce que si la densidad real es inferior a 2,65 gr/cm³, el suelo posee un alto contenido de yeso o de materia orgánica, si es significativamente superior a 2,65 gr/cm³, posee un elevado contenido de óxidos de Fe o minerales ferro magnésicos, Ponce de León y Capurro (1980).

Porosidad. Los porcentajes antes del experimento fluctuaron entre 61,5% y 65,3% y posteriormente cayeron en el peor de los casos a 54,8%, valores que se consideran apropiados para este tipo de suelo. En consideración a que este componente edáfico se obtiene de la relación entre DA y DR, los resultados obtenidos guardaron estrecha relación con tales parámetros, donde se determinó una disminución causada por la pérdida de MO. Concerniente a estos resultados, (Burbano 1.998) argumenta que la presencia de materia orgánica en el suelo tiende a reducir la evaporación y a mejorar el balance hídrico del suelo. El humus aumenta la capacidad para resistir la erosión, ya que privilegia la infiltración sobre la escorrentía superficial, promueve la granulación del suelo y mejora la porosidad.

Capacidad de campo (CC). El porcentaje de este parámetro osciló entre 27,1% en la parte alta y 31% en la baja, cifras consistentes con la textura del suelo, no obstante al finalizar el ensayo, la CC bajó a niveles del 20%, debido principalmente a la reducción de la MO en la risosfera, a lo que se hizo alusión en el acápite respectivo. A propósito, Duran (2000) califica la CC como una constante característica de cada suelo y depende fundamentalmente de la textura, cantidad de materia orgánica y grado de compactación.

3.4 Composición nutricional y antinutricional de los tratamientos

3.4.1 Contenido nutricional

Materia seca (MS). Los resultados para esta fracción y los demás componentes nutritivos analizados se consignan en la tabla 12. Las gramíneas estudiadas presentaron valores de 15,1% en *A. scoparius* y 26,2% en *T. andersonii*, que se encuentran por debajo de lo reportado por Salamanca 1990 para *A. scoparius* (26,16%) y superior para el caso de la segunda gramínea, Bernal 1994 (19%).

En el caso de las arbustivas, los valores tuvieron un amplio rango de variación, desde 16,6% en *T. diversifolia*, 23,8% en *Clibadium sp*, hasta 33,6% en *S. angustissima*, en especial estos dos últimos resultan lógicos, pues se sabe que la materia seca de las gramíneas y arbustivas presentan gran variabilidad en virtud de las características genéticas y morfológicas, época del año, condiciones edafoclimáticas, edad y parte de la planta entre otras.

Proteína cruda (PC). El contenido de este componente registró valores normales para las dos gramíneas, con un pequeño margen a favor de *A. scoparius* 11,7%, frente a *T. andersonii* 10,6%, datos superiores a los reportados por Salamanca 1990 y Bernal 1994 de 8,4 y 8% para *A. scoparius* y *T. diversifolia* respectivamente.

En el caso de las arbustivas, las variaciones fueron muy manifiestas ya que en el caso de *Clibadium sp* el nivel fue de 11,7%, *T. diversifolia* = 20,9% y *S. angustissima* = 27,4%, estas dos últimas consideradas como promisorias ya que también la proteína verdadera superó el 65% de la PC.

Tabla 12. Análisis bromatológico de las especies *Axonopus scoparius*, *Tripsacum andersonni*, *Clibadium sp*, *Tithonia diversifolia* y *Senegalia angustissima* (%BS)

Componente	A. s	T. a	C. s	T. d	S. a
Materia seca	15,1	26,2	23,8	16,6	33,6
Ceniza	10,3	12	16,3	15,2	4,29
E.E	1,95	2,12	2,68	3,45	2,56
F. C	34,5	62,1	24,3	21,1	22,2
P.C	11,7	10,6	11,7	20,9	27,4
ENN	41,6	13,2	45,1	39,4	43,5
E (%NDT)	54,52	45,62	54,63	59,54	69,91
FDN	73,3	81,8	49,4	44,8	51,4
FDA	43,7	49,6	36,9	31,2	26,8
Lignina	10,7	10,7	13,9	14,6	13,6
Celulosa	31,5	33,3	18,2	15,3	13,7
Hem.	29,6	32,2	12,5	13,7	24,6
P.V	6,79	7,29	8,48	13,7	19,4
Calcio	0,59	0,2	1,33	3,16	0,81
Fosforo	0,1	0,11	0,12	0,21	0,19
Magnesio	0,26	0,18	0,27	0,56	0,16
Potasio	2	1,86	3,01	2,81	1,24
Azufre	0,09	0,07	0,1	0,13	0,11
Zinc mg/Kg	70,7	63,9	39,9	136	61,2

E.E: Extracto Etéreo, F.C: Fibra cruda, P.C: Proteína cruda, ENN: Extracto No Nitrogenado, E: Energía, FDN: Fibra Detergente Neutro, FDA: Fibra Detergente Acido, Hem: Hemicelulosa, P.V: Proteína verdadera

Fuente: Esta investigación

Para Vargas (1994) los árboles y arbustos forrajeros se pueden distribuir en diferentes rangos para calificar su potencial como suplemento proteico: súper alto > 30%, muy alto 25-30%, alto 20-24%, mediano 15-19%, bajo 10-14% y muy bajo < 10%. Aunque es importante tener en cuenta que existen varios factores que

influyen en el contenido de proteína como: estado vegetativo de la planta, condiciones de fertilidad del suelo y presencia de nitrógeno no proteico (Estrada, 2002). López, Montejo y Lamela (2012) encontraron valores de 19,4% en *T. diversifolia*, y Gálvez (2007) 12.22% para *Clibadium sp.*

Extracto etéreo (EE). El contenido de este componente tanto en gramíneas como en arbustivas varió entre 1,95% hasta 3,45%, valores que pueden considerarse normales porque el nivel óptimo en las arbustivas forrajeras reportado por Caravaca (2003) oscila entre 2,8 y 6,4%, ya que altos contenidos de lípidos así como bajos, disminuyen la digestibilidad de las mismas.

Ceniza. Esta variable presentó valores en las dos gramíneas de 10,3% para *A. scoparius* y 12% en *T. andersonii*, rangos normales para este tipo de plantas, lo mismo ocurrió con *T. diversifolia* y *Clibadium sp* cuyas cantidades fueron de 15,2% y 16,3% respectivamente; también previsible en arbustos por la estructura y consistencia de sus tejidos. En cambio *S. angustissima* tuvo un 4.29%, cifra inusual por los argumentos antes citados, aunque la succulencia del follaje permitía prever tal resultado y en consideración a que las cenizas representan el contenido de minerales del alimento; en general, estas suponen menos del 5% de la materia seca. Los minerales, junto con el agua, son los únicos componentes de los alimentos que no se pueden oxidar en el organismo para producir energía, en la medida en que su concentración se incrementa, en esa medida se reduce la cantidad de energía disponible en los alimentos (NRC, 2001).

Fibra detergente Neutro (FDN). Los resultados para esta variable fueron de 73,3% para *A. scoparius* y 81,8% *T. andersonii*. Los porcentajes en las arbustivas en el peor de los casos superaron el 50% en *S. angustissima* y si se tiene en cuenta que la FDN puede ayudar a hacer un estimativo de la calidad del forraje, que según Aikman (2008) clasifica como pobres aquellos que presentan contenidos mayores al 65%, bueno entre 54 y 65%, excelente entre 40 a 53% y

superior cuando es menor de 40%, las gramíneas dejarían mucho que desear y los arbustos tendrían aceptables valores de esta fracción.

A pesar de ello, la hemicelulosa de las gramíneas osciló entre el 30%, considerado como apropiado por la digestibilidad de esta fracción, aunque en los arbustos fue inferior, especialmente en *Clibadium sp* = 12,5% y *T. diversifolia* = 13,7%, lo que seguramente puede afectar el grado de aprovechamiento de las fracciones de fibra por parte de los microorganismos del TGI.

Fibra detergente ácido (FDA). Los contenidos de esta fracción en las gramíneas se correspondieron con los contenidos de FDN y superaron el 43%, valor demasiado alto para plantas destinadas al consumo de monogástricos herbívoros y aventajaron con un margen cercano al 30% a las arbustivas. Al considerar que la FDA es el mejor indicador de la digestibilidad del forraje, debido a su alto contenido de lignina, correlacionándose calidades pobres entre 41 y 45%, buena entre 31, excelente 40%, y menor a 31, superior, Aikman (2008), las limitantes y potencialidades de los forrajes evaluados resultan obvias.

En el caso de los porcentajes de lignina, estos se mostraron en niveles algo mayores del 10% y la celulosa algo superior al 30% en las gramíneas, lo que era previsible por lo mencionado en la FDA. En todas las arbustivas el contenido de lignina fue mayor al 13%; si a esto se añade que la celulosa no superó el 18% en ninguna de ellas y por tratarse de que solo se analizó el follaje, estas fracciones de la fibra resultan ser una limitante para la alimentación de herbívoros.

Energía (%NDT). Los resultados de la fracción energética fueron de 45.62 en *T. andersonni* y 54.52 *A. scoparius*, valores moderados pero lógicos para estas gramíneas. La energía en *Clibadium sp* y *T. diversifolia* fue inferior a 60, pero en *S. angustissima* estuvo por el orden de 69,91, lo que guarda mucha relación y se justifica por la cantidad de ceniza encontrada en estas especies.

Contenido de minerales. Como se sabe, la cantidad de minerales presentes en las plantas están muy ligados a un sinnúmero de factores relacionados con el suelo, el clima y la fisiología de cada especie vegetal; por tal motivo en este acápite se reportarán los resultados de los hallazgos sin entrar a hacer un análisis minucioso de ello, en razón a que el alcance del trabajo no permitió obtener la información requerida para ello.

Calcio. El mayor contenido de calcio se presentó en las arbustivas en las que los valores oscilaron entre 0,81% en la *S. angustissima*, hasta 3,16% en *T. diversifolia*, pero en las gramíneas no superaron el 0,6%, contenidos que están por debajo del 1,20% que requieren los cuyes según lo manifiesta Caycedo (2000), aunque Laredo (1988) habla de niveles 0,18% a 0,6% como satisfactorios para la mayoría de animales.

Fósforo. En términos generales el nivel de fósforo fue bajo en la mayoría de las plantas investigadas, cercano al 0.1% y solo en *S. angustissima* y *T. diversifolia* estuvieron por el orden del 0,2%, lo que pudo deberse a la asociación con micorrizas que se conoce de esta última especie.

De los resultados anteriores se debe inferir sobre la importancia de la relación calcio-fósforo de la dieta (2:1), un desbalance de estos minerales, produce una lenta velocidad de crecimiento, rigidez en las articulaciones por la alta incidencia de depósitos de sulfato de calcio en los tejidos blandos y elevada mortalidad como lo afirma Aliaga (1979).

Magnesio. Los contenidos de magnesio en cuatro de las cinco plantas estuvieron en un rango de 0,16% a 0,27%, que se considera normal y satisfactorio para suplir los requerimientos de los cuyes, que según Caycedo (2000) son de 0,1 a 0,3%. *T. diversifolia* mostró un porcentaje del 0,56%, que se califica como alto y que pudiera servir para suplementar aquellos alimentos que predisponen a los cuyes jóvenes a pérdidas de pelo, poco aumento de peso, poca coordinación

muscular, endurecimiento o rigidez de los miembros posteriores, elevado contenido de fósforo en el suero y anemia (Maynard, Morris y O'Dell, citados por el NRC, 1978).

Potasio. Este mineral registró niveles que fluctuaron entre 1,24% en *S. angustissima* y 3,01 en *Clibadium sp.*, rango que puede catalogarse como normal para este tipo de suelos, aunque tales diferencias puedan estar causadas por condiciones fisiológicas de cada especie, para absorber este mineral y porque las arbustivas, tienen la posibilidad de extraer nutrientes a mayores profundidades del suelo Estrada (2001). En todas las pantas el contenido de potasio se considera superior a los requerimientos animales, las cuales en el mejor de los casos no superan el 0,8% Laredo (1988).

Azufre. Las gramíneas registraron cantidades muy bajas las cuales oscilaron entre 0,07% a 0,09% y las arbustivas no superaron el 0,13%, que también resulta bajo para cubrir las necesidades animales, las cuales varían entre 0,14% a 0,2% Laredo (1988), en tales circunstancias, es necesario suplementarlo en el evento de utilizar estas plantas en las dietas de herbívoros.

Zinc. Tanto en gramíneas como en arbustivas, este mineral se observó superior a las necesidades animales que oscilan entre 10 a 50 ppm Laredo (1988); solo *T. diversifolia* mostró un nivel muy superior (136 ppm), lo que amerita tenerse en cuenta a la hora de balancear la dietas, dada la importancia de este mineral en diferentes procesos metabólicos.

3.4.2 Metabolitos secundarios de las plantas. Para la lectura de las pruebas fitoquímicas preliminares, se tomó en cuenta la siguiente tabla para la interpretación de los datos.

Rangos para la lectura fitoquímica cualitativa.

NEGATIVO	-
BAJO	+
MODERADO	++
ABUNDANTE	+++

En la tabla 13 se presenta la valoración cualitativa de los metabolitos secundarios presentes en las arbustivas analizadas.

Los resultados muestran que *T. diversifolia* y *Clibadium sp* tuvieron bajos o moderados niveles de saponinas, mientras que *S. angustissima* no registró presencia de este compuesto, es importante tener en cuenta este metabolito, debido a la influencia tóxica que tiene sobre el animal cuando está presente en altas cantidades (Mc Sweeney *et al.*, 2003). Vargas (1994) reportó un bajo contenido de fenoles y ausencia de saponinas para *T. diversifolia*

Los fenoles se presentaron en cantidad abundante en *S. angustissima* y no revelaron su presencia las otras dos arbustivas. Este factor tiene una gran incidencia en la digestibilidad de los forrajes porque los fenoles y lignina que si bien dan vigor y rigidez a los tejidos de las plantas, afectan la digestibilidad por parte de los microorganismos alojados en el rumen o en ciego de algunas especies de animales (Estrada, 2002). Galindo *et al* (1989), reportaron en el guamo (*Inga spectabilis*) un contenido similar al de *S. angustissima* (+++), al suministrar las hojas frescas de esta especie en cabras, encontraron un cuadro toxicológico agudo, que afectó la frecuencia respiratoria y cardiaca. Además demostraron que la baja tasa de degradabilidad del guamo se debió al alto contenido de fenoles, que afectó la degradabilidad de los principios alimenticios.

Tabla 13. Análisis fotoquímico y metabolitos secundarios de las especies arbustivas.

PARAMETRO	Método	<i>C. sp</i>	<i>T. d</i>	<i>S. a</i>
SAPONINAS	Espuma	+	+	-
	Rosenthaler	-	-	-
	Antrona	+	+	-
FENOLES	Cloruro Férrico	-	-	+++
	Gelatina-sal	-	-	-
	Acetato de plomo	-	-	+++
ESTEROLES	Liebermann Buchard	+	++	++
	Rosenheim	-	-	+
	Salkowsky	-	+	-
ALCALOIDES	Dragendorff	-	-	-
	Wagner	-	-	-
	Mayer	-	-	-

Fuente: Laboratorio de bromatología Universidad de Nariño

Todas las arbustivas registraron contenidos de esteroides, aunque en niveles bajos a moderados en *T. diversifolia* y *S. angustissima* y bajos en *Clibadium sp.* El alto consumo de esteroides puede tener implicaciones importantes en la actividad reproductiva, de ahí la importancia de su presencia en los alimentos que los animales consumen, Valenzuela y Ronco (2004) y no se detectó la presencia de alcaloides en ninguna de las tres especies analizadas.

3.5 Prueba de comportamiento

Las tablas 14 y 16 contienen los datos resumidos del consumo, incremento de peso y conversión alimenticia en las fases de levante y ceba en las que se evaluaron los forrajes provenientes de los arreglos silvopastoriles.

3.5.1 Consumo de materia seca

Fase levante. Los resultados de la tabla 15 revelan grandes diferencias ($p < 0,01$) entre las dietas evaluadas, la prueba de Tukey (Anexo K) demostró que los mayores consumos se dieron en los tratamientos en los que se suplementaron las gramíneas con concentrado comercial (T1= 59,38 g y T2= 63,79 g). Las razones de esto, pueden atribuirse por una parte a la palatabilidad de este tipo de alimentos y por otro al balance de nutrientes de las dietas que recibieron estos grupos, ya que como se puede observar en la tabla 14, los contenidos de nutrientes en ellas son los que más se acercan a los requerimientos de la fase, como lo señala Caycedo (2000), con raciones de un 13 a 18% de proteína se logran óptimos resultados en el incremento de peso sobre las diferentes etapas de vida del cuy, la dieta requiere altos contenidos de fibra para un buen funcionamiento del aparato digestivo, para Chauca (1994) las raciones balanceadas deben contener un porcentaje de fibra no menor del 18 %. La energía es un factor esencial para los procesos vitales, debe constituir del 65 al 75% de nutrientes digestibles totales (NDT) del contenido total dentro de la ración. Los requerimientos de grasa comprenden del 1 al 2% y para minerales en crecimiento y engorde se necesitan 1.20% de calcio y 0.60% de fósforo. Es importante guardar la relación calcio fósforo adecuada para evitar problemas de orden metabólico.

El caso de los tratamientos 8 y 5 que incluyeron *Clibadium sp* es digno de destacar, pues los buenos consumos observados, 60,64 y 54,32 g respectivamente, son posibles de explicar por la gran aceptabilidad que tiene esta planta para los herbívoros, aspecto que a pesar de no estar documentado, es respaldado por los testimonios de campesinos de la zona, falta identificar el tipo de compuesto que genera la palatabilidad en los animales, ya que su perfil nutricional no fue el mejor entre las arbustivas investigadas.

Tabla 14. Indicadores productivos en la fase de levante de cuyes alimentados con dietas provenientes de los arreglos silvopastoriles

Tratamiento	LEVANTE		
	Consumo ¹ (gMS/animal/dia)	GPD ¹ (g/animal/dia)	CA ¹
T1	59.38 b	7.81 a	7.63 d
T2	63.79 a	6.64 b	9.62 c
T3	43.38 e	4.83 c	8.98 c
T4	40.81 e	3.58 d	11.42 b
T5	54.32 c	4.36 c	12.48 a
T6	53.50 cd	4.75 c	11.30 b
T7	51.42 d	4.25 c	12.10 ab
T8	60.64 b	4.85 c	12.50 a

¹Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ($p < 0,01$) entre tratamientos. GPD: ganancia de peso diaria, CA: conversión alimenticia.

Los menores consumos alcanzados en T3 y T4 (43.38 y 40,81 g) son explicables fundamentalmente por los contenidos de humedad y materia seca (MS) del *A. scoparius*, que quizá al ocupar un gran volumen de la ración, no permitió que los animales pudieran albergar mayor cantidad de MS y como es bien conocido, la capacidad del TGI es un factor determinante del consumo porque El cuy por su fisiología y anatomía del ciego, soporta una ración voluminosa y permite que la celulosa almacenada fermenta por acción microbiana, Aliaga (1979).

Tabla15. Composición Nutricional de las dietas en fase de levante. (% BS)

Parámetro	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Ceniza	10,21	11,59	11,27	9,99	11,92	12,22	11,89	12,46
E.E	2,12	2,20	2,25	1,98	2,15	2,21	2,13	2,18
F. C	28,11	52,30	31,86	33,86	31,74	59,26	61,55	58,08
P.C	13,97	12,31	13,51	12,52	11,70	11,31	10,83	10,72
ENN	45,62	21,62	41,17	41,70	42,55	15,01	13,62	16,59
E (%NDT)	58,85	50,27	55,51	55,32	54,55	46,59	45,96	46,58
FDN	50,47	65,13	67,68	72,16	66,84	79,24	81,38	78,36
FDA	30,09	39,49	41,24	42,82	41,86	48,33	49,28	48,25
Lignina	7,37	8,52	11,47	10,85	11,56	10,97	10,74	11,04
Celulosa	21,69	26,52	28,31	30,57	27,91	32,05	33,03	31,70
Hem.	20,38	25,64	26,47	29,34	24,98	30,92	32,09	30,11
P.V	10,59	5,80	8,15	7,45	7,25	7,73	7,46	7,42
Calcio	0,41	0,16	1,10	0,60	0,79	0,40	0,21	0,32
Fosforo	0,07	0,09	0,12	0,10	0,11	0,12	0,11	0,11
Magnesio	0,18	0,14	0,32	0,25	0,26	0,21	0,18	0,19
Potasio	1,38	1,48	2,16	1,96	2,27	1,93	1,85	1,98
Azufre	0,06	0,06	0,10	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07

E.E: Extracto Etéreo, F.C: Fibra cruda, P.C: Proteína cruda, ENN: Extracto No Nitrogenado, E: Energía, FDN: Fibra Detergente Neutro, FDA: Fibra Detergente Acido, Hem: Hemicelulosa, P.V: Proteína verdadera

Fuente: Esta investigación

Fase ceba. En esta etapa los resultados (Tabla 16) mostraron al igual que en levante, amplias diferencias ($p < 0,01$) entre tratamientos, con ventaja para aquellos grupos que recibieron concentrado comercial ($T2 = 86,33$, $T1 = 81,95$ g); las razones de esta conducta son las mismas referidas en la fase anterior, aunque para este periodo, resultó muy notorio el menor nivel de FDA (Tabla 17), componente que tiene grandes implicaciones en la digestibilidad de los forrajes y por ende en el consumo de alimento. Si la digestibilidad de las hojas es igual o menor que la digestibilidad de los tallos, la relación hoja tallo carece de valor. Generalmente se busca que la cantidad de cada uno de estos componentes sean 50% y 50% (Estrada, 2001).

Tabla 16. Indicadores productivos en la fase de ceba de cuyes alimentados con dietas provenientes de los arreglos silvopastoriles

Tratamiento	CEBA		
	Consumo ¹ (gMS/animal/dia)	GPD ¹ (g/animal/dia)	CA ¹
T1	81.95 b	8.75 a	9.41 cd
T2	86.33 a	8.37 a	10.36 bc
T3	46.48 e	5.33 bc	8.74 d
T4	46.43 e	5.28 bc	8.96 cd
T5	60.68 d	5.04 c	12.08 a
T6	60.42 d	5.81 bc	10.41 bc
T7	59.20 d	4.98 c	11.91 ab
T8	70.47 c	6.28 b	11.22 ab

¹Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística (p<0,01) entre tratamientos. GPD: ganancia de peso diaria, CA: conversión alimenticia.

Adicionalmente, se debe anotar que la dieta 1 tuvo los mejores contenidos proteico y energético, los cuales son de gran importancia en este indicador, la ganancia de peso y conversión alimenticia, al respecto Caycedo (2000) testifica que dietas con un balance sincronizado en cuanto a energía y proteína, precisan un mayor aprovechamiento en el tracto gastrointestinal del cuy, es decir, alimentos con mayor concentración de proteína degradable en función de la energía digestible muestran mayores digestibilidades que alimentos pobres proteica y energéticamente y Cheeke (1995), refiere que la relación energía proteína juega un papel decisivo en el comportamiento en peso de los animales, dicha relación debe estar acorde con la fase de crecimiento y el nivel de aprovechamiento de la fracción proteica y energética; es decir que a medida que la edad del animal avanza los requerimientos de proteína decrecen y los de energía incrementan, así mismo, en las fases iniciales de crecimiento la cantidad y calidad de la proteína aportada debe ser adecuada para contribuir a la formación tisular mientras que en fases de engorde y acabado son más notables los requerimientos energéticos. Maynard (1981), indica que conforme la relación energía proteína se hace más amplia, la digestibilidad de todos los nutrientes tiende a ser menor. Además, la

digestibilidad puede quedar limitada por la falta de tiempo para la acción digestiva completa sobre las sustancias menos digeribles o por no ser completa su absorción debido a la carencia de elementos específicos como algunos aminoácidos que promueven la formación y crecimiento microbiano a nivel de ciego.

Los menores consumos de T3=46,48 g y T4= 46,43 g, de manera similar a lo observado en levante, se debió al bajo porcentaje de MS del *A. scoparius* que debido a la capacidad limitada del TGI impidió que pudiera cubrir las necesidades nutricionales de los animales, en razón al volumen de agua aportado por la gramínea (84,9%), porcentaje inusual en este tipo de forrajes en los que normalmente la humedad puede estar por el orden de 73,84%, (Salamanca, 1990).

Los consumos obtenidos en *T. diversifolia* fueron similares a los reportados por Burbano y Rivera (2006), para fase de levante (45,76 g) y menores (80,83 g) en etapa de engorde. Ramírez e Hidalgo (1998), consiguen 34,03 g de consumo con esta misma especie.

3.5.2 Ganancia de peso

Fase levante. Las mayores ganancias de peso ($p < 0,01$) logradas por los animales que se suplementaron con concentrado (T1=7,81, T2= 6,64 g/animal/día), se pueden justificar por el aporte nutricional de la mezcla, que contribuyo con porcentajes de proteína y energía superiores a los demás grupos como se puede constatar en la tabla (Tabla 14), lo que resulta crucial en esta etapa de desarrollo de los cuyes, donde los requerimientos nutritivos deben ser cubiertos a plenitud para lograr óptimos resultados, pues cuando los animales en crecimiento reciben proteína en niveles adecuados pero con baja digestibilidad, adicionalmente insuficiente cantidad de energía para mantenimiento, se reduce la formación tisular y al mismo tiempo gastan reservas de grasa afectando los parámetros de comportamiento en peso de los animales (Mc Donald, 1999). Sumado a lo

anterior, el destacado desempeño de T1 es consecuencia quizá de la mayor digestibilidad de esta dieta por su menor nivel de FDA.

Tabla17. Composición Nutricional de las dietas para la fase de Ceba. (%BS)

Parámetro	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Ceniza	10,17	11,39	11,22	9,80	11,91	12,36	11,71	12,66
E.E	2,18	2,24	2,23	2,00	2,15	2,27	2,14	2,21
F. C	25,91	47,46	31,97	33,48	31,76	57,44	60,59	56,29
P.C	14,76	13,16	13,43	13,01	11,70	11,77	11,24	10,77
ENN	47,01	25,77	41,19	41,76	42,54	16,18	14,35	18,10
E (%NDT)	60,35	52,57	55,46	55,80	54,55	47,21	46,55	47,01
FDN	42,58	56,90	67,93	71,48	66,89	77,59	80,65	76,82
FDA	25,38	34,50	41,34	42,29	41,88	47,51	48,74	47,65
Lignina	6,21	7,44	11,44	10,94	11,56	11,14	10,81	11,19
Celulosa	18,30	23,17	28,45	30,02	27,93	31,25	32,56	30,98
Hem.	17,19	22,40	26,60	29,18	25,01	30,10	31,91	29,17
P.V	3,94	5,07	8,09	7,84	7,24	8,02	7,75	7,47
Calcio	0,34	0,14	1,07	0,61	0,79	0,54	0,22	0,37
Fosforo	0,06	0,08	0,12	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11
Magnesio	0,15	0,13	0,32	0,25	0,26	0,22	0,18	0,19
Potasio	1,16	1,29	2,15	1,94	2,27	1,97	1,84	2,04
Azufre	0,05	0,05	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07

Fuente: Esta investigación

Los incrementos de peso logrados por los grupos de gramíneas suplementados con *T. diversifolia* y *Clibadium sp* se consideran bajos, pero en gran medida ello obedece a que los consumos de estas arbustivas fueron menores de lo esperado salvo en *Clibadium sp*; respecto a esto Apráez (2002) expone que los menores incrementos de peso con mayor consumo de alimento en condiciones normales de salud de los animales, obedecen a la menor digestibilidad del alimento utilizado y menor aporte de nutrientes, especialmente el nivel energético del forraje, el cual, al no ser satisfecho por la dieta suplementaria, se manifiesta un menor rendimiento del animal.

Los incrementos alcanzados por los animales que se suplementaron con *S. angustissima* T4= 3,58 y T7= 4,25, fueron muy bajos por la poca aceptabilidad de

la arbustiva, es imprescindible ahondar en su estudio ya que su valor proteico de 27,4% y NDT de 69,91 así lo ameritan.

Burbano y Rivera (2006) reportan ganancias de peso de 8,59 con *Tithonia diversifolia*.

Fase ceba. De manera muy similar a lo sucedido en la etapa de levante, el mejor comportamiento en peso ($p<0,01$), fue logrado por los dos grupos que recibieron concentrado (Tabla 15), superando los 8 g/animal /día y las razones de ello fueron expuestas en el acápite anterior, los restantes tratamientos tuvieron incrementos que oscilaron entre 5 y 6,28 g; solo T7 no superó los 5 g/animal/día, considerándose bajo; dicho comportamiento está fundamentado en el alto contenido de FDA de la dieta, que como se mencionó antes, es un componente que limita la digestibilidad, consumo de alimento y por tanto la ganancia de peso, manifestación corroborada por Maynard (1981), bajo la premisa de que la lignina es un carbohidrato estructural de forma muy compleja lo que hace que no solamente sea indigestible sino que también afecta negativamente la digestibilidad de otros componentes de la pared celular. Ramírez e Hidalgo (1998) y Burbano y Rivera (2006) obtuvieron ganancias de peso de 7,04 y 9,24 con *Tithonia diversifolia*, bajo tales circunstancias, se puede afirmar que los resultados obtenidos en este ensayo son muy bajos respecto a esta especie.

3.5.3 Conversión alimenticia

Fase levante. Los resultados de esta variable mostraron diferencias ($p<0,01$) entre los tratamientos, donde como consecuencia de los comportamientos observados en los anteriores indicadores, los grupos suplementados con concentrado lograron las mejores conversiones, T1=7,63 y T3=9,62, valores que si bien no son los más apropiados para esta especie, resultan aceptables para las condiciones de la zona donde se ejecutó el trabajo.

Es importante destacar el desempeño logrado por los animales que se suplementaron con *T. diversifolia*, en especial cuando la dieta base estuvo constituida por *A. scoparius*, cuya CA fue de 8,98 y las razones de ello pueden obedecer, en primer lugar a que por tratarse de un cociente, al ser bajos los consumos y bajas las ganancias de peso, el cociente puede ser reducido y no por ello la CA puede ser adecuada; adicionalmente a que el nivel proteico y energético de la arbustiva contribuyeron a paliar las deficiencias de la gramínea y la fibra indigestible de la mezcla fue menor a la de la mezcla con *T. diversifolia*, en cuyo caso la CA fue más baja (11,3).

Los restantes tratamientos tuvieron un comportamiento discreto, causado por los moderados consumos y ganancias de peso, sin que ello signifique el que puedan ser utilizados en la alimentación animal, solo que se deberá buscar estrategias para mejorar los niveles de ingestión de las arbustivas y reducir el tiempo de corte de *T. andersonni*, que afecta sus niveles de fibra. No obstante estos indicadores no sean los mejores para la especie, se acercan a los propuestos por Caycedo (2000), para cuyes alimentados con pasto debe estar entre 8-12 y para cuyes alimentados con pasto + concentrado de 5-7, dejando en claro que este autor trabajó con pastos de clima frio cuya composición nutricional es mucho mejor al de las especies aquí valoradas.

Fase ceba. En virtud a que las dietas tuvieron pequeñas variaciones en su composición respecto a la etapa de levante, las conversiones en la fase de ceba se comportaron de manera muy similar, con destacada superioridad ($p < 0,01$) de los tratamientos suplementados con concentrado comercial, $T1=9,41$ y $T2=10,36$. De manera similar, las aparentes buenas conversiones de $T3=8,74$ y $T4=8,96$, solo son el resultado de la operación matemática por los menores valores de consumo e incremento de peso, aunque biológicamente no son convenientes ni en esta ni en ninguna actividad pecuaria.

Los restantes resultados demostraron que al utilizar las arbustivas *S. angustissima*, *Clibadium sp* y *T. diversifolia*, se pueden obtener conversiones que oscilan entre 10,41 y 12,08, que si bien son menores a las reportadas por Ramírez e Hidalgo (1998) y Burbano y Rivera (2006) con *T. diversifolia* 4,95 y 8,85, resultan promisorias ya que en las condiciones de suelo y clima cafetero, los indicadores de producción en cuyes son precarios y por ello los escasos planteles cuyícolas en esta zona.

3.5.4 Mortalidad. La tabla 18 resume la mortalidad presentada en el estudio, los tratamientos que recibieron como suplemento *S. angustissima* presentan los mayores porcentajes (31.25 y 25), seguido del grupo que se alimentó con pasto y *Clibadium sp* (18.75); el T1 se destacó por que no se presentaron muertes, el T2 tuvo un porcentaje bajo.

Tabla 18. Resumen de los casos de mortalidad para los tratamientos evaluados.

Tratamiento	No. Total	No. Eventos (muertes)	Censurado	
			No.	%
1	16	0	16	0
2	16	1	15	6,25
3	16	2	14	12,5
4	16	4	12	25
5	16	3	13	18,75
6	16	2	14	12,5
7	16	5	11	31,25
8	16	3	13	18,75
Global	128	20	108	

Fuente: Esta investigación

3.6 Análisis parcial de costos.

La tabla 19 presenta de manera resumida las cifras que permitieron hacer la estimación de la viabilidad económica de la producción cuyícola con arreglos silvopastoriles, aclarando que se hizo la valoración por animal.

Tabla 19. Análisis parcial de costos por tratamiento

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
EGRESOS								
Costos fijos								
Compra animales	112000	112000	112000	112000	112000	112000	112000	112000
Mano de obra	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600
Subtotal (\$)	145600							
Costos variables								
Alimento								
Forraje	7104	7552	4512	4384	5776	5728	5568	6592
Concentrado	47264	47264						
Medicinas y desinfectantes	3440	3440	3440	3440	3440	3440	3440	3440
Subtotal	57808	58256	7952	7824	9216	9168	9008	10032
Total costos	203408	203856	153552	153424	154816	154768	154608	155632
INGRESOS								
Peso promedio final (g)	1100	1031	810	763	812	828	764	839
Valor gramo	15	15	15	15	15	15	15	15
No de animales	16	15	14	12	13	14	11	13
venta animales	264000	231975	170100	137340	158340	173880	126060	163605
Ingreso neto	60592	28119	16548	-16084	3524	19112	-28548	7973
RENTABILIDAD (%)	29,79	13,79	10,78	-10,48	2,28	12,35	-18,46	5,12

Se pudo precisar una mayor rentabilidad en experimento con los grupos T1 (29,79%) y T2 (13,79%) debida al mayor peso logrado y menor mortalidad presentada en estos tratamientos, aunque T2 no fue el mejor, porque repercutió el tiempo de saca al mercado. A propósito, como el ingreso depende del valor de cada animal y este a su vez del peso logrado al final del experimento, la rentabilidad obtenida con T3= 10,78% y T6= 12,35, que incluyeron *T. diversifolia* se vio mermada por los pesos alcanzados y las muertes, aunque la buena producción de biomasa y su valor nutritivo incidieron fuertemente sobre los

costos de producción con estas dietas y que corrobora lo dicho por (Caycedo, 2000), quien garantiza que una adecuada combinación de forrajes, un aporte correcto de nutrientes, se reflejará en mayores rendimientos productivos y rentabilidad.

Los tratamientos T5 y T8 que se suplementaron con *Clibadium sp*, apenas lograron justificar los gastos, pues sus rentabilidades fueron reducidas (2,28% 5,12% respectivamente), debido al mayor costo del forraje y la mortalidad. La rentabilidad negativa observada en T4 y T7 (*S. angustissima*), obedeció a que los indicadores productivos de los animales de este grupo fueron los menores y por ello el ingreso logrado por su venta fue el menor de todos. El menor peso logrado por los grupos suplementados con las arbustivas en los 90 días, supone la prolongación del tiempo para alcanzar pesos apropiados para el sacrificio, lo que a su vez implicaría costos adicionales por concepto de mano de obra y alimentación, que con seguridad repercutirán negativamente en los beneficios de esta actividad.

4. CONCLUSIONES

- La producción de biomasa (0,88 a 1,44 kgMS/m²), altura de la planta (1,09 a 1,14 m) y el periodo de recuperación (139 días), fueron mejores en *T. andersonni*.
- Las mayores variables dasométricas como diámetro de copa (1,23m), cantidad de nuevos rebrotes se observaron en *T. diversifolia* y la altura superior en *T. diversifolia* y *S. angustissima* que superaron 1m.
- Las arbustivas registraron contenidos de esteroides y saponinas en niveles bajos a moderados, los fenoles fueron abundantes en *S. angustissima* y no se detectó la presencia de alcaloides en ninguna de ellas.
- Los niveles de proteína en *S. angustissima* (27,4%) y *Ti. Diversifolia* (20,9%) y sus correspondientes valores energéticos de 478 y 394 kcalEB/100g, permiten vislumbrarlas con un gran potencial para suplir déficit de las gramíneas de la zona.
- Los porcentajes elevados de FDN (73,3% y 81,8%) y FDA (43,7% y 49,6), para *A. scoparius* y *T. andersonni* respectivamente, limitaron el consumo por su papel en la digestibilidad de las dietas.
- En la prueba de comportamiento los mejores indicadores se observaron en los grupos que recibieron concentrado: consumo de T1= 60,8 y T2= 83,3 gMS/animal/día, incremento de peso para T1= 8,1 y T2= 7,2 g/animal/día) y conversión alimenticia de T1= 7,48 y T2= 11,98.
- La suplementación con arbustivas tuvo resultados inferiores a las dietas testigo, debido a los menores consumos especialmente con en los suplementados con *S. angustissima* y *T. diversifolia*.

- La rentabilidad fue mayor en los grupos T1=29,79% y T2=13,79%, aquellos que recibieron las arbustivas *T. diversifolia* y *Clibadium sp*, generaron un margen de utilidad menor T3= 10,78% y T6= 12,35%.
- Se evidenció un efecto notorio de la implementación de los sistemas silvopastoriles sobre el suelo, donde el pH y la Densidad Aparente se incrementaron, pero MO, N, P, Nitratos y la porosidad se redujeron.

5. RECOMENDACIONES

- Valorar las asociaciones por un periodo mayor, dejando que las arbustivas hagan sus aportes de MO al suelo, para restituir la extracción que se hace en los esquemas de corte y acarreo para la alimentación animal.
- Establecer un esquema de manejo que permita la utilización de las gramíneas *T. adnersonni* y *A. scoparius* en mejores condiciones nutricionales, con la aportación de enmiendas, fertilizantes o labores culturales con criterios de sostenibilidad.
- Estudiar a profundidad las asociaciones que *Clidadium sp* y *S. angustissima* puedan tener con micorrizas o rizobacterias.

BIBLIOGRAFIA

AIKMAN, P.; REYNOLDS, C. Y BEEVER, D. 2008. Diet digestibility, rate of passage, and eating and rumination behavior of Jersey and Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 91:1103-1114.

ALIAGA, L. Crianza de cuyes. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima – Perú. 1993. 120 p.

ALTIERI, M. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. CLADES. 3 ed. La Habana Cuba. 1997. 249 p.

AOAC (Official Methods of Analysis. Ass.Off.). *Agricultural Chemist*. 16thed. Washington, D.C. 1995.

APRAEZ, E. El análisis químico de alimentos. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. 1994. 167 p.

APRAEZ, E. Comportamiento productivo del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) obtenido bajo diferentes métodos de atención cultural. La Habana, Cuba. 2002., 204 p. Trabajo de grado (Doctor en Ciencias Veterinarias). Universidad Agraria de la Habana, Facultad de Medicina Veterinaria, Departamento de Producción animal.

BELMAR, R. 2001. Importancia de los factores antinutricionales en la alimentación de animales no rumiantes. En: Congreso de veterinaria. (10°: 2001: Trujillo) Memorias del X congreso de veterinaria. Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia, pp. 34-54.

BERNAL, J. Pastos y forrajes tropicales. 3^a ed. Bogotá, Colombia: Buda. 1994.

BERNAL, J. y ESPINOSA, J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. [Online] International plant institute. Quito-Ecuador. [Citado 20 de mayo de 2013]. Disponible en:

BOTERO, R. Experiencias con sistemas silvopastoriles en la costa caribe. 1^{er} Seminario Internacional sobre la producción de forrajes en el contexto de la ganadería. Agroecología tropical. Universidad de la Salle. Bogotá Colombia. 2009.

BOTERO, R. y RUSSO, R. 1992 El componente arbóreo como recurso forrajero en los sistemas silvopastoriles. [Online]. Escuela de la región tropical húmeda. [citado 30 junio 2012]. Disponible en internet: usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000035.pdf

BUITRAGO, J. 1992. Soya integral en la alimentación animal. Bogotá: Átropos. p.6.

BURBANO, O. Desarrollo sostenible y educación ambiental. IX Congreso colombiano de la ciencia del suelo. Memorias. Paipa, Colombia, 1.998.

BURBANO, S y RIVERA, C. Valoración nutritiva de los forrajes de papayuelo (*Cnidocolus aconitifolius*) y boton de oro (*Tithonia diversifolia*) en mezcla con pasto kingras (*Pennisetum hybridum*) para la alimentación de cuyes durante las fases de crecimiento y engorde. Tesis de grado (Zootecnia). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia. Pasto Colombia. 2006. 98 p.

CALDAS, V. y BLAIR, M. 2004 Cuantificación de taninos condensados e identificación de QTLs asociados a su acumulación en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). En: Taller sobre taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. En: Memorias de taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. Bogotá. 43p

CAIRNS, M. F. Study on Farmer Management of Wild Sunflowers (*Tithonia diversifolia*) short communication. ICRAF S. E. Asian Regional Research Programme. 1996.

CARULLA, J. y PABON, M. 2004. Un sistema in vitro para evaluar los efectos de los taninos en la degradación de la proteína bajo condiciones ruminales y abomasales. En: Taller sobre taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. Memorias de taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. Bogotá. 15p.

CARAVACA, F.; CASTEL, J.; GUZMAN, J.; DELGADO, M.; MENA, Y.; ALCALDE, M. y GONZALEZ, P. 2003. Bases de la producción animal. Sevilla [España]: universidad de Sevilla. 517p.

CAYCEDO, Alberto. Experiencias investigativas en la producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Pasto – Colombia: Universidad de Nariño, 1993. 300 p.

CAYCEDO, Alberto. Experiencias Investigativas en la Producción de Cuyes (*Cavia porcellus*). Pasto- Colombia: Universidad de Nariño, 2000. 322 p.

CAYCEDO, V. A. Cuy Historia, cultura y futuro regional. Universidad de Nariño. Pasto. 2004

CINO, D. y DE ARMAS, C. Metodología para la evaluación económica de proyectos de investigación agropecuaria. La Habana. Instituto de Ciencia Animal. 1996. 127 p.

CIPAV 2004. Sistemas agroforestales, banco de forraje de leñosas, árboles y arbustos. En: Sistemas Silvopastoriles. Ed. Enrique Murgueitio. Cali. Colombia. p. 102.

CHAUCA, Lilia. Sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*). En: Crianza de cuyes, Serie Didáctica. INIA. Lima, 1994. p. 45.

CHAUCA, L. 1997. Sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*). [Online]. Perú: FAO, [Citado el 19 de mayo de 2011]. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/w6562s/w6562s00.htm.

CHEEKE, P. 1995. Alimentación y nutrición del conejo. Zaragoza [España]: Acribia. 127p.

DELGADO, C. y ZAMBRANO, M. Utilización de diferentes niveles de forraje de avena (*Avena sativa*) como suplemento al pasto aubade (*Lolium sp*) en la alimentación de cuyes en engorde. Pasto, Colombia, 1994. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

DEMOLON, A. Dinámica del suelo. 5^a Ed. La Habana Cuba. Edición revolucionaria. 1995. 521 p.

DIEGUEZ, U., BARRIO, M., CASTEDO, F., RUIZ, A.D., ALVAREZ, M.F., ALVAREZ, J.G. y ROJO, A. 2003. Dendrometría. Ediciones Mundi-Prensa. 327 p.

DOMÍNGUEZ, X. 1973. Métodos de investigación fotoquímica, México, Limusa 1 ed., 300p.

DURAN, A. 2000. Propiedades hídricas de los suelos. Cátedra de Edafología. Área de suelos y aguas. Facultad de Agronomía. Universidad de la República
ESTRADA, J. Pastos y Forrajes para el trópico colombiano. Universidad de Caldas. 1 ed. Manizales Colombia. 2001. 511p.

FEBLES, G y RUIZ, T.T. 2008. Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. . [Online]. Instituto de Ciencia Animal, Cuba. Conferencia presentada en el Taller sobre Metodología en Sistemas Agrosilvopastoriles o Agroforestería Pecuaria. [Citado 19 de mayo de 2013]. Disponible en internet: <http://web.ebscohost.com/ehost/results?sid=ee3c1f3b-0196-44a8-966e-590933859c33%40sessionmgr13&vid=17&hid=10&bquery=SISTEMA+SILVOPASTORIL&bdata=JmRiPXpiaCZjbGkwPUZUJmNsdjA9WSZsYW5nPWVzJnR5cGU9MCZzaXRIPWVob3N0LWxpdmU%3d>

GALINDO, W.; ROSALES, M.; MURGUEITIO, E. Y LARRAHONDO, J. 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de guamo, nacedero y matarratón. *Livestock Research for Rrural Development*. 1(1):10-12.

GÁLVEZ, A. Sistemas alternativos de alimentación. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Zootecnia.

GARCÍA, D, *et al.* Preferencia caprina de árboles y arbustos forrajeros en la zona baja de los Andes Trujillanos, Venezuela. *Rev. Cient. Fac. Vet. LUZ*. XVIII (2):68. 2008.

GIOVANNINI, G (1997): The effect of fire on soil quality ñ Physical and chemical aspects. En: *Forest fire risk and management. Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards course*, European Commission, 217-248.

GÓMEZ, M.E., MURGUEITIO, E., RIOS, C., RODRIGUEZ, L. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Cali-Colombia. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV.1997. 147 p.

González E., D., S. Alcalde B., A. Castillo M. Y J. Ortiz C. 1991. Análisis de la dinámica de producción de materia seca y extracción de N, P y K en trigo en diferentes ambientes. Revista Agrocienza Serie Agua-Suelo-Clima. Vol. 2(1):107-131.

GUERRERO, R. Diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá Colombia. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. 1980. 141- 179 p.

HAVARD-DUCLOS, B. Las plantas forrajeras tropicales. Técnicas Agrícolas y producciones tropicales. Barcelona. España. Ed. Blume. 1978. 380 p.

HERNANDEZ, I., MILERA, M., SIMON, L., HERNANDEZ, D., IGLESIAS, J., LAMELA, L., TORAL, O., MATIAS, C y FRANCISCO, G. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. Conferencia electrónica de la FAO_CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. 1998. Artículo No. 4. Disponible en: www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/9/mahe17.100.htm.

HERRERA, A.; VERGARA, O.; CERÓN, M.; AGUDELO, D. Y ARBOLEDA E. 2008. Curvas de crecimiento en bovinos cruzados utilizando el modelo Brody. [Online]. *Volume 20, Article #140*. [Citado 23 Abril de 2013]. Disponible en internet: <http://www.lrrd.org/lrrd20/9/herr20140.htm>

INTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. San Juan de Pasto. 2011.

KELLER, T y HÅKANSSON, I. 2010. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma* 154: 398-406

Taboada, M.A.; Alvarez, C.R. 2008. Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

KRISHNAMURTHY, L y LEOS-RODRIGUEZ, J. Agroforestería en desarrollo. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Chapingo. México. Universidad Autónoma de Chapingo. 1994. 280 p.

LAREDO, M. Y CUESTA, P. Tabla de contenido nutricional en pastos y forrajes de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Nutrición animal. Santa fe de Bogotá, Colombia. 77 pág. 1988

LEMA, A. 1995. Dasometría; algunas aproximaciones estadísticas a la medición forestal. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 215p.

LEZCANO, Y., SOCA, M., SANCHEZ, L., OJEDA, F., OLIVERA, Y., FONTES, D., MONTEJO, L Y SANTANA, H. 2012. Caracterización cualitativa del contenido de metabolitos secundarios en la fracción comestible de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. [Online]. Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”, Ávila, Cuba. [Citado 19 de mayo de 2013]. Disponible en internet: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=ee3c1f3b-0196-44a8-966e-590933859c33%40sessionmgr13&hid=10>

LOPEZ, O., MONTEJO, I y LAMELA, L. 2012. Evaluación del potencial nutricional de cuatro plantas forrajeras para la alimentación de reproductoras cunículas. [Online]. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” Matanzas, Cuba*. [Citado 19 de mayo de 2013]. Disponible en internet: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=ee3c1f3b-0196-44a8-966e-590933859c33%40sessionmgr13&hid=10>

MAHECHA, L. y ROSALES, M. 2005. Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la producción animal en el trópico. [Online]. *Livestock Res. Rural Development*. Volumen 17. Artículo 100. [Citado 19 de mayo de 2013]. Disponible en internet: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/9/mahe17100.htm>.

MÁRQUEZ, G. 2003. Colombia: un país irrepetible. Introducción a los ecosistemas tropicales. Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales y Departamento de Biología. [Citado junio 3 de 2009]. Disponible en internet: www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2010615/lecciones/eco_col/eco_col3.html.

MARTINEZ, R. D. Requerimientos nutricionales del cuy. En PRIMER CURSO INTERNACIONAL DE CUYICULTURA. (1º:2006: Ibarra). Memorias del Primer Curso Internacional de Cuyicultura. Ibarra. Ecuador: ASOPRAN, 2006.

MC DONALD, P.; EDWARD, R. y GREENHALGH, J. 1999. Nutrición animal. 5.ed. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 576p.

MC SWEENEY, C.; MAKKAR, H. y J. D. REED. 2003. Modification of Rumen Fermentation to Reduce Adverse Effects of Phytochemicals. Matching Herbivore Nutrition to Ecosystems Biodiversity. International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Mérida, Yucatán, México, pp. 241-268.

MURGUEITIO, E., ROSALES, M y GÓMEZ, M. Agroforestería para la producción animal sostenible. Centro para la investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Pecuarias. Cali- Colombia. CIPAV. 2001. 67 p.

MUZQUIZ, M. 2006. Factores no-nutritivos en fuentes proteicas de origen vegetal: Su implicación en nutrición y salud [Online]. BRAZILIAN JOURNAL OF FOOD TECHNOLOGY [Río de Janeiro, Brasil]: [citado 19 de mayo de 2013]. Disponible en internet URL: http://www.ital.sp.gov.br/bj/bj_old/brazilianjournal/ed_especial_b/cor-15.pdf

NAKANE, K., TSUBOTA, H., YAMAMOTO, M. (1987);Simulation of soil carbon cycling following clear cutting in a Japanese red pine forest . Journal of Japanese Forest Society: 69, 417-426.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1978. Nutrients of laboratory animals *Guinea pig*. Washington D.C. 96p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. The nutrient requirement of dairy cattle, 7th National Academy Press, Washington, D.C; National Academy Press.

NAVARRO F. y RODRÍGUEZ E. Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (*Tithonia diversifolia Hemsl y Gray*) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis. Universidad del Tolima. Ibagué. Tolima. 1990.

OJEDA, P., RESTREPO, J., VILLADA, D y GALLEGO, J. Sistemas Silvopastoriles. Una opción para el manejo sustentable de la ganadería. Cali-Colombia. Fundación para la investigación y desarrollo agrícola. FIDAR. 2003. 69 p.

ORTEGON. M y MORALES, F. El cuy (*Cavia porcellus*). Pasto- Colombia: Marmor, Edición Técnica, 1987.

PEÑA, M. Fitotecnia de los pastos. La Habana, Cuba. Pueblo y educación. 1995.

PEREZ, A., MONTEJO, I., IGLESIAS, J.M., LOPEZ, O., MARTIN, G., GARCIA, D. IDOLKIS, M Y HERANDEZ, A. 2009. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Generalidades*. [Online]. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey. Matanzas, Cuba*. [Citado 19 de mayo de 2013]. Disponible en internet: <http://web.ebscohost.com/ehost/detail?vid=4&sid=ee3c1f3b-0196-44a8-966e-590933859c33%40sessionmgr13&hid=10&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=zbh&AN=44459541>

PONCE DE LEON, R. y CAPURRO, M. Caracterización física de suelos representativos del área granjera Sur. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 1980. 131 p. En <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema04/text.htm>.

RAMÍREZ, S e HIDALGO, F. Evaluación de algunos recursos forrajeros en el engorde de cuyes. Tesis de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia. Pasto, Colombia: 1998. 150p.

RICO, M y BACHMAN, S. 2006. A taxonomic revision of *Acaciella* (Leguminosae, Mimosoideae). *Anales Jard. Bot. Madrid* 63:189–244. [Citado 3 de junio de 2009]. Disponible en internet: www.homolaicus.com/scienza/erbario/utility/botanicasistemática/index.htm

RÍOS, C. y SALAZAR A. Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico. Buga (Valle): *Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) - Instituto Mayor Campesino (IMCA)*, Julio – Diciembre de 1992.

RIOS, C. Guía para el cultivo y aprovechamiento del botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl. Gray. Bogota Colombia: CAB, Junio de 2002.

RÍOS, C. *Tithonia diversifolia* (Helms.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. [fao.org/WAICENT](http://www.fao.org/WAICENT) [online]. Cali, Colombia, Agosto 1 de 2003 [consultado el 15 noviembre del 2009]. <http://www.fao.org/WAICENT/FaolInfo/Agricult/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Rios> 14.htm

ROIG, J. T y MESA A. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de cuba. La Habana. 1974. 709 p.

ROMERO, Y y RUIZ, Y. 2004. Caracterización anatómica del tracto gastrointestinal del cuy (*Cavia porcellus*). Tesis para optar al título de Médico veterinario. Universidad de Nariño. Pasto. Nariño. Colombia. 171p.

RUBIANO, J. Sistemas Agroforestales II. Universidad Abierta y a Distancia. UNAD. Facultad de Ciencias Agrarias. Ed. Unad. 2001. 422 p.

RUIZ, T.E., FEBLES, G., TORRES, V., GONZALES, J., ACHANG G., SARDUY, L y DIAZ, H. 2010. Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Helms.)Gray en la zona centro-occidental de Cuba. [Online]. *Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba*. [Citado 19 de mayo de 2013]. Disponible en internet: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=ee3c1f3b-0196-44a8-966e-590933859c33%40sessionmgr13&hid=10>

SALDANHA, S. Mezclas forrajeras. 2012. [Online]. Departamento de pasturas EEFAS. [Citado 12 de mayo de 2013]. Disponible en: prodanimal.fagro.edu.uy

SALAMANCA, R. Pastos y forrajes. Producción y manejo. Bogotá – Colombia. USTA. 1990. 339 p.

SÁNCHEZ, A. Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. En www.caprainspana.com/destacados/pasto/pasto.

SAS. Statistical Analysis System. 2008. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.

SASTRE, et al (1990). Estimación del área foliar en plantas de trigo. Área Matemática. Facultad de Agronomía. UNCPBA (Azul, Bs. As.). Disponible en internet: <http://www.unsa.edu.ar/domefa/documentos/VII-reunion/10-Estimacion%20del%20area%20foliar%20en%20plantas%20de%20trigo.pdf>

SIERRA, J O. El enfoque agroecológico de la ganadería como la mejor opción para lograr una producción natural, más limpia y sostenible... El Cebú, N° 324:36-40. 2002.

UNIGARRO SANCHEZ, A., et al. Manual de prácticas de laboratorio. Suelos Generales. Pasto – Colombia. Universidad de Nariño. Editorial Universitaria. 2009. 125 p.

URIBE CALAD, Álvaro. Silvopastoreo. Alternativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la ganadería colombiana. Compilación de las memorias de dos seminarios internacionales sobre sistemas silvopastorales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA. 294 P.

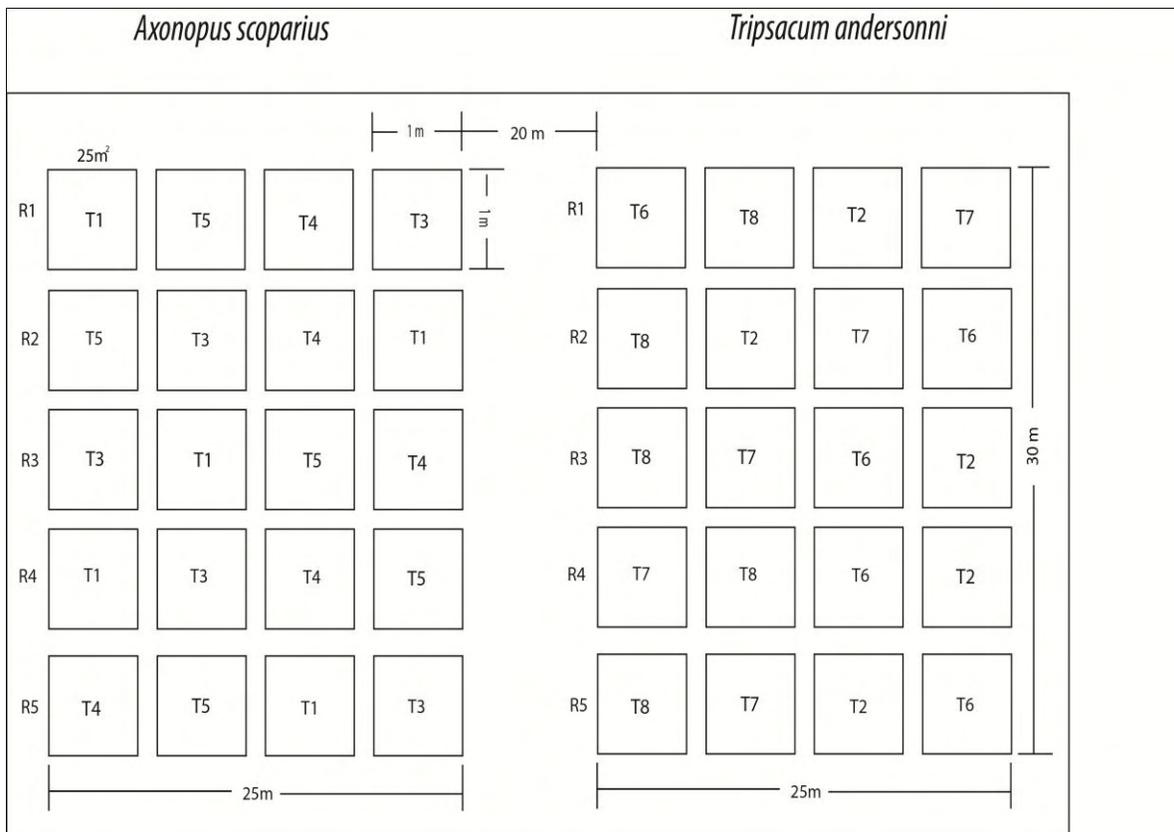
VAN SOEST, P. Nutritional ecology of the ruminant. New York, Cornell. Universiti Press. 1994.

VARGAS, J E. Evaluación de la aceptación del botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl. Gray) en la dieta de ovejas de pelo. 1992.

VARGAS, R. Agrostología. 1994. Universidad del Tolima. Conferencias. Ibagué p 16-28.

ANEXOS

Anexo A. Plano de campo



Anexo B. Producción de biomasa seca (kg) en los cuatro cortes

TTOS	Corte 1		Corte 2		Corte 3		Corte 4	
	Gram	Arb	Gram	Arb	Gram	Arb	Gram	Arb
T1	1,75		4,47		3,58		3,35	
T2	7,11		3,05		2,61		7,05	
T3	1,07	0,05	5,23	0,10	4,18	0,11	5,27	0,11
T4	2,63		3,65		3,53	0,10	6,10	0,13
T5	4,73		3,88	0,12	3,82	0,11	6,78	0,18
T6	5,59	0,15	3,02	0,07	6,64	0,06	10,18	0,15
T7	3,53		2,78		3,80	0,03	7,30	0,09
T8	7,80		3,87		6,95	0,05	9,84	0,11

TTOS: Tratamientos, Gram: Gramínea, Arb: Arbustiva

Fuente: Esta investigación

Anexo C. Anava para producción de biomasa seca

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	18	20.40917788	1.13384322	10.02	<.0001
Error	141	15.95839063	0.11318008		
Total correcto	159	36.36756852			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	0.23890003	0.05972501	0.53	0.7155
PAR	1	4.53164895	4.53164895	40.04	<.0001
REP*PAR	4	0.06714420	0.01678605	0.15	0.9635
SUB	4	4.02379474	1.00594869	8.89	<.0001
PAR*SUB	2	1.07887999	0.53944000	4.77	0.0099
CORTE	3	10.46880996	3.48960332	30.83	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	0.23890003	0.05972501	0.53	0.7155
PAR	1	3.41478943	3.41478943	30.17	<.0001
REP*PAR	4	0.06714420	0.01678605	0.15	0.9635
SUB	4	4.02379474	1.00594869	8.89	<.0001
PAR*SUB	2	1.07887999	0.53944000	4.77	0.0099
CORTE	3	10.46880996	3.48960332	30.83	<.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PESO

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un Índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	141
Error de cuadrado medio	0.11318
Valor crítico del rango estudentizado	2.79580
Diferencia significativa mínima	0.1052

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	No. observaciones	PAR
A	1.14949	80	G
B	0.81290	80	I

Procedimiento GLM
Medias de cuadrados mínimos

PAR	SUB	PESO LSMEAN	Número LSMEAN
G	A	0.87690784	1
G	B	1.29269319	2
G	G	0.99153900	3
G	R	1.43682064	4
I	A	0.80706766	5
I	B	0.80541000	6
I	I	0.65733320	7
I	R	0.98179934	8

Medias de cuadrados mínimos para el efecto PAR*SUB
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Variable dependiente: PESO

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0.0001	0.2831	<.0001	0.5126	0.5026	0.0409	0.3258
2	0.0001		0.0053	0.1777	<.0001	<.0001	<.0001	0.0040
3	0.2831	0.0053		<.0001	0.0851	0.0824	0.0020	0.9272
4	<.0001	0.1777	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
5	0.5126	<.0001	0.0851	<.0001		0.9876	0.1615	0.1027
6	0.5026	<.0001	0.0824	<.0001	0.9876		0.1662	0.0995
7	0.0409	<.0001	0.0020	<.0001	0.1615	0.1662		0.0027
8	0.3258	0.0040	0.9272	<.0001	0.1027	0.0995	0.0027	

Anexo D. Anava para Índice de Área Foliar (IAF)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	18	3417.629028	189.868279	9.41	<.0001
Error	141	2845.228722	20.178927		
Total correcto	159	6262.857750			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	58.837213	14.709303	0.73	0.5736
PAR	1	466.762240	466.762240	23.13	<.0001
REP*PAR	4	8.882210	2.220552	0.11	0.9788
SUB	4	1174.334278	293.583570	14.55	<.0001
PAR*SUB	2	94.641922	47.320961	2.35	0.0996
CORTE	3	1614.171165	538.057055	26.66	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	58.837212	14.709303	0.73	0.5736
PAR	1	534.800741	534.800741	26.50	<.0001
REP*PAR	4	8.882210	2.220553	0.11	0.9788
SUB	4	1174.334278	293.583570	14.55	<.0001
PAR*SUB	2	94.641922	47.320961	2.35	0.0996
CORTE	3	1614.171165	538.057055	26.66	<.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para IAF

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	141
Error de cuadrado medio	20.17893
Valor crítico del rango estudentizado	2.79580
Diferencia significativa mínima	1.4041

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PAR
A	16.5468	80	I
B	13.1308	80	G

Procedimiento GLM
Medias de cuadrados mínimos

PAR	SUB	IAF LSMEAN	Número LSMEAN
G	A	10.0340000	1
G	B	14.6580000	2
G	G	11.4280000	3
G	R	16.4030000	4
I	A	15.0425000	5
I	B	20.5530000	6
I	I	2.4255000	7
I	R	18.1660000	8

Medias de cuadrados mínimos para el efecto PAR*SUB
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Variable dependiente: IAF

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0.0014	0.3281	<.0001	0.0006	<.0001	0.0945	<.0001
2	0.0014		0.0245	0.2213	0.7870	<.0001	0.1183	0.0147
3	0.3281	0.0245		0.0006	0.0120	<.0001	0.4837	<.0001
4	<.0001	0.2213	0.0006		0.3398	0.0041	0.0058	0.2166
5	0.0006	0.7870	0.0120	0.3398		0.0002	0.0675	0.0295
6	<.0001	<.0001	<.0001	0.0041	0.0002		<.0001	0.0951
7	0.0945	0.1183	0.4837	0.0058	0.0675	<.0001		<.0001
8	<.0001	0.0147	<.0001	0.2166	0.0295	0.0951	<.0001	

Anexo E. Anava para altura en gramíneas

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	18	40058.35654	2225.46425	14.47	<.0001
Error	138	21222.26078	153.78450		
Total correcto	156	61280.61732			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	4249.96295	1062.49074		6.91 <.0001
PAR	1	11408.34089	11408.34089	74.18	<.0001
REP*PAR	4	366.39959	91.59990	0.60	0.6664
SUB	4	2479.17781	619.79445	4.03	0.0040
PAR*SUB	2	85.55593	42.77797	0.28	0.7576
CORTE	3	21468.91937	7156.30646	46.53	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	3615.07575	903.76894	5.88	0.0002
PAR	1	6469.41472	6469.41472	42.07	<.0001
REP*PAR	4	379.62243	94.90561	0.62	0.6510
SUB	4	2457.87817	614.46954	4.00	0.0042
PAR*SUB	2	73.75842	36.87921	0.24	0.7871
CORTE	3	21468.91937	7156.30646	46.53	<.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para ALTURA

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	138
Error de cuadrado medio	153.7845
Valor crítico del rango estudentizado	2.79633
Diferencia significativa mínima	3.9146
Media armónica de tamaño de celdas	78.47134

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PAR
A	113.481	80	G
B	96.117	77	I

Procedimiento GLM
Medias de cuadrados mínimos

PAR	SUB	Altura LSMEAN	Número LSMEAN
G	A	109.425000	1
G	B	114.200000	2
G	G	114.250000	3
G	R	116.050000	4
I	A	92.515000	5
I	B	101.114312	6
I	I	89.835365	7
I	R	101.535365	8

Medias de cuadrados mínimos para el efecto PAR*SUB
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Variable dependiente: ALTURA

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0.2254	0.2206	0.0934	<.0001	0.0385	<.0001	0.0493
2	0.2254		0.9898	0.6378	<.0001	0.0013	<.0001	0.0018
3	0.2206	0.9898		0.6470	<.0001	0.0012	<.0001	0.0017
4	0.0934	0.6378	0.6470		<.0001	0.0003	<.0001	0.0004
5	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		0.0323	0.5016	0.0249
6	0.0385	0.0013	0.0012	0.0003	0.0323		0.0058	0.9168
7	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.5016	0.0058		0.0042
8	0.0493	0.0018	0.0017	0.0004	0.0249	0.9168	0.0042	

Anexo F. Anava para profundidad radicular en gramíneas

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	13	279.8263889	21.5251068	7.32	0.0017
Error	10	29.4131944	2.9413194		
Total correcto	23	309.2395833			

Fuente	DF	Anova I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	3	98.56250000	32.85416667	11.17	0.0016
PAR	1	90.09375000	90.09375000	30.63	0.0002
REP*PAR	3	71.31250000	23.77083333	8.08	0.0050
SUB	4	5.74652778	1.43663194	0.49	0.7445
PAR*SUB	2	14.11111111	7.05555556	2.40	0.1409

Fuente	DF	Anova III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	3	98.60590278	32.86863426	11.17	0.0016
PAR	1	12.83437500	12.83437500	4.36	0.0632
REP*PAR	3	72.81423611	24.27141204	8.25	0.0047
SUB	4	5.74652778	1.43663194	0.49	0.7445
PAR*SUB	2	14.11111111	7.05555556	2.40	0.1409

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para RAIZ

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	2.941319
Valor crítico del rango estudentizado	3.15106
Diferencia significativa mínima	1.56

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey agrupamiento	Media	Numero de observaciones	Trat
A	30.9167	12	G
B	27.0417	12	I

Procedimiento GLM
Medias de cuadrados mínimos

PAR	SUB	RAIZ LSMEAN	Numero LSMEAN
G	A	29.9861111	1
G	B	30.6527778	2
G	G	31.0416667	3
G	R	30.9861111	4
I	A	29.8958333	5
I	B	28.2291667	6
I	I	27.3125000	7
I	R	26.5625000	8

Medias de cuadrados mínimos para el efecto PAR*SUB
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Variable dependiente: RAIZ

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0.6442	0.5286	0.4915	0.9559	0.2955	0.1130	0.0569
2	0.6442		0.8148	0.8167	0.6446	0.1588	0.0552	0.0279
3	0.5286	0.8148		0.9733	0.4738	0.0976	0.0309	0.0156
4	0.4915	0.8167	0.9733		0.5089	0.1139	0.0382	0.0195
5	0.9559	0.6446	0.4738	0.5089		0.2615	0.1412	0.0386
6	0.2955	0.1588	0.0976	0.1139	0.2615		0.5833	0.2615
7	0.1130	0.0552	0.0309	0.0382	0.1412	0.5833		0.6527
8	0.0569	0.0279	0.0156	0.0195	0.0386	0.2615	0.6527	

Anexo G. Anava para periodo de recuperación

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	28382.92969	4054.70424	214.58	<.0001
Error	24	453.50000	18.89583		
Total correcto	31	28836.42969			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	866.32031	866.32031	45.85	<.0001
CORTE	3	27504.77344	9168.25781	485.20	<.0001
REP	3	11.83594	3.94531	0.21	0.8893

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	866.32031	866.32031	45.85	<.0001
CORTE	3	27504.77344	9168.25781	485.20	<.0001
REP	3	11.83594	3.94531	0.21	0.8893

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para RECU

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	24
Error de cuadrado medio	18.89583
Valor crítico del rango estudentizado	2.91880
Diferencia significativa mínima	3.172

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	149.500	16	T1
B	139.094	16	T2

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para RECU

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	24
Error de cuadrado medio	18.89583
Valor crítico del rango estudentizado	3.90126
Diferencia significativa mínima	5.9957

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	CORTE
A	181.750	8	1
B	163.438	8	4
C	121.813	8	2
D	110.188	8	3

Anexo H. Anava para altura de planta en arbustivas

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	19	47854.83641	2990.92728	6.19	<.0001
Error	98	47344.78219	483.11002		
Total correcto	114	95199.61861			

Fuente	DF	Anova I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	12957.09861	3239.27465	6.71	<.0001
PAR	1	1641.11182	1641.11182	3.40	0.0683
REP*PAR	4	2218.82333	554.70583	1.15	0.3386
SUB	2	12037.88494	6018.94247	12.46	<.0001
PAR*SUB	2	442.72985	221.36492	0.46	0.6338
CORTE	3	18557.18787	6185.72929	12.80	<.0001

Fuente	DF	Anova III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	12966.35029	3241.58757	6.71	<.0001
PAR	1	808.82420	808.82420	1.67	0.1987
REP*PAR	4	2218.82333	554.70583	1.15	0.3386
SUB	2	13251.09420	6625.54710	13.71	<.0001
PAR*SUB	2	217.89538	108.94769	0.23	0.7985
CORTE	3	18557.18787	6185.72929	12.80	<.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para ALTURA

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	98
Error de cuadrado medio	483.11
Valor crítico del rango estudentizado	2.80646
Diferencia significativa mínima	8.1425
Media armónica de tamaño de celdas	57.3913

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey agrupamiento	Media	Numero de observaciones	Trat
A	99.733	60	G
A	92.171	55	I

Procedimiento GLM

Medias de cuadrados mínimos

PAR	SUB	ALTURA LSMEAN	Numero LSMEAN
G	A	108.650000	1
G	B	107.700000	2
G	R	82.850000	3
I	A	102.692000	4
I	B	99.370000	5
I	R	81.050000	6

Medias de cuadrados mínimos para el efecto PAR*SUB
 Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Variable dependiente: ALTURA

i/j	1	2	3	4	5	6
1		0.8916	0.0003	0.4358	0.1849	0.0001
2	0.8916		0.0005	0.5123	0.2336	0.0002
3	0.0003	0.0005		0.0106	0.0194	0.7962
4	0.4358	0.5123	0.0106		0.6636	0.0054
5	0.1849	0.2336	0.0194	0.6636		0.0098
6	0.0001	0.0002	0.7962	0.0054	0.0098	

Anexo I. Anava para diámetro de copa

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	16	77870.6727	4866.9170	10.73	<.0001
Error	103	46739.5553	453.7821		
Total correcto	119	124610.2280			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	3249.62300	812.40575	1.79	0.1364
PAR	1	19031.04533	19031.04533	41.94	<.0001
REP*PAR	4	3259.37300	814.84325	1.80	0.1354
SUB	2	17849.24150	8924.62075	19.67	<.0001
PAR*SUB	2	11577.93117	5788.96558	12.76	<.0001
CORTE	3	22903.45867	7634.48622	16.82	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	3249.62300	812.40575	1.79	0.1364
PAR	1	19031.04533	19031.04533	41.94	<.0001
REP*PAR	4	3259.37300	814.84325	1.80	0.1354
SUB	2	17849.24150	8924.62075	19.67	<.0001
PAR*SUB	2	11577.93117	5788.96558	12.76	<.0001
CORTE	3	22903.45867	7634.48622	16.82	<.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para D

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	103
Error de cuadrado medio	453.7821
Valor crítico del rango estudentizado	3.36313
Diferencia significativa mínima	11.328

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	SUB
A	104.388	40	B
B	78.608	40	A
B	78.425	40	R

Procedimiento GLM
Medias de cuadrados mínimos

PAR	SUB	Diámetro LSMEAN	Número LSMEAN
G	A	77.330000	1
G	B	123.265000	2
G	R	98.605000	3
I	A	79.885000	4
I	B	85.510000	5
I	R	58.245000	6

Medias de cuadrados mínimos para el efecto PAR*SUB
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Variable dependiente: D

i/j	1	2	3	4	5	6
1		<.0001	0.0021	0.7053	0.2274	0.0055
2	<.0001		0.0004	<.0001	<.0001	<.0001
3	0.0021	0.0004		0.0065	0.0546	<.0001
4	0.7053	<.0001	0.0065		0.4056	0.0018
5	0.2274	<.0001	0.0546	0.4056		0.0001
6	0.0055	<.0001	<.0001	0.0018	0.0001	

Anexo J. Anava para rebrotes

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	16	3957.909167	247.369323	8.57	<.0001
Error	83	2396.200833	28.869890		
Total correcto	99	6354.110000			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	1252.960000	313.240000	10.85	<.0001
PAR	1	542.890000	542.890000	18.80	<.0001
REP*PAR	4	244.360000	61.090000	2.12	0.0860
SUB	2	1050.135000	525.067500	18.19	<.0001
PAR*SUB	2	186.935000	93.467500	3.24	0.0443
CORTE	3	680.629167	226.876389	7.86	0.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	4	1252.960000	313.240000	10.85	<.0001
PAR	1	445.556250	445.556250	15.43	0.0002
REP*PAR	4	244.360000	61.090000	2.12	0.0860
SUB	2	1320.987500	660.493750	22.88	<.0001
PAR*SUB	2	186.935000	93.467500	3.24	0.0443
CORTE	3	680.629167	226.876389	7.86	0.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para R

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	83
Error de cuadrado medio	28.86989
Valor crítico del rango estudentizado	2.81281
Diferencia significativa mínima	2.1374

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PAR
A	20.160	50	G
B	15.500	50	I

Procedimiento GLM
Medias de cuadrados mínimos

SUB	Rebrotos LSMEAN	Número LSMEAN
A	11.7125000	1
B	21.6750000	2
R	16.0000000	3

Medias de cuadrados mínimos para el efecto SUB
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Variable dependiente: R

i/j	1	2	3
1		<.0001	0.0085
2	<.0001		<.0001
3	0.0085	<.0001	

Procedimiento GLM
Medias de cuadrados mínimos

PAR	SUB	Rebrotos LSMEAN	Número LSMEAN
G	A	13.4125000	1
G	B	25.6500000	2
G	R	17.0000000	3
I	A	10.0125000	4
I	B	17.7000000	5
I	R	15.0000000	6

Medias de cuadrados mínimos para el efecto PAR*SUB
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Variable dependiente: R

i/j	1	2	3	4	5	6
1		<.0001	0.1014	0.1608	0.0511	0.4657
2	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
3	0.1014	<.0001		0.0018	0.6814	0.2425
4	0.1608	<.0001	0.0018		0.0006	0.0238
5	0.0511	<.0001	0.6814	0.0006		0.1158
6	0.4657	<.0001	0.2425	0.0238	0.1158	

Anexo K. Anava para profundidad radicular en arbustivas

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	565.2812500	51.3892045	1.92	0.1393
Error	12	321.6250000	26.8020833		
Total correcto	23	886.9062500			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	333.0625000	166.5312500	6.21	0.0141
PAR	1	8.7604167	8.7604167	0.33	0.5781
REP*PAR	2	24.1458333	12.0729167	0.45	0.6477
SUB	4	140.2013889	35.0503472	1.31	0.3219
PAR*SUB	2	59.1111111	29.5555556	1.10	0.3634

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	333.0625000	166.5312500	6.21	0.0141
PAR	1	37.5555556	37.5555556	1.40	0.2594
REP*PAR	2	24.1458333	12.0729167	0.45	0.6477
SUB	4	140.2013889	35.0503472	1.31	0.3219
PAR*SUB	2	59.1111111	29.5555556	1.10	0.3634

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PR

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	12
Error de cuadrado medio	26.80208
Valor crítico del rango estudentizado	3.08132
Diferencia significativa mínima	4.605

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PAR
A	32.292	12	I
A	31.083	12	G

Procedimiento GLM
Medias de cuadrados mínimos

PAR	SUB	P. Radicular LSMEAN	Número LSMEAN
G	A	29.0000000	1
G	B	34.0000000	2
G	G	31.0000000	3
G	R	30.3333333	4
I	A	37.0000000	5
I	B	34.0000000	6
I	I	27.1666667	7
I	R	31.0000000	8

Medias de cuadrados mínimos para el efecto PAR*SUB
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Variable dependiente: PR

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0.2598	0.6446	0.7579	0.0828	0.2598	0.6722	0.6446
2	0.2598		0.4914	0.4027	0.4914	1.0000	0.1319	0.4914
3	0.6446	0.4914		0.8773	0.1812	0.4914	0.3823	1.0000
4	0.7579	0.4027	0.8773		0.1407	0.4027	0.4682	0.8773
5	0.0828	0.4914	0.1812	0.1407		0.4914	0.0383	0.1812
6	0.2598	1.0000	0.4914	0.4027	0.4914		0.1319	0.4914
7	0.6722	0.1319	0.3823	0.4682	0.0383	0.1319		0.3823
8	0.6446	0.4914	1.0000	0.8773	0.1812	0.4914	0.3823	

Anexo L. Anava para consumo en la fase de levante de cuyes

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	1839.634076	229.954259	182.25	<.0001
Error	23	29.020446	1.261759		
Total correcto	31	1868.654522			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	1839.222397	262.746057	208.24	<.0001
PI	1	0.411679	0.411679	0.33	0.5734

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	1771.767761	253.109680	200.60	<.0001
PI	1	0.411679	0.411679	0.33	0.5734

Anexo M. Anava para ganancia de peso en fase de levante de cuyes

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	54.08411610	6.76051451	94.68	<.0001
Error	23	1.64228390	0.07140365		
Total correcto	31	55.72640000			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	54.06000000	7.72285714	108.16	<.0001
PI	1	0.02411610	0.02411610	0.34	0.5668

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	48.89366198	6.98480885	97.82	<.0001
PI	1	0.02411610	0.02411610	0.34	0.5668

Anexo N. Anava para conversión alimenticia en fase de levante de cuyes

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	91.11158590	11.38894824	75.27	<.0001
Error	23	3.48030160	0.15131746		
Total correcto	31	94.59188750			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	91.01228750	13.00175536	85.92	<.0001
PI	1	0.09929840	0.09929840	0.66	0.4262

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	83.98449709	11.99778530	79.29	<.0001
PI	1	0.09929840	0.09929840	0.66	0.4262

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para MS

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	23
Error de cuadrado medio	1.261759
Valor crítico del rango estudentizado	4.70185
Diferencia significativa mínima	2.6407

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	63.7925	4	2
B	60.6425	4	8
B			
B	59.3825	4	1
C	54.3175	4	5
C			
D C	53.5000	4	6
D			
D	51.4225	4	7
E	43.3825	4	3
E			
E	40.8125	4	4

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para GPD

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	23
Error de cuadrado medio	0.071404
Valor crítico del rango estudentizado	4.70185
Diferencia significativa mínima	0.6282

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	7.8050	4	1
B	6.6375	4	2
C	4.8525	4	8
C	4.8325	4	3
C	4.7450	4	6
C	4.3550	4	5
C	4.2525	4	7
D	3.5800	4	4

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para CA

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	23
Error de cuadrado medio	0.151317
Valor crítico del rango estudentizado	4.70185
Diferencia significativa mínima	0.9145

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	12.5050	4	8
A			
A	12.4750	4	5
A			
B A	12.0975	4	7
B			
B	11.4150	4	4
B			
B	11.3025	4	6
C	9.6175	4	2
C			
C	8.9800	4	3
D	7.6325	4	1

Anexo O. Anava para consumo en fase de ceba en cuyes

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	6101.801972	762.725246	225.88	<.0001
Error	23	77.664116	3.376701		
Total correcto	31	6179.466088			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	6101.743088	871.677584	258.14	<.0001
PI	1	0.058884	0.058884	0.02	0.8961

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	2565.689993	366.527142	108.55	<.0001
PI	1	0.058884	0.058884	0.02	0.8961

Anexo P. Anava para ganancia de peso en fase de ceba para cuyes

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	63.34377145	7.91797143	30.20	<.0001
Error	23	6.03090043	0.26221306		
Total correcto	31	69.37467188			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	63.13234688	9.01890670	34.40	<.0001
PI	1	0.21142457	0.21142457	0.81	0.3785

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	15.50443726	2.21491961	8.45	<.0001

PI	1	0.21142457	0.21142457	0.81	0.3785
----	---	------------	------------	------	--------

Anexo Q. Anava de conversión alimenticia en fase de ceba para cuyes

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	46.55354945	5.81919368	12.72	<.0001
Error	23	10.51802243	0.45730532		
Total correcto	31	57.07157188			

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	46.35829687	6.62261384	14.48	<.0001
PI	1	0.19525257	0.19525257	0.43	0.5200

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	7	43.70788191	6.24398313	13.65	<.0001
PI	1	0.19525257	0.19525257	0.43	0.5200

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para MS

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	23
Error de cuadrado medio	3.376701
Valor crítico del rango estudentizado	4.70185
Diferencia significativa mínima	4.32

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	86.333	4	2
B	81.948	4	1
C	70.470	4	8
D	60.678	4	5
D	60.415	4	6
D	59.195	4	7
E	46.475	4	3
E	46.433	4	4

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para GPD

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	23
Error de cuadrado medio	0.262213
Valor crítico del rango estudentizado	4.70185
Diferencia significativa mínima	1.2038

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	8.7500	4	1
A			
A	8.3650	4	2
B	6.2800	4	8
B			
C B	5.8100	4	6
C B			
C B	5.3300	4	3
C B			
C B	5.2775	4	4
C			
C	5.0375	4	5
C			
C	4.9825	4	7

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para CA

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	23
Error de cuadrado medio	0.457305
Valor crítico del rango estudentizado	4.70185
Diferencia significativa mínima	1.5898

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	12.0750	4	5
A			
B A	11.9075	4	7
B A			
B A	11.2225	4	8
B			
B C	10.4125	4	6
B C			
B C	10.3550	4	2
C			
D C	9.4050	4	1
D C			
D C	8.9575	4	4
D			
D	8.7375	4	3

