

**PRODUCTIVIDAD DE LOS CUYES (*Cavia porcellus*) ALIMENTADOS CON LA
MEZCLA MARALFALFA (*Pennisetum sp.*)- RAMIO (*Boehmeria nivea*) BAJO
FERTILIZACIÓN MINERAL Y ORGÁNICA, EN CLIMA MEDIO**

ELIZABETH LAGOS BURBANO

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

2013

**PRODUCTIVIDAD DE LOS CUYES (*Cavia porcellus*) ALIMENTADOS CON LA
MEZCLA MARALFALFA (*Pennisetum sp.*)- RAMIO (*Boehmeria nivea*) BAJO
FERTILIZACIÓN MINERAL Y ORGÁNICA, EN CLIMA MEDIO**

ELIZABETH LAGOS BURBANO

**Trabajo de grado para optar el título de Magister en Ciencias Agrarias con
énfasis en Producción Animal**

Director de trabajo:

JOSE EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO, Zoot., MSc., Ph.D .

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

2013

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“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

JAVIER ANDRÉS MARTÍNEZ, Zoot. MSc.
Jurado delegado

CARLOS SOLARTE PORTILLA, Zoot. MSc., PhD
Jurado

HERNAN BURBANO ORJUELA, I.A., MSc
Jurado

JOSE EDMUNDO APRÁEZ G, Zoot. MSc., PhD
Presidente

San Juan de Pasto, Mayo de 2013

AGRADECIMIENTOS

José Edmundo Apráez Guerrero
Carlos Solarte Portilla
Javier Andrés Martínez Benavides
Hernan Burbano Orjuela
Tulio Cesar Lagos B.
Amanda Silva P.
Hernando Criollo
Carlos Malhado
Sandra Espinoza
Lesvy Ramos
Diana Ortiz

Zootecnista, MSc., PhD
Zootecnista, MSc., PhD
Zootecnista, MSc.
Ing. Agrónomo, MSc.
Ing. Agrónomo., MSc., PhD
Ing. Agrónoma., MSc.
Ing. Agrónomo., MSc.
PhD
Ing. Acuícola
Zootecnista, Ing. Acuícola
Zootecnista

DEDICATORIA

A MIS PADRES: por su permanente apoyo en todo momento de mi vida, por sus enseñanzas, consejos y eterna paciencia.

A MI ESPOSO: por brindarme calma y una palabra de aliento en su justo momento.

A MIS HIJAS: Liz, Diana, Angie y Laura quienes han bendecido mi vida y han hecho este camino más llevadero.

A MIS HERMANOS Y SOBRINOS

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la vereda Santa Ana, ubicada en el corregimiento de Matituy, municipio de la Florida, a 1900 msnm, con temperatura promedio anual de 18°C y una precipitación anual de 1200 mm (IDEAM, 2012).

El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de los cuyes alimentados con forraje proveniente de la asociación maralfalfa-ramio cultivada bajo diferentes tipos de fertilización, mineral y orgánica.

La valoración agronómica y nutricional se realizó en un lote experimental de 647,15 m² y mediante un diseño de bloques al azar con arreglo factorial de 3 x 4 se midieron los efectos del número de corte y el tipo de fertilización, los tratamientos fueron T1: testigo sin fertilizante, T2: parcelas con fertilización mineral, T3: fertilización orgánica y T4: fertilización orgánica-mineral..

El forraje obtenido de las diferentes parcelas experimentales se valoró en una prueba de comportamiento, para ello se emplearon 48 cuyes machos con peso promedio de 330 g; bajo un diseño irrestrictamente al azar para determinar el peso final, ganancia de peso y conversión alimenticia. Con el modelo no lineal de Brody se describió el crecimiento de los cuyes y finalmente se utilizó la prueba no paramétrica de Kaplan-Meier para realizar el análisis de supervivencia.

El ramio respondió positivamente a la fertilización mineral y orgánico-mineral, pero no sucedió lo mismo con maralfalfa. La fertilización en mezcla puso en evidencia el efecto complementario de las dos fuentes, factor que se reflejó en una mayor ($p < 0,05$) producción de biomasa seca de la asociación hacia el segundo corte (7,11 t/ha), mientras que la aplicación de fertilizante orgánico presentó diferencias ($p < 0,05$) solo en el elemento fósforo en el tercer corte.

Los Animales alimentados con el forraje proveniente de parcelas con fertilización mineral presentaron un mejor comportamiento productivo, con ganancias de peso de 316,15 g y conversión alimenticia de 11,97, debido a las características nutricionales de la mezcla con 10,5 % de proteína y 50% de NDT. No hubo efecto de la fertilización sobre los parámetros peso adulto e índice de madurez, al igual que la probabilidad de supervivencia para los animales.

ABSTRACT

This work was conducted in the town of Santa Ana, located in the village of Matituy, municipality of Florida, at 1900 msnm, with an average annual temperature of 18 ° C and an annual rainfall of 1200 mm (IDEAM, 2012).

The aim was to evaluate the production of guinea pigs with forage maralfalfa-ramio association cultivated with different mineral and organic fertilizers.

the Agronomic and nutritional assessment were performed in an experimental plot of 647.15 m² and using a randomized block design with a factorial arrangement of 3 x 4 was measured the effects the interaction between number of cut and type of fertilization, the treatments were T1: control without fertilizer, T2: with mineral fertilization, T3: organic fertilizer and T4: organic-mineral fertilization, which were evaluated during three cuts.

The forage obtained from the experimental plots of land were assessed in a production test with guinea pigs, for this 48 male animals with an average weight of 330 g were used, also an unrestrictedly randomized design to evaluate the final weight, weight gain and feed conversion. With Brody nonlinear model the growth of guinea pigs was described and finally the survival analysis was applied.

The ramio produced positive results by mineral and organic-mineral fertilization, but not was the same with maralfalfa. Fertilization in mixture showed the complementary effect of the two sources, a factor that produced greater ($p < 0.05$) dry biomass production of the association in the second cut (7.11 t / ha), the application of organic fertilizer increased ($p < 0.05$) only the phosphorus content in the third cut.

The animals were fed with forage plots treated with mineral fertilizers had better production, weight gain was 316.15 g, feed conversion was 11.97 because of the nutritional characteristics of the food, the protein content was 10 , 5% and 50% of TDN. There was no effect of fertilization on adult weight, maturity index and the probability of survival of the animals.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. REVISIÓN DE LITERATURA	22
1.1 NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE LOS CUYES	22
1.2 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY	22
1.2.1 Energía.....	22
1.2.2 Proteína.....	23
1.2.3 Fibra	24
1.2.4 Agua	24
1.2.5 Minerales.....	25
1.3 CRECIMIENTO Y DESARROLLO ANIMAL	25
1.3.1 Crecimiento	26
1.3.2 Desarrollo.....	26
1.3.3 Factores que afectan el crecimiento y desarrollo	27
1.3.4 Medición del crecimiento.....	31
1.3.5 Curva de crecimiento.....	31
1.3.6 Modelo matemático.	33
1.4 PASTOS Y FORRAJES DE CLIMA MEDIO Y CÁLIDO.	34
1.4.1 Ramio (<i>Boehmeria nivea</i>).	34
1.4.2 Maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>).	38
1.5 ASOCIACIONES FORRAJERAS	42
2. DISEÑO METODOLÓGICO	43
2.1. LOCALIZACIÓN	43
2.2 FASE 1	43
2.2.1 Establecimiento de la asociación maralfalfa-ramio.	43
2.2.2 Material Experimental.....	44
2.2.3 Tratamientos.	44
2.2.4 Diseño experimental.....	44

2.2.5	Variables agronómicas:	46
2.2.6	Variables nutricionales	47
2.2.6.1	Materia seca	47
2.2.7	Análisis de la Información	49
2.3	FASE 2	49
2.3.1	Prueba de comportamiento animal.	49
2.3.1	Animales.	49
2.3.2	Plan sanitario	49
2.3.3	Instalaciones y equipos	50
2.3.4	Alimentación.	50
2.3.5	Tratamientos	50
2.3.6	Diseño Experimental.	50
2.3.7	Variables a evaluar	52
2.3.8	Análisis estadístico	52
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
3.1	COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA ASOCIACIÓN MARALFALFA-RAMIO, BAJO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL.	55
3.1.1.	Altura de planta Maralfalfa (APM) y altura de planta de Ramio (APR).	57
3.1.2.	Relación Hoja Tallo maralfalfa (HTM) y relación hoja tallo ramio (HTR).	58
3.1.3.	Índice de área foliar en maralfalfa (IAFM) e índice de área foliar en Ramio (IAFR).	59
3.1.4	Período de recuperación de maralfalfa (PRM).	59
3.2	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA ASOCIACIÓN MARALFALFA-RAMIO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.	60
3.2.1	Materia seca	60
3.2.2	Proteína Bruta (PB).	63
3.2.3	Fibra detergente neutra (FDN).	65
3.2.4	Fibra detergente acida FDA.	67
3.2.5	Celulosa	68

3.2.6	Lignina.....	70
3.2.7	Cenizas.	71
3.2.8	Hemicelulosa.	72
3.2.7	Nutrientes digestibles totales (NDT).....	73
3.2.8	Fósforo	75
3.3	PRUEBA DE COMPORTAMIENTO ANIMAL	77
3.3.1	Peso final (PF).	79
3.3.2	Ganancia de peso.	79
3.3.3	Conversión alimenticia	81
3.3.4	Curvas de crecimiento.	82
3.3.3	Análisis de supervivencia	88
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	92
	BIBLIOGRAFIA	93
	ANEXOS.....	106

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Necesidades nutricionales del cuy tipo carne	24
Tabla 2. Análisis Bromatológico del ramio (<i>Boehmeria nivea</i> L.)	38
Tabla 3. Análisis bromatológico del pasto maralfalfa (<i>Penissetum</i> sp.)	41
Tabla 4. Descripción matemática de los modelos de crecimiento	53
Tabla 5. ANDEVA para las variables MFM, MFR, APM, APR, HTM, HTR, IAFM, IAFR y PRM evaluadas en la asociación maralfalfa-ramio, bajo fertilización orgánica y mineral.....	55
Tabla 6. Prueba de Tukey para las variables BFM, BFR, APM, APR, HTM, HTR, IAFM, IAFR y PRM evaluadas en la asociación maralfalfa-ramio, bajo fertilización orgánica y mineral.....	56
Tabla 7. ANDEVA para producción de MS y sus componentes nutricionales PB, ENN, FDN, FDA, CEL, HEMI, NDT, C, EE, Ca, P, LIG y FC (ton /ha/corte)	62
Tabla 8. Análisis de covarianza para las variables peso final (PF), ganancia de peso (GP) y conversión alimenticia (CA).	79
Tabla 9. Valores de las sumas de cuadrados del error (SCE), coeficiente de determinación (R^2), criterio de información de Akaike (AIC), criterio de información Bayesiano (BIC) y porcentaje de convergencia (% C).	83
Tabla 10. Estimaciones de los parámetros (A, B y K) para los modelos ajustados en cuyes para los cuatro tratamientos.....	85

Tabla 11. Prueba de igualdad de distribuciones de supervivencia.....88

Tabla 12. Medias del tiempo de supervivencia para los cuatro tratamientos.90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Curva de crecimiento en la que se relaciona el peso con el tiempo.....	32
Figura 2. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable materia seca de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).	60
Figura 3. Régimen de lluvias en el departamento de Nariño (IDEAM, 2012)	63
Figura 4. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable proteína bruta de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).....	64
Figura 5. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable FDN de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).	66
Figura 6. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable FDA de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).	67
Figura 7. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable celulosa de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).	69
Figura 8. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable lignina de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).	70
Figura 9. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable cenizas de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).	71
Figura 10. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable hemicelulosa de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).	73
Figura 11. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable NDT de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).	74

Figura 12. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable fósforo de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).	76
Figura 13. Medias y medias ajustadas de la variable peso final.....	77
Figura 14. Medias y medias ajustadas de la variable Ganancia de peso	78
Figura 15. Medias y medias ajustadas de la variable Ganancia de peso	78
Figura 16. Efecto de los diferentes tipos de fertilización en la mezcla maralfalfa-ramio sobre las variables peso final (PF) y ganancia de peso (GP).	80
Figura 17. Efecto de los diferentes tipos de fertilización en la mezcla maralfalfa-ramio sobre la variable conversión alimenticia (CA).....	81
Figura 18. Estimación de los pesos, desde el nacimiento hasta los 90 días de edad de cuyes alimentados con los forrajes SF, FM, FO y FOM, obtenidos con el modelo de Brody.....	87
Figura 19. Curva de supervivencia acumulada en cuyes alimentados con forraje SF, FM, FO, FOM.	89

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Reporte del análisis de suelos del área de estudio	107
Anexo B. Composición gallinaza compostada	108
Anexo C. Extracción anual de nutrimentos de algunas especies forrajeras	109
Anexo D. Composición nutricional de las parcelas con diferente fertilización	110
Anexo E. Consumo de materia seca g/día	111
Anexo F. Cuadrados medios del ANDEVA para los parámetros A, B y K obtenidos con el modelo de crecimiento de Brody para los cuyes alimentados con los forrajes de las parcelas SF, con FM, FO y FOM.	112

INTRODUCCIÓN

La producción de cuy en el departamento de Nariño tiene gran importancia en la economía de la región. Un estudio comparativo del sector pecuario realizado en el 2009, muestra que a nivel nacional el departamento ocupa el primer lugar en cuyicultura con un inventario de 1.120.940 animales, constituyéndose en la segunda actividad pecuaria local, seguida de la avicultura (www.laflorida-narino.gov.co). Sin embargo en el 60% de los municipios de clima frío y cálido la crianza de los cuyes se realiza como una labor alterna a la agricultura (Echeverry y Enríquez, 2011).

En el corregimiento de Matituy el 50% de la población, se beneficia de la actividad agrícola, principalmente del cultivo de café, el 30% se dedica a la ganadería ovina, porcina el 20% restante a la manufactura y a la cuyicultura (Sitio oficial de la Florida, 2012). La crianza de cuyes se realiza de manera tradicional, con forrajes de baja calidad e índices productivos y reproductivos inadecuados que afectan y desincentivan esta empresa pecuaria.

La base de la alimentación en estos sistemas la constituyen gramíneas como el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*), kingrass (*Saccharum sinense Roxb*), entre otros y pocas fuentes de proteína como el ramio (*Boehmeria nivea*), con un manejo escaso o casi nulo en prácticas de tipo agronómicas como la fertilización, de tal manera que los forrajes son de baja calidad alimenticia; lo que genera crecimiento lento de los animales, mortalidad alta e ingresos bajos.

El estudio del valor nutritivo de los principales alimentos utilizados en cuyes y de los requerimientos de esta especie, así como el conocimiento de las condiciones edafoclimáticas, se constituyen en herramientas clave para lograr un suministro adecuado de nutrientes, la toma correcta de decisiones y garantizar el éxito de una empresa cuyícola (Caycedo, 2000).

Por tanto, este proyecto estuvo orientado a encontrar una alternativa de alimentación viable para la producción cuyícola de esta zona, que permita satisfacer las necesidades de los cuyes, con mezclas forrajeras bajo condiciones adecuadas de manejo, que mejoren los rendimientos productivos de los animales y económicos del productor.

Acorde con lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

Objetivo general:

Evaluar el comportamiento productivo de los cuyes alimentados con la mezcla ramio-maralfalfa cultivada bajo fertilización orgánico- mineral.

Objetivos específicos:

- Evaluar el comportamiento agronómico de la asociación maralfalfa-ramio, cultivada bajo fertilización orgánica y mineral.
- Establecer la composición nutricional de la asociación maralfalfa-ramio en los diferentes tratamientos.
- Determinar el comportamiento productivo de cuyes alimentados con forraje proveniente del asocio ramio-maralfalfa con diferentes tipos de fertilización,

HIPÓTESIS

Hipótesis nula (Ho):

El rendimiento productivo de los cuyes no se afecta con el suministro de la mezcla forrajera proveniente de la asociación ramio-maralfalfa bajo fertilización orgánica y mineral, en clima medio.

Hipótesis alterna (Ha):

El rendimiento productivo de los cuyes se afecta con el suministro de la mezcla forrajera proveniente de la asociación ramio-maralfalfa bajo fertilización orgánica y mineral, en clima medio

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE LOS CUYES

El cuy, es una especie herbívora, tiene dos tipos de digestión: enzimática a nivel del estómago e intestino delgado y microbial a nivel del ciego. Su mayor o menor actividad depende de la composición de la ración alimenticia. Este factor contribuye a dar versatilidad a los sistemas de alimentación (Aliaga, 1993).

El alimento básico de los cuyes lo constituye el forraje proveniente de algunas gramíneas, leguminosas, arboles forrajeros, arvenses, (Caycedo, 2000). Un gazapo en su período de lactancia, consume hasta 100 gramos de forraje verde/día, esta cantidad se dobla al terminar las cuatro semanas de edad. En la fase de levante de los 30 a 60 días de edad, consumen 350 gramos/día y en la fase de engorde de los 60 a los 100 días de 400 a 500 gramos/día, este depende de factores como la temperatura de la zona, la calidad de los pastos, el estado de crecimiento y la frecuencia de suministro. La capacidad de ingestión es el 40% del peso vivo aproximadamente (Muñoz *et al.*, 2004).

1.2 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY

Para producir es indispensable tener el conocimiento de las necesidades nutritivas del cuy: materia seca, proteína, fibra, grasa, carbohidratos solubles y su aporte en energía digestible o nutrientes digestibles totales (NDT). De igual manera los requerimientos de vitaminas y minerales, para las diferentes fases productivas. Esto permite lograr una adecuada combinación de forrajes, un aporte correcto de nutrientes, que se refleja en mayores rendimientos productivos y rentabilidad (Caycedo, 2000).

1.2.1 Energía. La necesidad de energía es lo más importante para el cuy y varía con la edad, la actividad del animal, el estado fisiológico, el nivel de producción y

la temperatura ambiental. Para gazapos lactantes, en crecimiento y en engorde, se requiere 3000 kcal/kg de dieta, de energía digestible (ED) o 68% de nutrientes digestibles totales (NDT). Para gestación y lactancia se trabaja con 2800 a 3000 kcal de ED/kg (Caycedo, 2000).

1.2.2 Proteína. La síntesis o formación de tejido corporal requiere el aporte de proteínas, por lo que un suministro inadecuado da lugar a un menor peso al nacimiento, un crecimiento retardado, una baja producción de leche, infertilidad y una menor eficiencia en la utilización de los alimentos (INIA, 1994).

La proteína para gazapos lactantes es de 20 a 22%, para crecimiento y engorde de 14 a 18%, para gestación y lactancia de 18 a 20%. En relación con las necesidades de aminoácidos, es importante prestar atención a los valores de lisina (0,70%), metionina (0,35%), cistina (0,36% < 9) y triptófano (0,16%) (Moreno *et al.*, 1994).

Los requerimientos de proteína deben cubrirse con dos o más fuentes forrajeras o materias primas de origen vegetal o animal, tratando de superar el 10% de la dieta para evitar las pérdidas de peso, tanto en crecimiento como en lactancia (Muñoz *et al.*, 2004).

De acuerdo con investigaciones realizadas por Caycedo (2000) sobre niveles de proteína en las distintas fases fisiológicas del cuy, se han logrado buenos rendimientos con diferentes niveles de proteína en raciones mixtas con forrajes y suplemento concentrado (Tabla 1).

Tabla 1. Necesidades nutricionales del cuy tipo carne

FASES	PROTEINA %	E.D. Kcal/kg	Ca %	P%
Crecimiento y 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)

1.2.3 Fibra. De acuerdo con la fisiología y anatomía del ciego del cuy, se puede decir que soporta raciones voluminosas con contenido de celulosa, permitiendo que se almacene en el ciego y se fermente por la acción microbiana; lo que resulta en un mejor aprovechamiento del contenido de fibra, ya que a partir de esta acción se producen ácidos grasos volátiles que podrían contribuir significativamente a satisfacer los requerimientos de energía de esta especie (Aliaga, 1993).

Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes son de 5 a 18%. Cuando se trata de alimentar a los cuyes como animales de laboratorio, donde sólo reciben como alimento una dieta balanceada, ésta debe tener porcentajes altos de fibra (Chauca, 1997).

1.2.4 Agua. La alimentación, con dietas basadas exclusivamente en concentrado, obliga a los animales a un alto consumo de agua. Investigaciones realizadas en el Perú, han determinado la ingestión de agua entre 50 a 140 ml/animal/día, que representa de 8 a 15 ml de agua por cada 100 g de peso vivo (INIA, 1994).

Bajo condiciones de alimentación con forraje verde, no es necesario el suministro de agua adicional, mientras que cuando la alimentación es mixta (forraje y concentrado), será suficiente administrar forraje verde a razón de 100 a 150 g/animal/día, para asegurar la ingestión mínima de 80 a 120 ml de agua, para animales en crecimiento o periodo de engorde (Muñoz *et al.*, 2004).

La necesidad de agua de bebida en los cuyes está supeditada al tipo de alimentación que reciben. Si se suministra un forraje succulento en cantidades altas (más de 200 g) la necesidad de agua se cubre con la humedad del forraje, razón por la cual no es necesario suministrar agua de bebida. Si se suministra forraje restringido (30 g/animal/día) se necesita 85 ml de agua, siendo su requerimiento diario de 105 ml/kg de peso vivo, en el caso de cuyes en crecimiento.

Los cuyes de recría demandan entre 50 y 100 ml de agua por día, pudiendo incrementarse hasta más de 250 ml si no recibe forraje verde y el clima supera temperaturas de 30°C (Chauca, 1997).

1.2.5 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, es importante guardar una relación calcio fósforo 2:1 para evitar problemas de orden metabólico (Muñoz *et al*, 2004).

1.3 CRECIMIENTO Y DESARROLLO ANIMAL

Tanto el crecimiento como el desarrollo son resultantes de una serie de cambios anatómicos y fisiológicos complejos que ocurren en el organismo animal y a través de los cuales se opera la transformación de una única célula en un animal adulto típico de la especie (Caravaca *et al.*, 2005). La importancia de estos procesos es de enorme trascendencia práctica; ya que todo tipo de producción animal depende de ellos y su eficiencia determina gran parte del proceso productivo. Las leyes biológicas y los factores que los rigen (genotipo, alimentación, clima, entre otros), deben ser utilizadas adecuadamente para dirigir la conformación de la canal, al peso y edad en que el animal esté listo para el sacrificio (Bavera *et al.*, 2005).

Es común confundir los dos términos, en ocasiones se consideran como sinónimos, pero el crecimiento y el desarrollo son fenómenos que ocurren por separado y por lo tanto es necesario definirlos de igual manera

1.3.1 Crecimiento. Una de las consideraciones más acertadas es la realizada por Hammond (1960), quien define el crecimiento como el aumento de peso experimentado por los animales desde el nacimiento hasta su estabilización en la edad adulta. Este proceso se lleva a cabo mediante dos fenómenos, hiperplasia (multiplicación celular) e hipertrofia (aumento del tamaño de la célula), los cuales ocurren independientemente, aunque hay una armonía y ordenación entre ambos. En ellos interviene el ADN, ARN y las glucoproteínas, que regulan el crecimiento y actúan en diferentes puntos del cuerpo, los que evolucionan de manera diferente unos de otros (Di Marco, 1993).

Los primeros cambios producidos en el crecimiento prenatal se deben principalmente a fenómenos de hiperplasia. El aumento del peso corporal en el estado prenatal (embrión-feto) es relativamente rápido y se produce de forma exponencial en todas las especies animales, aunque el índice real de crecimiento varía según la especie, en función a la diferencia existente en el tamaño del esqueleto de la especie (padres y crías), peso de las crías al nacimiento y duración de la gestación (Álvarez, 2009).

El crecimiento posnatal puede ser representado por una curva sigmoidea: primero se produce un crecimiento lento seguido de un alto índice de desarrollo, apoyado por el efecto de las hormonas sexuales, para seguidamente el índice de crecimiento ser muy reducido hasta alcanzar el grado de madurez somática o detención del crecimiento (Álvarez, 2009).

1.3.2 Desarrollo. Al igual que el crecimiento, existen diferentes definiciones de desarrollo, y en la cual la mayoría coinciden con la definición clásica de Hammond

(1966), quien menciona que el desarrollo son los cambios de forma y composición del cuerpo antes de alcanzada la madurez producto del crecimiento y la diferenciación celular.

Durante el desarrollo se producen cambios cualitativos en los tejidos, las funciones y la forma externa del animal; esto implica modificaciones de la estructura y composición química e histológica (Caravaca *et al*, 2005). Entonces, se puede decir que el crecimiento especifica de forma cuantitativa, mientras que el desarrollo lo hace de forma cualitativa el proceso. En definitiva el desarrollo es la conjunción de un crecimiento más una diferenciación (Bavera *et al*, 2005).

1.3.3 Factores que afectan el crecimiento y desarrollo. Existen una serie de factores que pueden condicionar el desarrollo y modificar el potencial del crecimiento, la conformación y la precocidad, según Ustrell y Durán (2002) se clasifican en epigenéticos, genéticos, ambientales y hormonales.

Epigenéticos. Explican como los hijos pueden heredar y expresar lo que aparentan ser nuevos rasgos provenientes del comportamiento y el entorno de sus padres sin cambios en el ADN subyacente. En otras palabras, las instrucciones provenientes del código hereditario son las mismas, pero algo las cancela sin que el componente genético se altere. Existen algunos factores epigenéticos que afectan la expresión de los genes, mecanismos que responden a distintos factores del ambiente, como la exposición a sustancias químicas, los hábitos alimenticios y el estilo de vida (Guevara *et al.*, 2012).

Esos factores epigenéticos serían, a nivel molecular, la metilación de los genes o acetilación de las histonas, además de algunos otros mecanismos. Lo importante de este fenómeno es que si los cambios se producen en la línea germinal serán heredables y por tanto, aquello que haga el padre podría influir sobre su descendencia. (Bedregal *et al.*, 2010). Esto resulta en una capa epigenética de la

información crucial para el desarrollo, el crecimiento, el envejecimiento y en ciertas situaciones puede afectar la salud (Rodríguez *et al.*, 2004).

Genéticos. Determinan la conformación y la precocidad marcada según la especie, raza e individuo. Es importante porque la genética permite al hombre estudiar los factores endógenos que influyen en el crecimiento animal y sobre los cuales puede influir para mejorar la producción (Bavera *et al.*, 2005). Dentro de estos factores se pueden mencionar:

- **Tamaño corporal.** Los animales domésticos, muestran un patrón sigmoideal de incremento de peso vivo con respecto al tiempo, cuando se desarrollan en condiciones nutricionales y ambientales ideales. En su proceso de crecimiento, ganan altura rápidamente en las primeras etapas de vida y a medida que aumenta la edad, el desarrollo y el crecimiento se hacen más lentos, hasta que finalmente se detienen (Bavera *et al.*, 2005).
- **Precocidad.** Esto está íntimamente ligado con la intensidad del crecimiento, del desarrollo y la madurez temprana. La determinación de los individuos más precoces, se observa por osificación prematura de los cartílagos de conjunción de los huesos, la evolución dentaria y las características morfológicas (Caravaca *et al.*, 2005).
- **Peso al nacimiento.** Los animales que nacen con un tamaño y peso mayor, desarrollan su curva de crecimiento más alta y los que tienen un peso al nacimiento más bajo, una curva más baja, de manera que todos los animales al crecer, respetan esta curva (Caravaca *et al.*, 2005).
- **El sexo.** Comparativamente, los machos crecen más rápido que las hembras, debido precisamente a la mayor potencia de los andrógenos con respecto de los estrógenos sobre la estimulación del crecimiento. Los machos

consumen más alimento que las hembras, debido a que presentan una mayor tasa metabólica, pesan al nacer entre el 5 % y 7 % más que las hembras, el largo de la gestación es de 3-4 días más en el macho, son más eficientes en la conversión de alimento que las hembras (Bavera *et al*, 2005).

- **Edad y desarrollo de la madre al parto.** Si la madre está en pleno desarrollo, existe una gran competencia por los nutrientes con el feto, esto dará como resultado un menor peso al nacimiento y puede acarrear también un menor desarrollo de la madre, cuando las condiciones nutritivas son una limitante. El peso al nacimiento de las crías, es proporcional al de la madre, porque el claustro materno limita el desarrollo de estas (Caravaca *et al*, 2005).

Ambientales. Son factores externos o exógenos que tienen una influencia decisiva en las respuestas individuales al manejo. Aquí se exponen aquellos que tienen una incidencia directa en la producción.

- **Alimentación.** Es un importante factor exógeno a considerar, ya que una alimentación adecuada en cantidad y calidad en el momento preciso, permitirá la máxima expresión del crecimiento y desarrollo (Bavera *et al*, 2005).
- **Climáticos.** El aumento de la temperatura, es de gran importancia, ya que produce inapetencia en el animal, con disminución de los aportes de nutrientes, afectando el crecimiento y desarrollo . La humedad relativa del aire en combinación con temperatura elevada y movimientos del aire, producen en los animales el denominado “estrés térmico”, el cual afecta los mecanismos naturales de regulación térmica y consecuentemente la producción. El régimen pluviométrico anual y su distribución, determinarán la época de crecimiento y calidad de las especies vegetales, base de la alimentación (Di Marco, 2004).

- **Sanidad.** Se debe partir de la premisa fundamental de trabajar con animales sanos. Esto requiere un plan sanitario preventivo, donde deben estar contempladas las principales enfermedades parasitarias e infecciosas propias de cada especie y región. En producción animal la sanidad debe ser considerada desde el punto de vista poblacional y no individual. (Di Marco, 2004).
- **Manejo.** Considerado como el arte y la ciencia de conocer, planificar y dirigir el uso de los recursos con que se cuenta, a fin de optimizar la producción, mantenerla e incrementarla a través del tiempo, sin afectar los recursos naturales. Los errores cometidos en el manejo repercuten directamente en el comportamiento productivo de los animales. Las decisiones en el manejo influyen en forma positiva o negativa, en las diferentes producciones, en sus distintas etapas, ya sean reproductivas, de cría, recría y engorde (Di Marco, 2004).

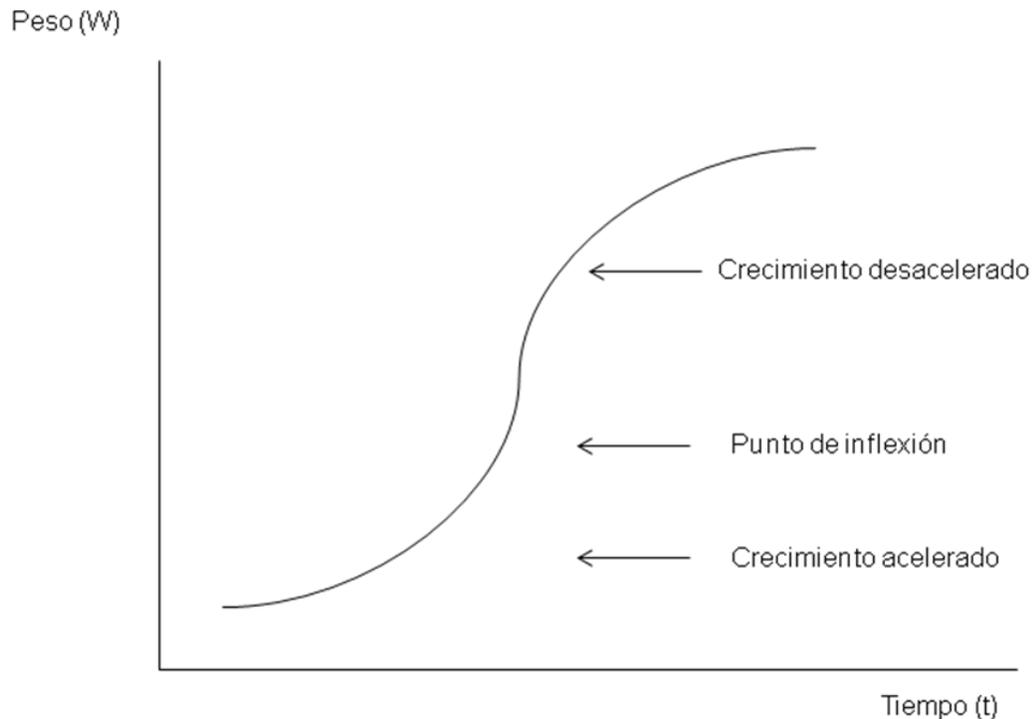
Control Hormonal del crecimiento. Una de las hormonas anabólicas que favorece el crecimiento es la somatotrofina, normalmente llamada hormona del crecimiento porque es la que mayor influencia tiene en el incremento del tamaño corporal, regula el crecimiento del hueso y del músculo. La insulina, que es la hormona anabólica por excelencia, regula la unión de otras hormonas con sus receptores; los andrógenos, tienen marcados efectos sobre el crecimiento de huesos y músculos en ambos sexos. La secreción de andrógenos aumenta marcadamente antes de la pubertad y es parcialmente responsable del rápido crecimiento que ocurre en esta etapa. Los estrógenos secretados por los ovarios, sirven para el desarrollo del tracto reproductivo en todas las especies. Las glándulas adrenales, secretan glucocorticoides que pueden causar remoción de nutrientes de las reservas corporales para producir energía lo que resulta en pérdida de peso o descenso de la tasa de ganancia; lo cual no ocurre en animales sanos (Alfaro *et al.*, 2005).

1.3.4 Medición del crecimiento. La medida del crecimiento debe basarse en una unidad que describa lo más exacto posible el cambio producido. Existen diversas formas para medirlo, como la faena seriada para determinar la composición corporal a lo largo de la curva de crecimiento o a través del uso de marcadores radioactivos (Bavera *et al*, 2005). Sin embargo, dentro de las medidas de crecimiento corporal animal, una de las más comunes, que no altera el organismo bajo análisis y que puede ser medida a bajo costo, es el peso a determinadas edades (Lawrence y Fowler, 1997).

1.3.5 Curva de crecimiento. La intensidad del crecimiento se pone de manifiesto por el aumento de peso en la unidad de tiempo, gramos o kilogramos de ganancia de peso (diario, semanal, mensual). Al realizar determinaciones a diferentes edades desde la concepción hasta la madurez, su representación gráfica da lugar al trazado de la "curva de crecimiento". En todas las especies, está representada por una ese mayúscula alargada como la letra griega sigma, por lo que se denomina curva sigmoidea del crecimiento (Álvarez, 2009).

En la curva de crecimiento se pueden distinguir dos fases bien diferenciadas, la fase de aceleración y la fase retardada o de desaceleración y el punto de inflexión (Figura 1).

Figura 1. Curva de crecimiento en la que se relaciona el peso con el tiempo



Fuente: Whittemore, 1996

Fase de aceleración. En la cual el potencial de crecimiento del animal es muy elevado y se realiza con importantes ganancias de peso en valor absoluto por unidad de tiempo (Caravaca *et al*, 2005).

Fase retardada. A partir de cierta edad que generalmente corresponde con la pubertad, el potencial de crecimiento disminuye. Las ganancias de peso realizadas por unidad de tiempo son cada vez más pequeñas, hasta que finalmente el animal alcanza la madurez. En esta etapa la curva es de inclinación decreciente (Bavera *et a.*, 2005).

Punto de inflexión. Es el punto en que cesa la aceleración del crecimiento para iniciar la desaceleración del mismo. Es el punto donde la velocidad de ganancia es mayor, inmediatamente antes de comenzar a descender. Su coincidencia con una

época de profundos cambios endocrinos hace pensar que la producción de ciertas hormonas ejerce una acción decisiva sobre el proceso de crecimiento (Bavera *et al*, 2005). También coincide con la llegada a la pubertad del animal (50-60% del peso vivo del animal) y la mayor actividad fisiológica del animal obteniéndose los menores índices de mortalidad y los mejores índices de transformación del alimento (Caravaca *et al*, 2005).

1.3.6 Modelo matemático. Un modelo es una representación de los mecanismos que gobiernan un fenómeno natural. El modelaje matemático constituye una herramienta indispensable en la creación de sistemas de soporte computarizados para la toma de decisiones, los cuales a su vez le permiten a los productores y profesionales del sector pecuario generar políticas de manejo dentro de un sistema productivo y a los investigadores aplicar un método para sintetizar el conocimiento científico (Tedeschi, 2006).

En un modelo se busca exactitud (capacidad para predecir los valores reales) y precisión (habilidad para predecir valores similares constantemente, es decir con poca dispersión), de forma tal que la inexactitud o sesgo es la desviación sistemática de la verdad, mientras que la imprecisión o incertidumbre es una medida de la dispersión de los valores predichos respecto a un punto medio (Tedeschi, 2006).

Uno de los primeros modelos matemáticos no lineales utilizados para describir el crecimiento fue el logístico (Verhulst, 1838). El modelo de Gompertz, ecuación propuesta por Winsor (1932) fue utilizado para describir la mortalidad en humanos. Otro de los modelos es el fundamentado en las premisas propuestas por Bertalanffy (1957), en relación a que el crecimiento corresponde a una diferencia entre la tasa de anabolismo y la tasa de catabolismo. El modelo propuesto por Brody ha sido el más frecuentemente aplicado para caracterizar datos del crecimiento de ganados vacunos, ya que la función de tres parámetros

es la más fácil de computar que la mayoría de las otras funciones (Herrera *et al*, 2008).

1.4 PASTOS Y FORRAJES DE CLIMA MEDIO Y CÁLIDO.

En condiciones de clima medio y cálido, los pastos nativos más utilizados en la alimentación de los cuyes son el imperial, el puntero, el pasto elefante, el micay, el guinea y el guatemala, que según resultados obtenidos por Burgos *et al*. (1991), presentan contenidos bajos de proteína y altos en fibra. Las limitantes encontradas en estos forrajes conlleva a que el productor busque un balance equilibrado, con mezclas de gramíneas y leguminosas o especies que contengan alta proteína como el ramio, kudzu, leucaena, nacedero y otras especies arbustivas y herbáceas (Caycedo, 2000).

1.4.1 Ramio (*Boehmeria nivea*). El ramio ha sido un cultivo de importancia por muchos siglos en China y Japón, es una de las fibras más antiguas que se conocen, siendo nativa de Asia Oriental. El elevado contenido proteico de sus hojas, determinó que investigadores de países tropicales y subtropicales estudiaran su aptitud forrajera, considerándola una planta de alto potencial alimenticio por la producción y calidad de su forraje (Lagomarsino *et al*, 2000).

Origen y distribución. Su origen se remonta a más de 4.000 años; las momias de los faraones del antiguo Egipto se han conservado hasta entonces envueltas en tela de ramio, sin embargo desde tiempo inmemorial, era conocido en Java e islas Malasias, de donde se cree es originario, con el propósito de producir fibra fue introducido a Estados unidos, Guatemala y Colombia (Boschini y Rodríguez, 2002). En Colombia crece más rápido en climas cálidos y se adapta muy bien en zonas cafeteras y figueras (Silva, 2009).

Descripción. Es una planta perenne, arbustiva, erecta, de tallos rectos y sin ramificaciones, hojas grandes, pecioladas con bordes acerrados y vellosidades blancas en la cara interior de la hoja. Posee gran cantidad de rizomas que brotan formando tallos de dos a tres metros de altura. Florece profusamente a lo largo de tallo. Las inflorescencias están situadas en el ángulo de inserción de las hojas con el tallo. Las flores son monoicas. La producción de semillas es abundante. La semilla tiene aceptable viabilidad y germinación (Boschini y Rodríguez, 2002).

En Colombia se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 1800 m de altura, pero mejor crecimiento se obtiene en climas cálidos. Los factores climáticos contrarios al buen desarrollo del ramio son: fuerte luminosidad, baja humedad atmosférica y vientos secos y cálidos (Alarcón y Silva, 1990).

Requerimientos de clima y suelo. El ramio al igual que la mayoría de los cultivos para fibra, requiere suelos ligeramente ácidos, profundos, bien permeables y con buen contenido de materia orgánica. Sus necesidades hídricas son importantes, en razón de requerir altos niveles de precipitación (alrededor de 1000 mm) o la ayuda de riego complementario (Lagomarsino *et al.*, 2000).

Propagación. Se puede propagar por rizomas y tallos, por estacas y por semilla. La siembra por rizomas o tallos subterráneos es el método más rápido y efectivo. Los rizomas para la siembra deben tener un diámetro de dos centímetros y ser cortados en trozos de diez centímetros. Se siembran en cuadro a 60 centímetros de distancia y se cubren con una capa de cuatro a cinco centímetros del suelo. Con este sistema y en condiciones favorables de humedad y clima, el primer corte se puede realizar a los 100 días después de la siembra (Boschini y Rodríguez, 2002).

Para establecer una hectárea de ramio, se necesitan aproximadamente 600 kilogramos de cepas o sea 600 metros cuadrados de ramio o tallos viejos que

tengan cuatro a seis yemas. También se puede sembrar por semilla, pero es necesario hacer el semillero y posteriormente trasplantar. Sembrar una hectárea de ramio requiere un kilogramo de semilla y un semillero de dos metros de ancho por 15 metros de largo. A los 45 a 50 días de sembrada la semilla, las plántulas alcanzan el desarrollo necesario para su trasplante al sitio definitivo donde se siembran. El primer corte se puede realizar a los 100 a 120 días después de la siembra en el semillero, dependiendo de su desarrollo, que a su vez depende del manejo y de las condiciones climatológicas (Boschini y Rodríguez, 2002).

Labores culturales. El terreno debe prepararse adecuadamente, pues el ramio emite raíces hasta 90 cm de profundidad. Generalmente se aconseja una arada y dos rastrilladas. Durante la época de establecimiento deben hacerse desyerbas y riegos oportunos (Alarcón y Silva, 1990).

Fertilización. El ramio aprovecha eficientemente el nitrógeno que se le aplica, especialmente a partir del tercer corte. Se requiere 50 kilogramos por hectárea de nitrógeno después de cada corte para mantener una buena y uniforme producción de forraje. El ramio responde bien a los abonos orgánicos, como estiércol de establo y gallinaza, aplicados al momento de la siembra en cantidades de 25 toneladas por hectárea (Boschini y Rodríguez, 2002). En un estudio exploratorio realizado en Ramio por Matamoros (1966), la mayor altura fue inducida en la fertilización por NP, NK, N y NPK, siendo iguales entre sí estadísticamente, la fertilización indujo diferencias altamente significativas en la producción de forraje verde de ramio, siendo positiva la influencia del N en todos los tratamientos, solo o combinado con el P y el K.

Son muy pocos los estudios del efecto de la fertilización en ramio sobre sus características agronómicas y nutricionales, sin embargo, Salazar y Nathalie (2010), realizaron una caracterización química, física y mecánica de la fibra de ramio (*Boehmeria nivea*) y el estudio del efecto del tiempo de cosecha que

presentó sobre sus propiedades mecánicas con y sin la aplicación de fertilizante. Para la caracterización química de las fibras se determinó el contenido de celulosa, lignina, pentosanos, cenizas, ceras, grasas y resinas, así como también su grado de solubilidad en soda cáustica y en agua caliente. A partir de esta caracterización, se pudo comprobar que el ramio es una fibra celulósica, con un contenido de celulosa a los 45 días, de 88,13%, cifra que no cambia significativamente en las dos cosechas posteriores. Por otro lado, se advirtió que el fertilizante no tuvo influencia sobre la composición química de las fibras de ramio, excepto en el contenido de cenizas, que fue un 27% mayor al de las fibras que no contaron con la aplicación del fertilizante evaluado.

Producción. La producción y persistencia dependen del manejo y de la edad de corte. Alarcón y Silva (1990), mencionan que la frecuencia de corte más apropiada varía de 4 a 5 semanas, con producciones de 12,4 y 10,8 toneladas (t) por hectárea (ha), respectivamente.

Valor nutritivo. El ramio puede pastarse, utilizarse como forraje verde, ensilarse junto con melazas, o secarse artificialmente para convertirlo en harina de hoja, la harina del ramio contiene en forma estabilizada vitaminas, proteínas y minerales, comparable en valor alimenticio a la harina de alfalfa. Mientras que la alfalfa produce gases en los animales con consecuencias serias, el ramio es libre de este defecto. Aparte del contenido nutricional (Tabla 2), el ramio presenta una calidad biológica, contiene enzimas que son los más importantes y poderosos agentes de todo metabolismo y muchos de los aminoácidos vitales como el triptófano, la lisina y la metionina (Salazar, 1981).

Tabla 2. Análisis Bromatológico del ramio (*Boehmeria nivea* L.)

Componente	%MS
Humedad	78.71
Materia seca	21.29
Ceniza	5.65
Proteína	22.1
Extracto etéreo	3.3
Fibra cruda	16.24
Extracto no nitrogenado	52.71
Calcio	1.14
Fósforo	0.65

Fuente: Caycedo, 2000

Utilización en la alimentación animal. El ramio puede ser utilizado como forraje verde o deshidratado en forma de harina, para la alimentación de cerdos, aves, conejos y ganado lechero (Alarcón y Silva, 1990). Cobo (2003), realizó un estudio utilizando ramio en mezcla con kingras o kikuyo en proporción 70-30 en alimentación de cuyes encontró que la inclusión de ramio en la dieta mejoro la eficiencia en el engorde.

1.4.2 Maralfalfa (*Pennisetum sp*). En el lugar de origen (Colombia), el crecimiento es casi el doble de otros pastos de la zona, es tan suave como el pasto honduras (*Ixophorus unisetus*), es altamente palatable y dulce, más que la caña forrajera y sustituye a la melaza (De León, 2009).

Origen y distribución. Se dice que es un pasto mejorado de origen Colombiano, creado por el padre José Bernal Restrepo, biólogo genetista, utilizando un sistema químico-biológico. El 4 de octubre de 1965, cruzó el pasto elefante (*Napier, Pennisetum purpureum*) originario del África y la grama (*Paspalum macrophyllum*)

y obtuvo una variedad que denominó GRAMAFANTE. Posteriormente, el 30 de Junio de 1969, con el mismo sistema, cruzó los pastos GRAMAFANTE (elefante y grama) y el pasto llamado guaratara (*Axonopus purpussí*) originario del llano colombiano, obtuvo la variedad que denominó MARAVILLA o GRAMATARA. A partir de allí, cruzó el pasto maravilla o gramatara y la alfalfa peruana (*Medicago sativa* Linn), con el pasto Brasileiro (*Phalaris arundinacea* Linn) y el pasto resultante lo denominó MARALFALFA (Ávila, 2004). A pesar de lo anterior, Correa *et al.* (2006), manifiestan que el origen del pasto maralfalfa permanece aún confuso, pero los estudios preliminares realizados en el herbario MEDEL de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, indican que puede tratarse de un *Pennisetum violaceum* (Lam.) Rich. ex Pers. o de un híbrido (*Pennisetum hybridum*), entre el *Pennisetum americanum* L. y el *Pennisetum purpureum* Schum comercializado en el Brasil como pasto elefante paraíso. Por lo tanto, se sugiere identificarlo de manera genérica como *Pennisetum sp.*

Descripción. Las raíces son fibrosas y forman raíces adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas. Estas cañas conforman el tallo superficial el cual está compuesto por entrenudos, delimitados entre sí, por nudos. Los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, mientras que los de la parte superior del tallo son más largos. Los tallos no poseen vellosidades. Las ramificaciones se producen a partir de los nudos y surgen siempre a partir de una yema situada entre la vaina y la caña. La vaina de la hoja, surge de un nudo de la caña cubriéndola de manera ceñida. Los bordes de la vaina están generalmente libres y se traslapan. La lígula, que corresponde al punto de encuentro de la vaina con el limbo, se presenta en corona de pelos. Mientras que la longitud y el ancho de las hojas pueden variar ampliamente dentro de una misma planta. La flor de las gramíneas no es más que una inflorescencia que en el caso particular del pasto maralfalfa, las inflorescencias se presentan en forma de panícula (Correa, *et al.*, 2006).

Requerimientos de clima y suelo. Se desarrolla bien en alturas comprendidas desde el nivel del mar hasta los 3000 m. Se adapta bien a suelos con fertilidad media a alta, no obstante su mejor desarrollo se obtiene en suelos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje. En Colombia, en suelos pobres en materia orgánica, de franco arcillosos a franco arenosos, en un clima relativo seco, con un pH de 4,5-5, a una altura aproximada de 1750 msnm y en un lote de tercer corte, se han obtenido cosechas a los 75 días con una producción de 285 t/ha, con una altura promedio por caña de 2,5 m. Los cortes se deben realizar cuando el cultivo alcanza un 10% de espigamiento (De León, 2009).

Propagación. Se propaga por tallos que tengan entre 2 y 3 nudos como la caña, a razón de 3000 kilos de tallos por hectárea, sembrados acostados, doble caña y a chorrillo, no más de tres (3) centímetros de profundidad y a cincuenta (50) centímetros entre surcos (Molina, 2005).

Fertilización. Depende básicamente de las necesidades determinadas en un previo análisis de suelos y la debida preparación del terreno. Este pasto responde muy bien a la aplicación de materia orgánica y a la alta humedad sin encharcamientos, factores que incrementan la producción de biomasa, el ancho y el largo de las hojas y los tallos, así como el área foliar (Correa *et al.*, 2009). Aunque son muy pocos los estudios reportados del efecto de la fertilización sobre la composición nutricional de maralfalfa, Correa *et al* (2009), menciona algunos datos sobre el efecto del nivel de fertilización orgánica en la composición química promedio del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) entre el día 40 y 110 de corte; en donde la materia seca aumentó en parcelas sin fertilización. El contenido promedio de proteína cruda del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) cosechado entre el día 40 y 90 fue tan alto como el reportado para el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). El contenido de cenizas del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) aumentó por efecto de la fertilización y estuvo dentro del rango esperado con valores muy similares a los reportados por Gaitán y Pabón (2003) para muestras

de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). El contenido de FDN, por su parte, fue menor que los valores reportados por Carulla (2004), Osorio (2004) y Betancur (2004) para esta gramínea y que los reportados por Osorio (1998) para muestras de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) pero fueron ligeramente más altos que los encontrados por Gaitán y Pabón (2003) en muestras de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). La FDN y FDA aumentó por efecto de la fertilización, la relación entre el FDN y la FDA fue muy constante entre todas las muestras analizadas, lo que estaría indicando una constancia en el contenido relativo de hemicelulosa en el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*).

Valor nutritivo. El pasto maralfalfa es una especie considerada como de alto nivel nutricional (Tabla 3), alto rendimiento, de grandes volúmenes de materia seca y su gran adaptabilidad a diversas condiciones agroclimatológicas del país.

Tabla 3. Análisis bromatológico del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*)

Componente	%MS
Humedad	79.33
Cenizas	13.50
Fibra	53.33
Grasa	2.10
Extracto no nitrogenado	14.82
Proteínas Crudas	16.25
Nitrógeno	2.6
Calcio	0.8
Magnesio	0.29
Fósforo	0.33
Potasio	3.38
Proteínas Digeribles	7.49
Total Nitrógeno Digerible	63.53

Fuente: Ávila, 2004

Utilización en la alimentación animal. Lo consumen bien los bovinos, equinos, caprinos y ovinos. Se ha ensayado con muy buenos resultados el suministro en aves y cerdos. Para el ganado de leche se puede dar fresco, para el ganado de ceba y equinos se recomienda siempre suministrarlo marchito. Además puede ser ensilado (Correa *et al.*, 2009).

1.5 ASOCIACIONES FORRAJERAS

Son poblaciones formadas 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 forrajeras 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), con baja susceptibilidad a enfermedades y plagas y compiten con las malezas (Saldanha *et al.*, 2012).

Es muy común asociar a las gramíneas con las leguminosas, debido a que estas tienen la capacidad de captar el nitrógeno atmosférico, fijarlo y beneficiar 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 y botón de oro, entre otros (Estrada, 2002).

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 lo más importante, lograr que la asociación supere el total de nutrientes digestibles de los cultivos puros (Botero y Russo, 1992).

2. DISEÑO METODOLÓGICO

El trabajo de investigación se desarrolló en dos fases, la primera consistió en el establecimiento de la asociación forrajera de maralfalfa-ramio; en donde se evaluó el comportamiento agronómico de cada uno de los forrajes y la composición nutricional de la mezcla durante tres cortes y en la segunda fase, se evaluó el comportamiento animal.

2.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo de campo se llevó a cabo en la vereda Santa Ana, ubicada en el corregimiento de Matituy, municipio de la Florida, a 1900 msnm, con una temperatura promedio anual de 18°C y una precipitación promedio anual de 1200 mm (IDEAM, 2012). Según el esquema de Holdridge's life zones (1996), la zona de vida corresponde a un bosque húmedo premontano (bh-PM). Los suelos son franco arenosos arcillosos (F-Ar-A), con densidad aparente de 1.1 g/cc, pH de 5.2, contenido de materia orgánica de 4,9%, P-disponible de 3,29 ppm, CIC de 13,8, bases intercambiables Ca, Mg y K de 5,84, 2,69, 0,479 meq/100 g de suelo respectivamente y acidez de cambio de 0,10 (anexo A).

2.2 FASE 1

2.2.1 Establecimiento de la asociación maralfalfa-ramio. La preparación del suelo se realizó en forma convencional con tracción animal y arado de chuzo; se sembró en cada una de las parcelas (35 m²), un surco de maralfalfa intercalado con un surco de ramio, con una distancia de 0,70 m entre surcos, 0,30 m entre plantas de maralfalfa y de 0,5 m para Ramio, para una densidad de siembra de 23.809 y 14.285 plantas/ha respectivamente. Las labores culturales se efectuaron acorde con las recomendaciones dadas por De León (2009) para maralfalfa y Alarcón y Silva (1990) para Ramio; la aplicación de los fertilizantes se realizó incorporándolos en cada surco, al momento de la siembra y después de cada

corte. La fertilización mineral se hizo con fuentes simples y la orgánica se realizó con gallinaza compostada (Anexos B).

2.2.2 Material Experimental. Para la propagación del pasto maralfalfa se utilizó segmentos de tallo de cultivos que se encontraban en floración, los cuales estaban conformados por 3 nudos. El ramio se propagó con rizomas de dos centímetros de diámetro y diez centímetros de largo. Las estacas y los rizomas fueron procedentes de cultivos encontrados en zonas aledañas.

Para la fertilización orgánica se utilizó gallinaza compostada (3%N); para la fertilización mineral se empleó urea como fuente de nitrógeno (46%), fosfato diamónico (DAP) como fuente de fósforo (18-46-00) y elementos menores.

2.2.3 Tratamientos. Con base en el análisis de suelo (anexo A) del área donde se llevó a cabo el experimento y los requerimientos nutricionales (anexo C) de la gramínea (Nitrógeno, fósforo y potasio), se determinó la cantidad de fertilizante a utilizar, de tal manera que los tratamientos quedaron planteados de la siguiente manera:

T1: Sin fertilización (SF)

T2: Fertilización mineral (FM) Urea (162 kg/ha/corte) + DAP (134 kg/ha/corte)

T3: Fertilización orgánica (FO) Gallinaza compostada (2 ton/ha/corte)

T4: Fertilización orgánica-mineral (FOM) 50% orgánica y 50% mineral

2.2.4 Diseño experimental. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA). Debido a que la topografía del terreno donde se llevó a cabo el experimento posee una pendiente del 4%, los bloques se orientaron en forma perpendicular a la pendiente, de esta manera se garantizó mayor homogeneidad dentro de los bloques y mayor heterogeneidad entre ellos, el diseño experimental consideró las siguientes dimensiones:

Número de repeticiones	4
Número de unidades experimentales	16
Tamaño de parcela total	7 m x 5 m = 35 m ²
Distancia entre parcelas	0,7 m
Distancia entre bloques	0,5 m
Área total del ensayo	647,15 m ²

En el caso de las variables nutricionales se utilizó un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones, un arreglo factorial 3x4, con tres cortes y tres tipos de fertilización (mineral, orgánica y orgánica-mineral) más un testigo.

El modelo estadístico que se aplicó fue el siguiente:

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

Donde:

y_{ijk} = Es la ijk -ésima observación en el i -ésimo bloque que contiene el j -ésimo nivel del factor A y el k -ésimo nivel del factor B

μ = Media general

β_i = Efecto del i -ésimo bloque

α_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor A

τ_k = Efecto del k -ésimo nivel del factor B

$(\alpha, \tau)_{jk}$ = Interacción del j -ésimo nivel del factor A con el k -ésimo nivel del factor B

ε_{ijk} = Error aleatorio

Hipótesis

Hipótesis nula

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

La media de los tratamientos es igual. No hay efectos de la fertilización sobre el comportamiento agronómico y nutricional de la asociación maralfalfa-ramio.

Hipótesis alterna

$$H_1 = \mu_j \neq \mu_{j'}; j \neq j'$$

La media de los tratamientos no es igual. La fertilización afecta el comportamiento agronómico y nutricional de la asociación maralfalfa-ramio, en por lo menos una variable.

2.2.5 Variables agronómicas:

Producción de biomasa fresca de maralfalfa y ramio (PBFM y PBFR). La producción de forraje verde (FV) por m², en los tres cortes, se estimó por medio del pesaje de muestras tomadas al azar en cada parcela y luego el dato obtenido se extrapoló a toneladas por hectárea (t/ha), para posteriormente hacer comparaciones con las reportadas por la literatura.

Altura de la planta (AP). Se calculó la longitud de las plantas desde el cuello de la raíz hasta la punta de la hoja más larga, para cada una de las especies, en el tercer corte, entre los 46 y 54 días de edad de la planta, para los diferentes tratamientos.

Relación Hoja: Tallo (HT). Una vez cosechado el pasto en cada una de las parcelas, se separaron hojas y tallos verdes, se secaron y pesaron para determinar la relación hoja: tallo, con base en la materia seca (Estrada, 2002).

Área Foliar (AF). Para determinar esta variable se procedió de la siguiente manera:

Se tomó al azar una planta de cada parcela experimental de la cual se obtuvo 10 hojas de diferentes partes, las cuales se dibujaron en papel milimetrado y se les determinó el área promedio, posteriormente se contó el total de hojas, multiplicó por este número y se estimó el área total de la planta.

En cada una de las hojas evaluadas, se determinó además, la altura y el ancho de cada hoja; los datos tanto de altura y longitud se expresaron en función del área foliar mediante el software CVEXPT (Curve Expert versión 1.4), para encontrar el modelo matemático con mayor ajuste para esta variable y utilizarlo en la determinación del área foliar mediante mediciones de largo y ancho.

Índice de Área foliar (IAF). Este índice se calculó mediante la relación entre el área foliar y el área que ocupa la planta.

Periodo de recuperación. Para esta variable se tuvo en cuenta la altura de la planta maralfalfa (altura promedio 1,19 m).

2.2.6 Variables nutricionales. Las variables nutricionales se realizaron mediante análisis bromatológicos obtenidos en tres cortes, el primero a los 90 días, el segundo a los 65 días después del primer corte y el tercero se realizó a los 45 días después del segundo corte, de acuerdo con los procedimientos descritos para el análisis químico de alimentos del laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño, basado en las técnicas de la AOAC (1995).

2.2.6.1 Materia seca. Corresponde al contenido de agua en porcentaje presente en la muestra. Se determinó por el método de secado en dos pasos, un secado

parcial a 65°C, seguido de un secado total a 105°C, mediante el análisis de Weende, AOAC (1995).

Proteína cruda (PC). Se cuantificó por el método de Kjeldahl, el cual se fundamentó en tres pasos, digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador a elevada temperatura, para transformar el nitrógeno en sulfato de amonio, la alcalinización de la solución y destilación del amoniaco liberado para su posterior titulación.

Extracto etéreo (EE). Se empleó el método Soxhlet, que consiste en una extracción con un solvente orgánico, éter etílico, sobre una muestra previamente seca. Incluye sustancias como glicéridos, fosfolípidos, esteroides, ácidos grasos libres, pigmentos carotenoides y clorofílicos y vitaminas liposolubles, entre otros.

Ceniza (CEN). Se evaluó por el método de incineración en mufla, en el que la materia orgánica se quemó y la materia inorgánica remanente se enfrió y pesó.

Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina. Se empleó el análisis de Van Soest secuencial, que divide los nutrimentos que se encuentran en los tejidos vegetales en un primer grupo (contenido celular) que generalmente se encuentra fácilmente disponible para los animales y en un segundo grupo (paredes celulares) las cuales son mucho menos disponibles. Al hervir la muestra con un detergente neutro, se solubiliza el contenido celular y la pectina, que deja un residuo que es la pared celular que contiene la celulosa, hemicelulosa y lignina (Fibra Detergente Neutro). Por ebullición de la FDN con un detergente ácido, se hidroliza la hemicelulosa que se encuentra libre y la que está combinada con lignina, queda la celulosa y la lignina como Fibra Detergente Ácido. La hemicelulosa se calculó como la diferencia entre la Fibra Detergente Neutro y la Fibra Detergente Ácido. La Fibra Detergente Ácido se trató con una solución de permanganato de potasio para oxidar la lignina y

dejar como residuo del proceso la celulosa y algo de contenido mineral no extraído de la muestra.

Energía (NDT). Se determinó por fórmula con el porcentaje de las diferentes fracciones en materia seca.

$$\text{Mcal ED / kg MS} = 0,0804(\%PB) + 0,02(\%FC) + 0,000377(\%ENN^2) + 0,01(ENN) + 0,077(\%EE) - 0,152$$

Minerales. La cuantificación de los elementos se hizo en forma total. El análisis constó de dos etapas principales: la mineralización por vía húmeda, que destruye la materia orgánica con el fin de dejar el elemento en condiciones adecuadas para ser determinado y la cuantificación espectrofotométrica.

2.2.7 Análisis de la Información. Las variables evaluadas se sometieron a un Análisis de Varianza (ANDEVA) y prueba de F, a un nivel de significancia del 1% y 5%, y la prueba de comparación de medias Tukey, para determinar diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$).

2.3 FASE 2

2.3.1 Prueba de comportamiento animal. Esta prueba se llevó a cabo con el forraje proveniente de las parcelas evaluadas en la fase I, tomadas a partir del segundo y tercer corte.

2.3.1 Animales. Se emplearon 48 animales machos destetos con un peso promedio de 330 g.

2.3.2 Plan sanitario. Previo a la iniciación de la etapa experimental las instalaciones y las pozas fueron desinfectadas con un producto comercial a base de yodo, se desparasitó a los animales interna y externamente.

2.3.3 Instalaciones y equipos. Se utilizó un galpón con una área de 60 m², piso en concreto, muros en orillos de madera y techo de zinc, iluminación natural y artificial con ventanas laterales. Se empleó 16 pozas de 1m², en las cuales se alojó a 3 animales por poza.

2.3.4 Alimentación. Estuvo constituida por la biomasa proveniente de las parcelas experimentales de la fase 1 y se ofreció a voluntad. El alimento se suministró dos veces al día (mañana y tarde) y se pesó el alimento suministrado y el rechazado una vez por día, para determinar el consumo efectivo (anexo E).

2.3.5 Tratamientos. Los tratamientos o dietas experimentales fueron los forrajes provenientes de las parcelas experimentales de la fase 1, conformados de la siguiente manera:

T1: Forraje proveniente de la asociación SF

T2: Forraje proveniente de la asociación con FM

T3: Forraje proveniente de la asociación con FO

T4: Forraje proveniente de la asociación con FOM

2.3.6 Diseño Experimental. Para las variables, incremento de peso y conversión alimenticia se aplicó un diseño irrestrictamente al azar (DIA), con cuatro tratamientos, 4 réplicas por tratamiento, cada réplica estuvo conformada por tres cuyes machos, para un total de 16 unidades experimentales (pozas). Para evaluar los distintos tratamientos se realizó un análisis de covarianza, utilizando como covariables el peso inicial y el consumo de alimento. Así mismo, se realizó la prueba de comparación de medias ajustadas mediante la orden LSMEANS del programa SAS (2011) y la prueba de Tukey-Kramer, para determinar el mejor tratamiento.

El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde

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

μ = Media general del experimento.

τ_j = Efecto del tratamiento.

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

Hipótesis.

Hipótesis nula

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

La media de los tratamientos es igual. La fertilización del forraje no afectó las variables productivas en los cuyes.

Hipótesis alterna

$$H_a = \mu_j \neq \mu_{j'}; j \neq j'$$

La media de los tratamientos no es igual. La fertilización afectó por lo menos a una de las variables productivas en los cuyes.

2.3.7 Variables a evaluar

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

Incremento de peso. Se registró el peso inicial de los animales y posteriormente se llevó un control quincenal de peso, posteriormente se calculó la ganancia de peso al finalizar el experimento (75 días). Con esta información y con el peso promedio de los cuyes al nacimiento (150 g), se evaluaron cuatro modelos de crecimiento: Logístico, Gompertz, Bertalanffy, Brody.

Conversión alimenticia (CA). Se determinó mediante la siguiente relación:

$$CA = \text{Consumo de alimento (MS g)}/\text{incremento de peso (g)}$$

Mortalidad. Se contabilizó el número de muertes por tratamiento, durante el tiempo que duró la investigación, posteriormente se construyó una tabla y se realizó un análisis de supervivencia.

2.3.8 Análisis estadístico. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el paquete estadístico SAS (Statistic Analysis Sistem, 2011). Para describir el crecimiento de los animales se utilizaron 4 modelos: Logístico, Gompertz, Von Bertalanffy y Brody. Las expresiones matemáticas que representan a cada uno de los modelos y su número de parámetros son presentados en la tabla 4.

Tabla 4. Descripción matemática de los modelos de crecimiento

Modelo	No. de parámetros	Expresión matemática
Logístico	3	$yt = A / (1 + B \exp (-K t))^*$
Gompertz	3	$yt = A \exp (-B \exp (-K t))$
Von Bertalanffy	3	$yt = A (1 - B \exp (-K t))^3$
Brody	3	$yt = A (1 - B \exp (-K t))$

* yt =peso del animal en el tiempo t ; A = estimativa del peso a la madurez; B = parámetro de integración, no posee significado biológico; K = índice de madurez o estimativa de precocidad de madurez.

Los modelos fueron ajustados a las series de peso por edad de cada animal con el método de Gauss-Newton en el procedimiento para modelos no lineales NLIN (SAS, 2011). Para distinguir la capacidad de ajuste de cada uno de los modelos en estudio fueron utilizados los siguientes criterios:

Criterio de información de Akaike (AIC). Permitió determinar que tan bien los modelos se ajustaron a la base de datos. El método combinó la teoría de máxima verosimilitud, información teórica y entropía de información (Motulsky y Christopoulos, 2003). El criterio se definió mediante la siguiente ecuación:

$$AIC = -2 * \log Lik + 2N$$

Dónde:

N representa el número de parámetros estimados por el modelo y $\log Lik$ corresponde al logaritmo de máxima verosimilitud. El mejor modelo fue aquel que presentó menor valor de AIC.

Criterio de información bayesiano (BIC). Así como el AIC, supone una corrección del criterio de verosimilitud considerando el número de parámetros estimados y el número de datos. Por lo tanto, cuanto menor fue el valor de BIC

(Schwartz, 1978), mejor fue el ajuste del modelo. Su expresión se describe como sigue:

$$BIC = -2\log\text{like} + p \ln(n)$$

Donde n denota el número de observaciones utilizadas para ajustar la curva y p el número de parámetros.

Porcentaje de convergencia. El número de animales que alcanzaron el criterio de convergencia.

Coherencia biológica de los parámetros estimados. Los valores de los parámetros estimados que estuvieron de acuerdo con los fenómenos observados, permitirán predecir de mejor manera dichos fenómenos (Noguera *et al.*, 2008).

Después de escoger el mejor modelo, se utilizó la prueba de SNK, para determinar diferencias entre tratamientos. Para el análisis de supervivencia se midió el tiempo de supervivencia en días. La fecha inicial del estudio correspondió al inicio de la prueba de comportamiento. El seguimiento se realizó desde el 11 de febrero de 2012 hasta el 26 de abril de 2012. Se censuraron los tiempos de aquellos cuyes que no presentaron el evento de interés (muerte) al final del período de estudio. Se trabajó con el método de Kaplan-Meier para el cálculo del tiempo promedio de supervivencia, y para la comparación de curvas el test de Log-Rank; que identifica diferencias a lo largo de las curvas, el test de Breslow para identificar diferencias al comienzo de las curvas y Tarone Hill que constituye un test intermedio entre los dos anteriores (Esteve *et al.*, 1994).

El análisis de los datos se realizó a través del paquete estadístico SPSS versión 18.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA ASOCIACIÓN MARALFALFA-RAMIO, BAJO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL.

El ANDEVA (Tabla 5) muestra el efecto de los fertilizantes en las variables de materia fresca (BFR), altura de la planta (APR), índice de área foliar (IAFR) de ramio, las cuales presentaron diferencias entre tratamientos ($p < 0,01$). Por otra parte se pudo determinar que no se presentó efecto de los fertilizantes ($p > 0,05$) sobre las variables biomasa fresca (BFM), altura de planta (APM), relación hoja-tallo (HTM), período de recuperación (PRM) e índice de área foliar de maralfalfa (IAFM) y relación hoja-tallo de Ramio (HTR), con un nivel de significancia del 99%.

Tabla 5. ANDEVA para las variables MFM, MFR, APM, APR, HTM, HTR, IAFM, IAFR y PRM evaluadas en la asociación maralfalfa-ramio, bajo fertilización orgánica y mineral.

F.V	G.L	BFM	BFR	APM	APR	HTM	HTR
Tratamiento	3	26,45ns	0,244**	0,006ns	0,003**	0,022ns	0,035ns
Bloque	3	9,84	0,025	0,009	0,0004	0,002	0,16
Error	9	7,24	0,013	0,007	0,0002	0,017	0,12
Media		18,74	1,06	1,19	0,21	1,12	2,45
C.V. (%)		14,36	10,65	6,85	6,30	11,56	14,07
F.V	G.L	IAFM	IAFR	PRM			
Tratamiento	3	2,30ns	0,12**	74,25ns			
Bloque	3	4,99	0,002	24,04			
Error	9	9,24	0,020	26,38			
Media		6,30	0,68	47,63			
C.V. (%)		48,10	21,08	10,78			

*= Diferencias significativas; **= diferencias altamente significativas; ns= no existen diferencias; BFM=biomasa fresca maralfalfa; BFR= biomasa fresca ramio; APM= Altura de la planta de maralfalfa; APR= Altura de la planta de ramio; HTM= Relación hoja-tallo de maralfalfa; HTR= Relación hoja-tallo de ramio; IAFM= Índice de área foliar de maralfalfa; IAFR= Índice de área foliar de ramio; PRM= Período de recuperación maralfalfa.

Biomasa fresca Maralfalfa (BFM) y biomasa fresca de Ramio (BFR). La respuesta a los fertilizantes sobre la variable biomasa fresca fue similar para maralfalfa ($p>0,05$) y diferente para ramio ($p<0,05$) (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de Tukey para las variables BFM, BFR, APM, APR, HTM, HTR, IAFM, IAFR y PRM evaluadas en la asociación maralfalfa-ramio, bajo fertilización orgánica y mineral.

Trat.	BFM t/ha	BFR t/ha	APM m	APR m	HTM	HTR	IAFM	IAFR	PRM días
1	15,44A	0,77B	1,20A	0,23A	1,23A	2,55A	5,52A	0,53B	46,00A
2	20,13A	1,31A	1,23A	0,20A	1,05A	2,33A	5,76A	0,88A	46,00A
3	21,31A	0,96B	1,17A	0,17B	1,10A	2,48A	6,90A	0,55B	44,50A
4	18,11A	1,21A	1,15A	0,23A	1,10A	2,45A	7,00A	0,78AB	54,00A
Tukey	5,94	0,25	0,17	0,029	0,29	0,76	6,71	0,32	11,34

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes

Las producciones oscilaron entre 15,44 y 21,31 t/ha/corte en maralfalfa sin fertilización y con fertilización orgánica, de 0,77 a 1,31 t/ha en ramio no fertilizado y con la fuente mineral. Los forrajes presentaron mejor respuesta a la fertilización mineral y en mezcla con respecto a la orgánica, resultados que fueron más evidentes en ramio que en maralfalfa. Investigaciones realizadas por Avalos (2009) en el cultivo de maralfalfa, encontraron rendimientos de biomasa verde y seca con óptimo orgánico (10 t/ha de Ecoabonaza) con 5.8 t/ha de biomasa verde y 1.13 t/ha de materia seca en el primer corte y en el segundo corte 7.1 t/ha de biomasa verde y 6.795 t/ha de materia seca, comparados con los demás tratamientos (Óptimo químico: 80-40-20-40 kg/ha de N, P, K y S) y (50% Orgánico-50% químico); en esta investigación, la ausencia de respuesta a los diferentes tipos de fertilización en maralfalfa puede explicarse según lo dicho por Malavolta (2006), donde la planta absorbe el nutriente aplicado, pero no responde en

crecimiento (consumo de lujo), condición que puede darse tanto en suelos deficientes como no deficientes.

El efecto diferente de la fertilización sobre la variable de biomasa en ramio comparado con el de maralfalfa confirma que la respuesta puede obedecer más a condiciones de tipo genéticas del cultivo como menciona Marschner (1995), según el cual las especies difieren en su capacidad de absorber nutrientes del suelo, así como en su eficiencia de utilización dentro de la planta para producir biomasa. Otros factores que quizá influyeron en las diferencias observadas fueron el tamaño de la especie vegetal, tipo de planta, resistencia, edad y clase de raíces. Para el caso, las raíces de maralfalfa son fibrosas, adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas y superficiales (Correa *et al.*, 2009), a diferencia de las de ramio que son más profundas y rizomatosas (Boschini y Rodríguez, 2002).

A medida que la raíz crece, se ubica en estratos de suelo en los que encuentran los nutrientes disponibles para la planta; la cantidad de nutrientes que intercepta en forma directa la raíz 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).

Estas diferencias determinan requerimientos de niveles de nutrientes en los suelos muy distintos para lograr máximas producciones de una especie dada, es decir que las necesidades de cada variedad son tan diferentes como las cantidades de nutrientes que tienen los fertilizantes (Guerrero, 1990).

3.1.1. Altura de planta Maralfalfa (APM) y altura de planta de Ramio (APR).

No se presentaron diferencias en esta variable por efecto de los fertilizantes en maralfalfa ($p > 0.05$). En el ramio la fertilización orgánica no produjo un efecto

benéfico sobre altura (0,17 m) comparado con los restantes tratamientos; cuyo crecimiento osciló entre 0,20 y 0,23 m.

El comportamiento antes descrito, puede deberse primero a que muchos suelos no posibilitan la respuesta de las plantas a la fertilización mineral por efectos de fijación en los complejos humus-arcillas; debido a que los Andisoles son de tipo aluminosilicatos no cristalinos altamente fijadores (Espinosa, 1987). Por otra parte, al tratarse de suelos deficientes N (4,9% de MOS), la época en que se aplicó el fertilizante, que coincidió con un descenso en la cantidad de lluvias (IDEAM, 2012), pudo haber incidido en la disponibilidad para las plantas.

3.1.2. Relación Hoja Tallo maralfalfa (HTM) y relación hoja tallo ramio (HTR).

La respuesta de las variables HTM y HTR a los fertilizantes, fue similar ($p > 0.05$) (Tabla 6). Los valores encontrados en maralfalfa fueron similares a los observados en la investigación de Correa *et al.* (2009), donde fue mayor en parcelas sin fertilizar (1.88) comparado con parcelas fertilizadas (0.87). Esto pudo deberse a que en parcelas fertilizadas el crecimiento mayor de los tallos influye en un menor valor de la relación (Guzmán, 2009). Estudios realizados por Boschini y Rodríguez (2002), reportaron valores de relación H: T en ramio cortado a los 42 días y con fertilización mineral de 150 kg/ha/año de urea, de 1,19, más bajos que los encontrados en esta investigación.

En general se puede decir que la mayoría de las forrajeras reducen su porcentaje de hojas a medida que envejecen, y que los tallos son de menor calidad que las hojas, sin embargo, esto no siempre se da. La calidad de los tallos comparada con la de las hojas, depende de su estructura y de cada especie en particular. La reducción en calidad generalmente está asociada a un incremento en la lignificación de los tejidos estructurales. En algunas leguminosas y especies arbustivas, los tallos son órganos estructurales y las hojas son órganos metabólicos. En algunas gramíneas a su vez, las hojas tienen una importante

función estructural, por la lignificación de la vena central y los tallos son órganos de reserva. Esto lleva a que la calidad de los tallos, en algún momento de su desarrollo posea mayor valor nutritivo que las hojas. La calidad de los tallos varía significativamente entre especies. Por lo tanto, la relación hoja tallo debe ser usada con criterio cuando se pretenda utilizar como índice de calidad. Este índice es de mayor valor, entre leguminosas que entre gramíneas. Si la digestibilidad de las hojas es igual o menor que la digestibilidad de los tallos, la relación hoja tallo carece de valor (Salisbury y Ross, 2000). Generalmente se busca que la cantidad de cada uno de estos componentes sean 50% y 50% (Estrada, 2004).

3.1.3. Índice de área foliar en maralfalfa (IAFM) e índice de área foliar en Ramio (IAFR). El IAFM no se vio influenciado por los fertilizantes aplicados ($p > 0,05$). Un mejor comportamiento de esta variable se observó en el ramio ($p < 0,05$) con el fertilizante mineral y FOM con valores de 0.88 y 0.78 respectivamente. Estos resultados confirman que forrajes cultivados bajo las mismas condiciones de suelo y clima, responden en forma diferente a la fertilización, que puede deberse a una condición de tipo genética o que en asocio éstos dos cultivos, es posible que ramio sea más eficiente en la toma de nutrientes y compita eficazmente con maralfalfa por la toma de éstos; viéndose afectadas variables como BFM, APM, HTM, IAFM. Además, las características morfológicas de éstas especies pueden influir de manera significativa; como el citado por Correa *et al*, (2009) y Boschini (2002) sobre las diferencias en el tipo de raíces de las dos especies.

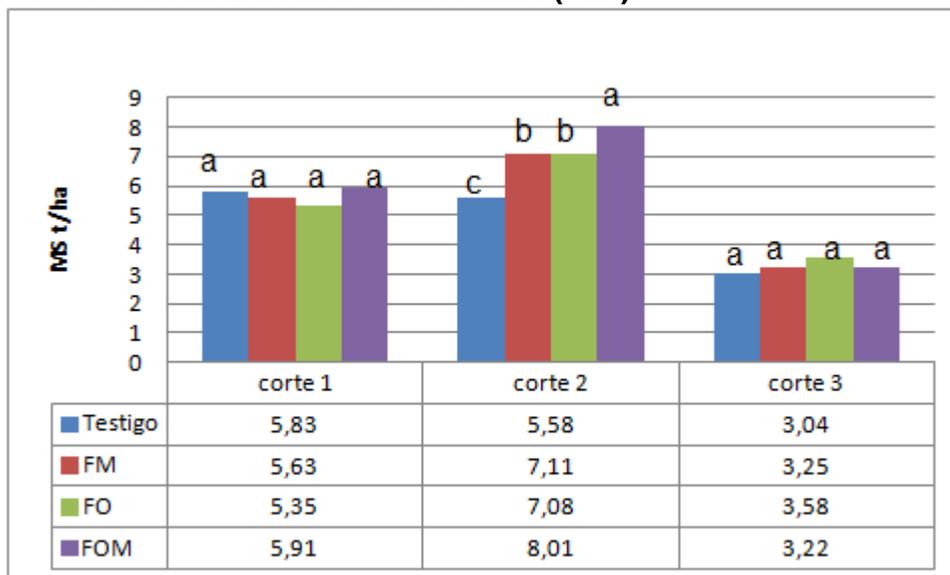
3.1.4 Período de recuperación de maralfalfa (PRM). Según la prueba de Tukey, no se presentaron diferencias ($p > 0.05$) en esta variable por efecto de los fertilizantes. Esto se debió posiblemente a que la cantidad aplicada de fertilizantes y la época de aplicación no fueron las mejores.

3.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA ASOCIACIÓN MARALFALFA-RAMIO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

El contenido nutricional de la mezcla maralfalfa-ramio, con una composición botánica de 90% maralfalfa + 10% de ramio, presentó diferencias ($p < 0.01$) en las interacciones tipos de fertilización y número de corte para los componentes MS, PB, FDN, FDA, Celulosa, Hemicelulosa, NDT, C, P, y LIG, diferencias significativas ($p < 0.05$) para FC, y no hubo variación en ENN, EE, y Ca (Tabla 7).

3.2.1 Materia seca. En la Figura 2, se observa que existieron interacciones entre los diferentes tipos de cortes. En el primer corte los resultados fueron iguales ($p > 0.05$), durante el segundo corte la fuente mixta permitió mayores contenidos de MS ($p < 0,05$), esto indica las bondades de la fertilización orgánica y mineral. Durante el tercer corte los fertilizantes presentaron efectos idénticos sobre la producción de MS.

Figura 2. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable materia seca de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).



Los resultados obtenidos en el segundo corte tuvieron implicaciones en el valor nutricional y alimenticio del pasto, ya que en la medida en que se redujo el

contenido de MS, como sucedió en el testigo, en esa proporción se reduce la densidad de nutrientes (Carulla *et al.*, 2004). La respuesta favorable a la FOM, puede explicarse por lo argumentado por Machado y Dávila (1997); quienes mencionan cómo la aplicación de fertilizantes orgánicos en mezcla con minerales tienen un efecto a largo plazo, porque los nutrimentos se encuentran en formas orgánicas que requieren mineralizarse y permiten solubilizar los fertilizantes minerales, este efecto tardío puede llegar a ser igual o mejor que la aplicación de una fuente individual de fertilizante.

Por otro lado, los mejores resultados obtenidos cuando se mezcló el fertilizante orgánico y mineral, confirman un efecto complementario de las dos fuentes. Medina (1980) menciona, que la combinación de fuentes de nitrógeno orgánico y mineral, permite un efecto inmediato de la parte mineral y a la vez amplía la acción en el tiempo debido a la fracción orgánica; efecto que se evidenció en el segundo corte, favorecido por las condiciones climáticas de la época.

La asociación maralfalfa-ramio durante el tercer corte, presentó una respuesta mínima frente a fertilizante. Los menores valores observados en el contenido de MS coincidieron con un descenso en el régimen de lluvias para la época (IDEAM, 2012) (Figura 3) y quizá al agotamiento de los nutrientes, especialmente de la fuente mineral.

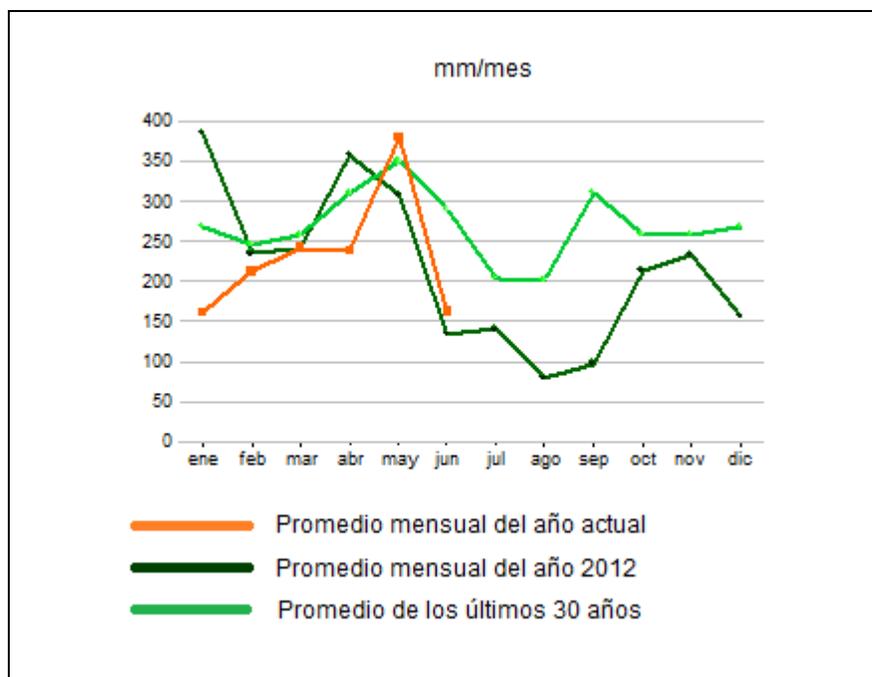
La producción de MS de esta asociación en los dos primeros cortes coincide con la reportada por Espinosa *et al.* (2001); quienes en la evaluación del pasto Kingras en asociación con leguminosas forrajeras, encontraron rendimientos promedio por corte de 7 y 5,5 t MS/ha/corte para Kingras + *Centrosema pubescens* y Kingras solo con fertilización nitrogenada.

Tabla 7. ANDEVA para producción de MS y sus componentes nutricionales PB, ENN, FDN, FDA, CEL, HEMI, NDT, C, EE, Ca, P, LIG y FC (ton /ha/corte)

F.V	MS	PB	ENN	FDN	FDA	CEL	HEMI
Trat.	0.95*	0.02**	0.23ns	0.31ns	0.15ns	0.02ns	0.041ns
Bloque	0.10ns	0.02**	0.45**	0.01ns	0.02ns	0.002ns	0.005ns
Corte	50.61**	0.56**	1.09**	21.82**	8.01**	3.75 **	3.38**
Trat*corte	1.35**	0.02**	0.06ns	0.59**	0.22**	0.09**	0.09**
Error	0.25	0.002	0.09	0.14	0.06	0.02	0.02
Media	5.19	0.53s	0.79	3.41	2.08	1.41	1.33
C.V. (%)	9.62	9.83	38.10	10.88	11.79	10.92	10.02
F.V	NDT	C	EE	Ca	P	LIG	FC
Trat.	0.33**	0.03NS	0.004**	0.0003ns	0.0001**	0.01**	0.33*
Bloque	0.089ns	0.003ns	0.001ns	0.0000ns	0.0000ns	0.005*	0.60**
Corte	12.53**	1.93**	0.029**	0.0035**	0.0007**	0.2**	14.09**
Trat*corte	0.35**	0.05**	0.0009ns	0.0001ns	0.0000**	0.0075**	0.34*
Error	0.05	0.02	0.00089	0.00018	0.000006	0.001717	0.1
Media	2.57	1.01	0.12	0.04	0.01	0.323478	2.726739
C.V. (%)	8.79	13.10	24.23	29.86	13.38	12.81049	11.57690

*= Diferencias significativas; **= diferencias altamente significativas; ns= no existen diferencias; MS= Materia seca; PB= Proteína bruta; ENN= Extracto no nitrogenado; FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido; CEL= Celulosa; HEMI= Hemicelulosa; NDT= Nutrientes digestibles totales; C= Ceniza; EE= extracto etéreo; Ca= Calcio; P= fósforo; LIG= lignina; FC= Fibra cruda

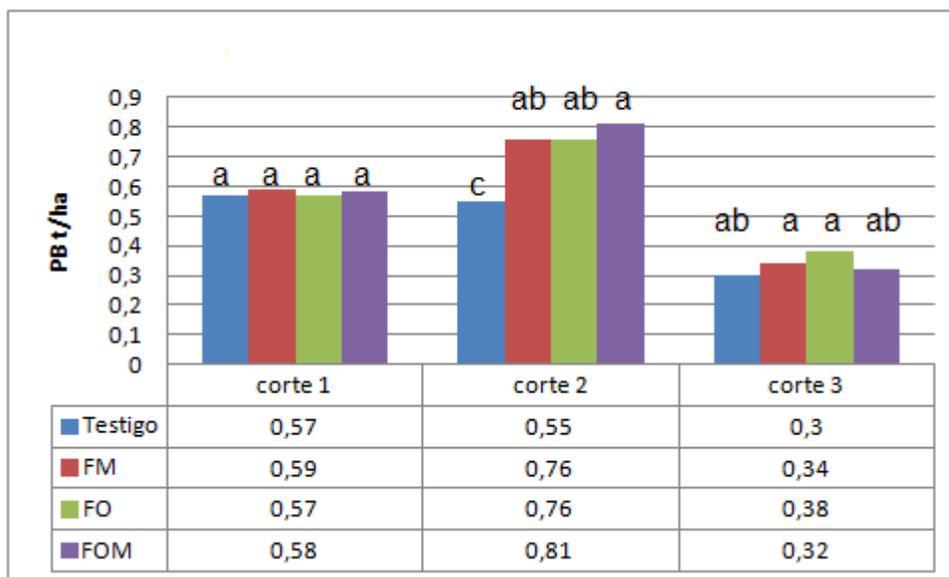
Figura 3. Régimen de lluvias en el departamento de Nariño (IDEAM, 2012)



Según Correa *et al.* (2009), la práctica de fertilización es muy necesaria para la producción de forraje, quienes concluyen que la producción de biomasa verde de maralfalfa rindió 3.6 veces más que cuando el pasto no fue fertilizado.

3.2.2 Proteína Bruta (PB). Los datos obtenidos para esta variable, indicaron diferencias ($p > 0,01$) para cortes y tipos de fertilizantes. Los valores oscilaron entre 0,3 t/ha para la interacción tercer corte y testigo y 0,81 t/ha para la interacción segundo corte y FOM, confirmándose la interacción entre cortes (Figura 4).

Figura 4. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable proteína bruta de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).



En el corte uno, la asociación no presentó respuesta en el nivel proteico con las aplicaciones de los fertilizantes ($p > 0,05$). En el segundo corte hubo efecto positivo ($p < 0,05$) a todas las fuentes de fertilizante y en similar magnitud entre ellos y diferenciados del testigo, en el corte 3 los resultados obtenidos fueron los más bajos ($p < 0,05$), en todos los tratamientos evaluados.

Los contenidos de proteína disminuyeron para todos los tratamientos hacia el corte tres, la no presencia de lluvias pudo haber influenciado la absorción de N y por ende, la formación de proteína en los forrajes.

Los resultados obtenidos en el segundo corte, permiten sugerir que la fertilización pudo influir sobre mayores aumentos de proteína bruta: Cabalceta (1999), menciona que los elementos que limitan la calidad de los pastos, por presentar deficiencias más acentuadas, son el nitrógeno y el fósforo. Los anteriores resultados indican que, la fertilización nitrogenada es importante ya que puede

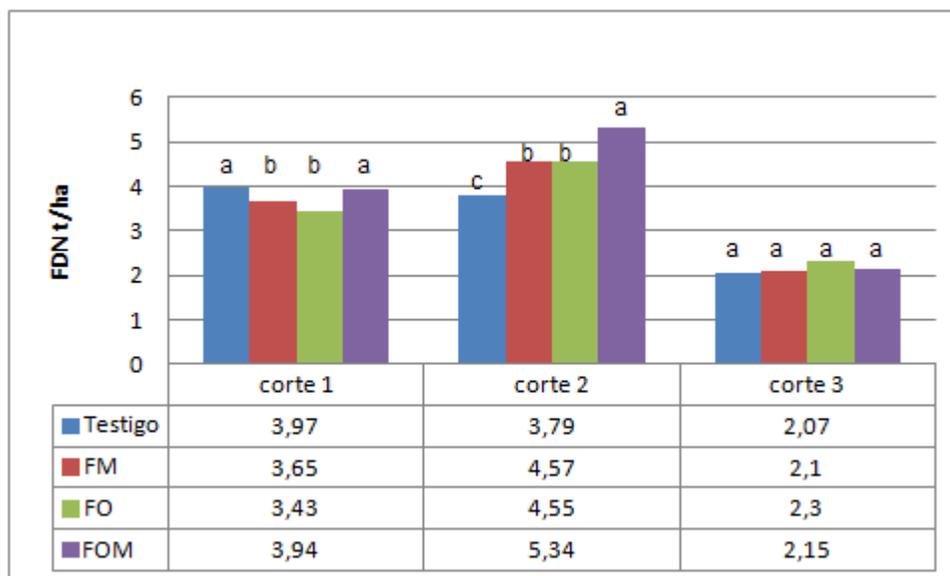
limitar el crecimiento de las plantas forrajeras, en especial de las gramíneas, el nitrógeno tiene mayor importancia en la producción de materia seca e influye en el contenido de proteína bruta.

La edad o estado de madurez de la planta es tal vez el más importante y determinante de la calidad nutritiva del forraje. Esto explica cómo el contenido de proteína es mayor en el segundo corte; el cual fue realizado a los 65 días después, en comparación con el primer y segundo cortes, los cuales fueron realizados a los 90 y 45 días respectivamente. Al respecto, Pírela (2005) menciona que durante el proceso de crecimiento de la planta, después del estado foliar inicial, hay un rápido incremento de materia seca y un cambio continuo en los componentes orgánicos e inorgánicos. A medida que avanza el estado de madurez, la formación de los componentes estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) ocurre a mayor velocidad que el incremento de los carbohidratos solubles, además, los componentes nitrogenados progresivamente, constituyen una menor proporción de la materia seca. Esto, se debe tanto a la pérdida de hojas como al aumento progresivo de la lignina; la cual dificulta la digestión y disminuye el valor nutritivo de los pastos.

Ávila (2004) y Acosta (1996), reportan que los forrajes de maralfalfa y ramio presentan porcentajes de PB de 16,5% y 20% respectivamente, la composición botánica en este estudio presentó proporciones de 90% de maralfalfa y 10% de ramio, con un porcentaje de proteína en la mezcla de 9,9% para testigo y 10,7% para FO. Esto permite inferir que el porcentaje de proteína en alguna de las dos especies es menor al reportado por la literatura. Cobo *et al.* (1995), encontraron una un proteína del 16,8% en la mezcla de 70% de Ramio y 30% de Kingras.

3.2.3 Fibra detergente neutra (FDN). Existieron diferencias ($p < 0,05$) entre cortes y fuentes de fertilizantes. El FDN osciló entre 2,07 y 5,43 t/ha, en la interacción corte tres por testigo y corte dos por FOM (Figura 5).

Figura 5. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable FDN de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).



En el primer corte, la FOM y el testigo fueron distintos ($p < 0,05$) de la FM y FO, en el segundo corte la FOM produjo mayores contenidos de FDN, frente a los demás tratamientos, en el tercer corte los tratamientos fueron similares ($p > 0,05$). Jiménez *et al.* (2010), en *Brachiaria* reportaron efectos contrarios de la fertilización sobre los valores de FDN, resultando menor con aplicación de fertilizante inorgánico (74,2%) que con fertilizante orgánico (75,9%) y sin fertilizante de (74,6%).

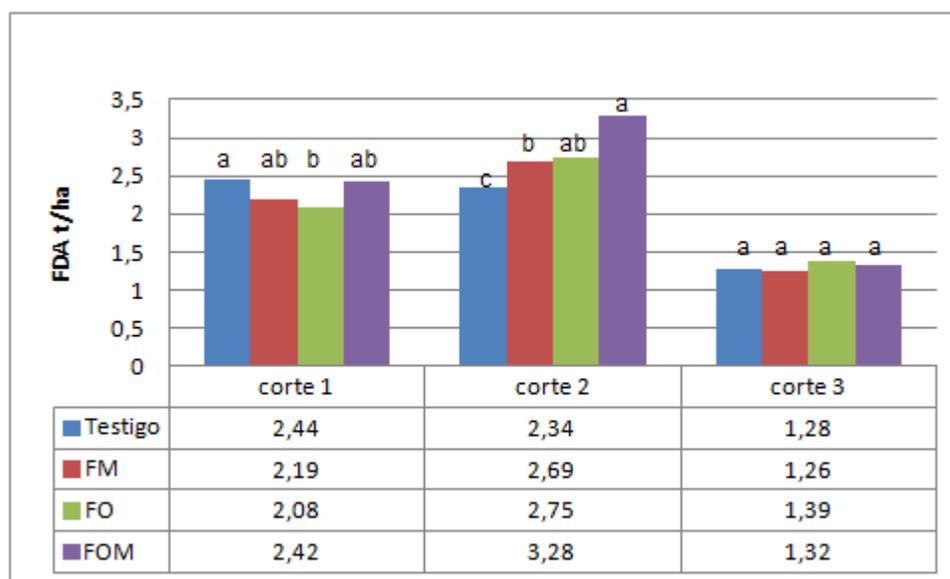
Las diferencias de FDN encontradas entre cortes obedecen fundamentalmente a las condiciones climáticas propicias que conllevaron a una mayor velocidad de producción de macollas después del primer corte, como también a la ocurrencia de relaciones carbono-nitrógeno más altas en los tejidos de los forrajes, (Arriaga, 1983).

El FDN reportado en el tercer corte osciló de 64,15% en FO a 68,11% sin fertilización (anexo D). Valores reportados de FDN para maralfalfa de 68,5%

(Osorio, 2004) y de ramio de 43,2% (Acosta, 1996), muestran la tendencia de la asociación a tomar los valores más cercanos a los de maralfalfa, debido a la mayor proporción de la gramínea en el arreglo. Los resultados encontrados se están dentro del rango reportado por Bernal (1994), quien afirma que los componentes de la pared celular incluidos en la fracción fibra detergente neutro constituye entre el 40 y 80% de materia seca siendo mayor la proporción en pastos que crecen en el suelos deficientes de nutrientes.

3.2.4 Fibra detergente acida FDA. Los resultados mostraron diferencias para cortes y fuentes de fertilizantes ($p < 0,05$). Los valores de FDA oscilaron entre 1,28 t/ha en el corte tres con testigo y 3,28 t/ha en el corte dos con FOM (Figura 6).

Figura 6. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable FDA de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).



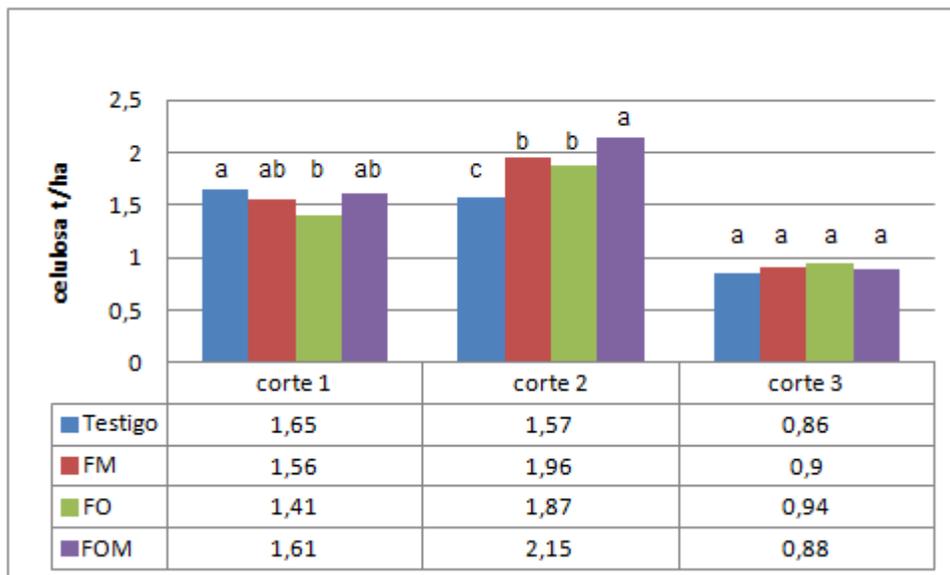
En el corte 1 testigo, FM y FOM presentaron mayores valores de FDA ($p > 0,05$). En el corte 2 la FOM y FO mostraron contenidos mas altos, en el corte 3, todos los tratamientos fueron iguales ($p > 0,05$). El efecto similar del testigo con FM y FOM

en el primer corte coincide con lo reportado por Bernardis *et al.* (2001), quien en un ensayo sobre el efecto de la fertilización en el contenido de fibra del pasto clavel (*Hemarthria altissima* Poir), registró a los 56 días valores de FDA mayores con el tratamiento testigo sin fertilizante (39,23%). A diferencia del resultado anterior, en el segundo corte se muestra cómo en el testigo sin fertilizante fue más bajo, y los diferentes fertilizantes aumentaron la FDA, estos resultados coinciden con los reportados por Correa *et al* (2009) en datos registrados para el pasto maralfalfa en parcelas fertilizadas (37,96%) y sin fertilizar (35,8%).

En el tercer corte los valores fueron similares entre los fertilizantes. En este corte los niveles de FDA fueron más bajos, esto obedece a que la FDA no solo es afectada por la edad de la planta sino también por la época de corte. Soto (1979) sostiene que el comportamiento irregular de esta variable puede relacionarse con los efectos estacionales del clima o por la disminución gradual en cuanto al nivel de nutrientes. Los valores de FDA durante el corte 3 oscilaron entre 38,67% con FM y 41,95% en FO (anexo D), los cuales están dentro del rango reportado por Carulla *et al.* (2004) para maralfalfa a los 47 días de 47,3% y por Acosta (1996) en ramio a los 45 días de 39,3%.

3.2.5 Celulosa. Según la Figura 7, la celulosa mostró variación entre cortes ($p < 0,05$), valores que oscilaron de 0,88 t/ha en el tercer corte y FOM a 2,15 t/ha en el segundo corte y FOM.

Figura 7. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable celulosa de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).

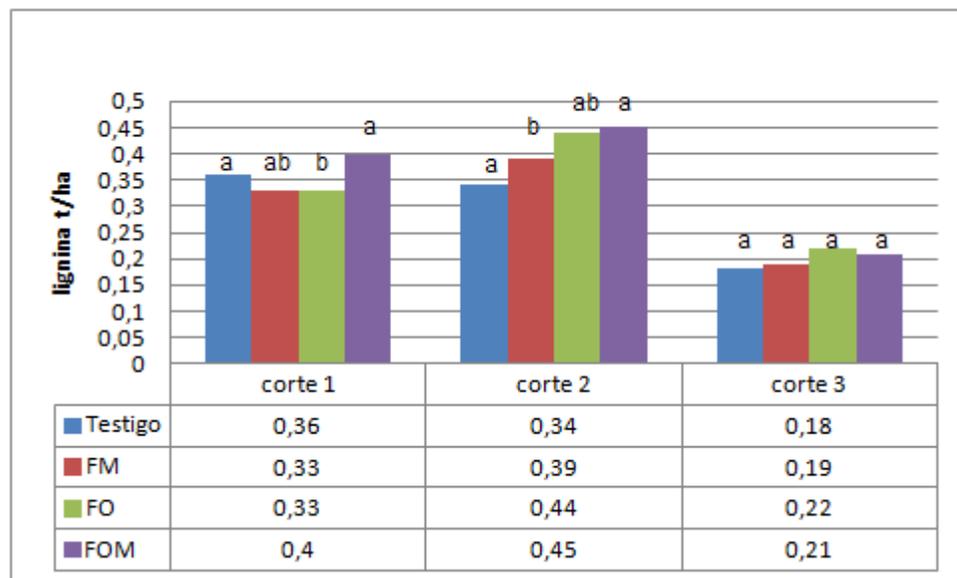


En el primer corte, testigo igualo a FM y FOM, pero difirió de la FO, en el segundo corte, la FOM ocasionó contenidos de celulosa más elevados que la FM y FO, el testigo fue diferente a todos con contenidos más bajos, en el corte tres todos los tratamientos fueron similares. La respuesta en los contenidos de celulosa a los fertilizantes en el corte tres parece estar acorde con lo expuesto por Soto (1979) quien sostiene que la proporción de celulosa se ve poco afectada por la fertilización nitrogenada como factor individual, sin embargo su interacción con la frecuencia de corte puede modificar su contenido aumentándolo a intervalos más largos.

La celulosa en el tercer corte fue de 28% (Anexo D), valor que se encuentran acorde con lo que asevera Bernal (1994) para esta fracción cuya cantidad puede variar del 20 a 40% del total de la materia seca.

3.2.6 Lignina. Según la Figura 8 la lignina varió entre cortes ($p < 0,05$). Los contenidos fluctuaron entre 0,18 t/ha en el corte tres con testigo y 0,45 t/ha en el corte dos con FOM. En el tercer corte, la lignina fue similar por efecto de los tratamientos evaluados y los menores contenidos obedecen a la cantidad de biomasa obtenida en este corte.

Figura 8. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable lignina de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).

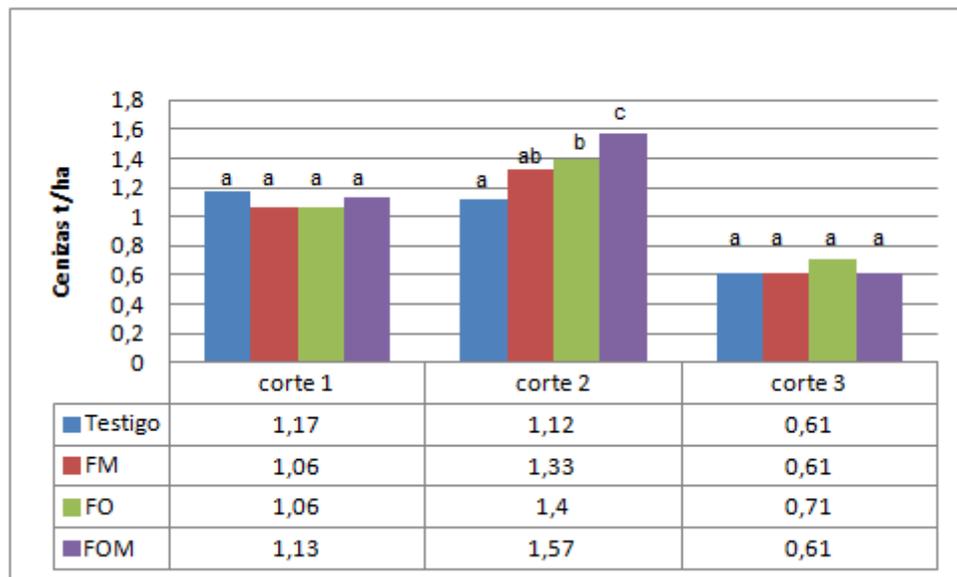


La lignina es un polímero fenólico que no puede ser digerido por las enzimas (Van Soest, 1994) y, por mecanismos aún no completamente comprendidos (Morrison, 1996), inhibe la digestión de los componentes de las paredes celulares, es más pronunciado su efecto en forrajes maduros (Fukushima y Dehority, 2000), coincidiendo con las diferencias encontradas en éste estudio entre cortes, los niveles más altos de lignina fueron encontrados en los cortes 1 y 2.

En el tercer corte, el promedio de 7% de lignina (anexo D), se encuentra en el rango reportado por Bernal (1994), quien afirma que la ligninavaría entre el 5 y 8% en la mayor parte de los forrajes tropicales y cercano al reportado por Correa *et al* (2009) en maralfalfa, de 40 y 110 días de edad de 7.27% y sin fertilización de 6,84%. Es por esto que, el contenido de lignina ha sido utilizada para estimar la digestibilidad de la fibra y, a partir de esta, el aporte de energía disponible de la FDN (NRC, 2001).

3.2.7 Cenizas. Según la Figura 9, el comportamiento de la variable cenizas fue diferente entre cortes ($p < 0,05$). En el corte 1, todos los tratamientos fueron similares en el segundo corte, en el tratamiento testigo las cenizas fueron más bajas, y a su vez la FOM ocasionó mayores contenidos, en el corte tres no se observaron diferencias entre los tratamientos.

Figura 9. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable cenizas de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).

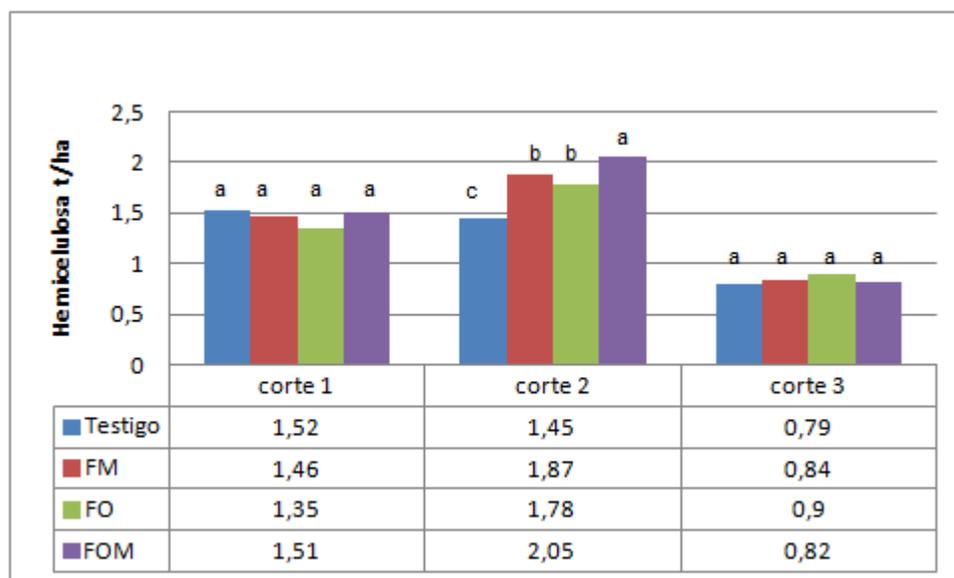


Las diferencias entre cortes se deben quizá a que los contenidos de cenizas en el pasto están influenciados por la humedad del suelo, siendo mayor la concentración en períodos lluviosos que en períodos secos (Van Soest, 1994).

El contenido de cenizas obtenido en el corte tres fue de 19% (anexo D), más alto que el reportado por Correa *et al* (2009) en maralfalfa, en parcelas fertilizadas se obtuvieron valores de 12.95% y en parcelas sin fertilizar de 9,75%. El contenido de cenizas totales no solo es importante por su relación directa con la concentración de ciertos minerales en particular, sino además por su relación con el contenido de energía de los forrajes. Dado que los minerales no aportan 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).

3.2.8 Hemicelulosa. Según la Figura 10, se observa que existieron diferencias entre cortes ($p < 0,05$). Los contenidos de Hemicelulosa del primer corte fueron intermedios entre los del segundo y tercer corte. En el primer y tercer corte no hubo respuesta a los fertilizantes utilizados ($p > 0,05$), los mayores valores fueron registrados en el segundo corte por efecto de la FOM, en comparación con el testigo; el cual ocasionó los más bajos. Apráez y Moncayo (2000), reportaron en el departamento de Nariño valores que oscilan entre 30.9 y 35.7% de Hemicelulosa en el pasto kikuyo.

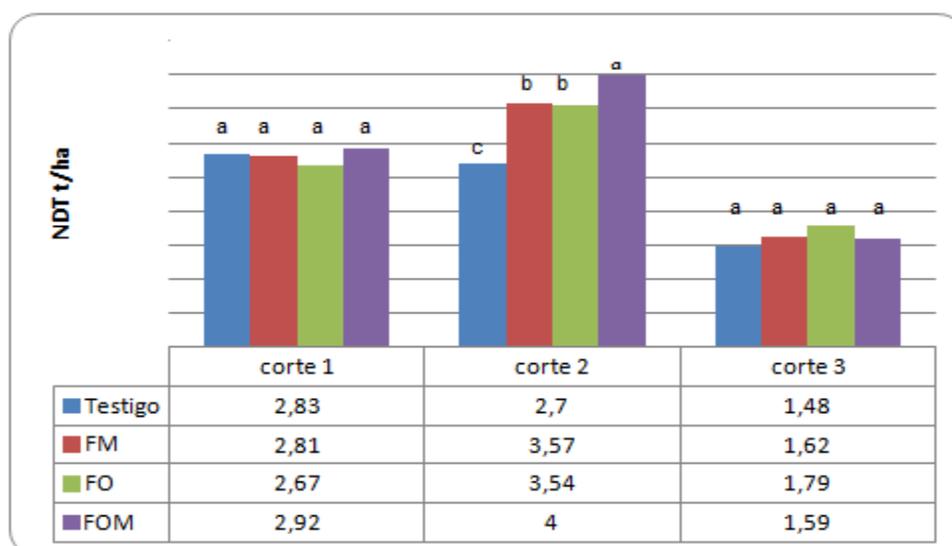
Figura 10. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable hemicelulosa de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).



Los resultados obtenidos en esta investigación en el tercer corte estuvieron alrededor del 26%, porcentaje superior a los citados por Bernal (1994), quien manifiesta que los valores para hemicelulosa generalmente se encuentran entre 15 y 21%, que en algunas variedades de pastos como el guinea (*Panicum maximun*) puede llegar hasta el 30%, que no es muy afectada por la edad de la planta ya que se encuentra depositada en las paredes secundarias y obedece más a factores como la época de corte, fertilización y fertilidad de los suelos.

3.2.7 Nutrientes digestibles totales (NDT). Según lo observado en la Figura 11, los valores de NDT fueron diferentes entre cortes, siendo menores en el corte tres. En el corte uno y tres, no hubo efecto de los fertilizantes sobre esta variable ($p>0,05$), en el corte dos la variable FDN respondió positivamente a la fertilización; en donde FOM presentó mayores contenidos de NDT. Esto, posiblemente se debió a un incremento en el área foliar, que permitió optimizar los procesos de fotosíntesis y síntesis de carbohidratos de reserva (Bernal, 1994), en este corte se obtuvo la mayor producción de biomasa y la producción llegó a su ápice en dicho período.

Figura 11. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable NDT de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).

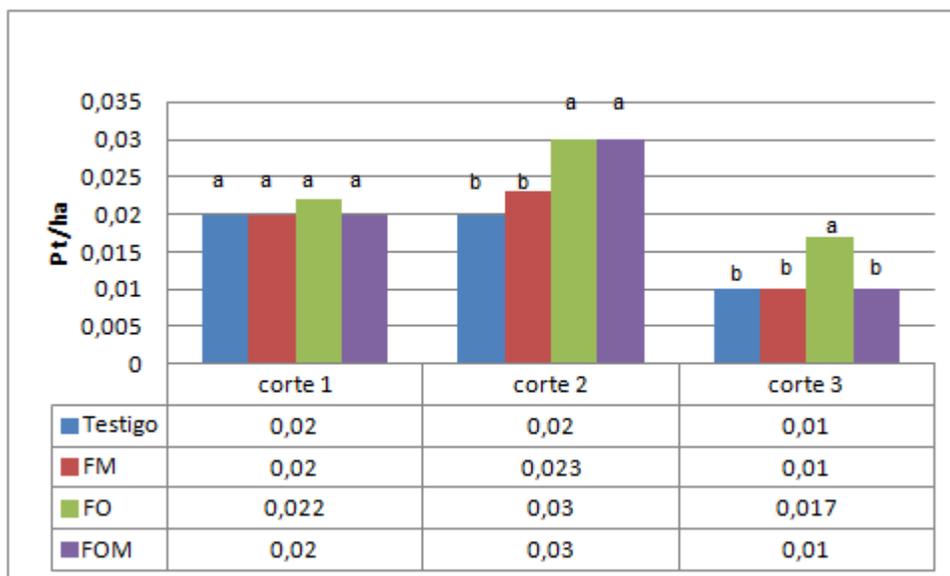


El efecto similar de los fertilizantes a esta variable en el corte tres pudo estar acompañado de una menor cantidad en las precipitaciones, lo que conlleva a una menor solubilidad de los nutrientes en el suelo y por ende, a una menor disponibilidad para la raíz de las plantas, factor que repercutió posiblemente en la producción de materia seca.

El NDT en este estudio, fue en promedio del 50% (anexo D), Correa *et al.* (2009) en el pasto maralfalfa reportó valores de 53,97% en parcelas fertilizadas y de 57,11% sin fertilizar. Caycedo *et al.* (1991), evaluaron la digestibilidad de la materia seca y nutrientes del ramio, solo y en mezcla con kingras y kikuyo en una proporción de 50:50, con porcentajes de NDT del 69,54%, 54,71% y 54,53% respectivamente. El NDT representa el valor energético, esto implica entonces que las mezclas deben ser manejadas estratégicamente para aprovechar la interacción entre su calidad nutricional y la producción de MS, cosechándolo a edades más tempranas para suministrarlo a los animales.

3.2.8 Fósforo. Según lo observado en la Figura 12, los promedios de P fueron diferentes entre cortes y menores en el corte tres. Los valores oscilaron entre 1,48 t/ha en el corte tres con testigo y de 4 t/ha en el corte dos con FOM.

Figura 12. Interacción número de corte y tipo de fertilización para variable fósforo de la mezcla maralfalfa-ramio (t/ha).



En el corte uno, los fertilizantes tuvieron el mismo efecto ($p > 0,05$) en el corte dos, las FOM y FO superaron a la FM y testigo. En el corte tres, la FO produjo mayores contenidos de P. Los valores obtenidos en el corte tres estuvieron cercanos a 0,43%, confirmando las bondades de la fertilización orgánica en el aumento del nivel de P en la mezcla. Según Burbano (1989), la fertilización orgánica mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, al reducir la fijación del fósforo y favorecer la absorción, el P en las plantas puede aumentar cuando se aplica compost en ausencia de fertilizantes fosfóricos; de esta manera se confirma la respuesta a la FO en los tres cortes evaluados.

Muestras de kikuyo obtenidas a los 32 días presentaron valores de P de 0,50% y a los 58 días de 0,44%. Contenidos muy elevados de P por encima de 0,60% con respecto de la MS pueden afectar la absorción de Ca y Mg (Van Soest, 1994; Underwood y Suttle, 1999) requiriendo hacer las correcciones correspondientes a través de la suplementación mineral.

3.3 PRUEBA DE COMPORTAMIENTO ANIMAL

Para el análisis de esta prueba se llevó a cabo un análisis de covarianza con el fin de separar el efecto debido a los tratamientos de aquel debido a las variables extrañas, en este caso el peso inicial y el consumo (covariables), es decir se corrigió la respuesta eliminando la influencia de estas variables sobre el peso final (PF), ganancia de peso (GP) y conversión alimenticia (CA) (figuras 13, 14 y 15).

Figura 13. Medias y medias ajustadas de la variable peso final

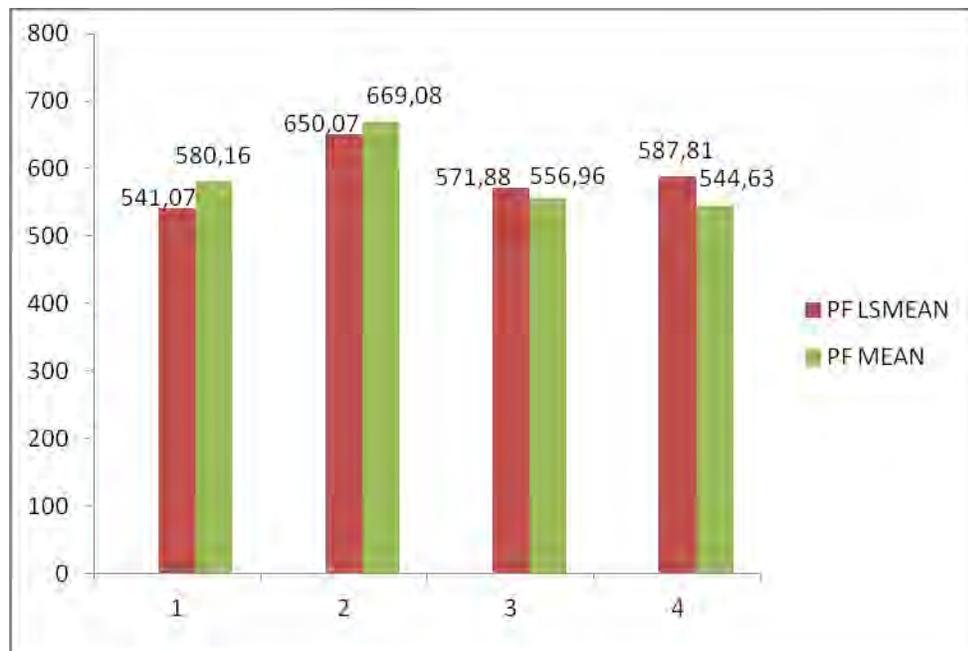
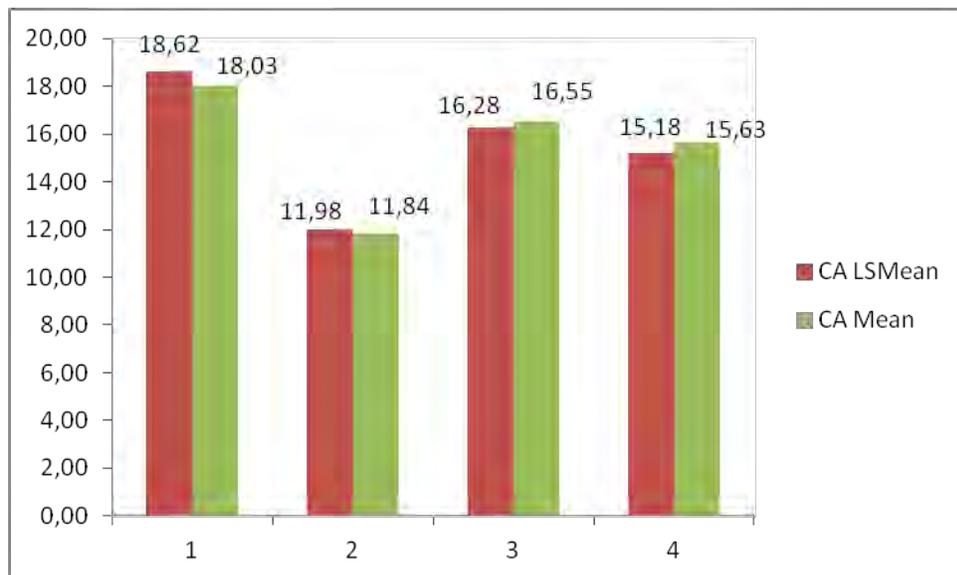


Figura 14. Medias y medias ajustadas de la variable Ganancia de peso



Figura 15. Medias y medias ajustadas de la variable Ganancia de peso



En el análisis de covarianza se observaron diferencias estadísticas significativas por efecto de los fertilizantes para las variables peso final (PF), ganancia de peso (GP) ($p < 0.01$) y diferencias significativas ($p < 0.05$) para conversión alimenticia (CA) (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de covarianza para las variables peso final (PF), ganancia de peso (GP) y conversión alimenticia (CA).

Variable	FC	P>F
PF	6,60	0.0098**
GP	6,60	0.0098**
CA	4.37	0.0328*

*= Diferencias significativas; **= diferencias altamente significativas; PF= Peso final; GP= ganancia de peso; CA= conversión alimenticia.

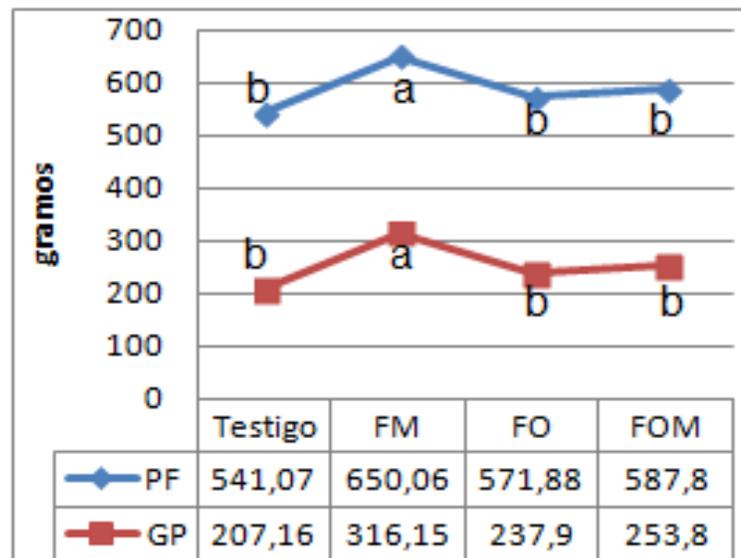
3.3.1 Peso final (PF). La FM produjo los pesos más altos ($P < 0,01$) respecto de los demás tratamientos (Figura 16). Los resultados se asemejan a los reportados por Cobo *et al.* (1985), quienes obtuvieron valores de 667,5 gramos cuando suministraron solamente la mezcla de 70% de Ramio y 30% de Kingras, sin suplemento concentrado.

La fertilización es sin duda, la práctica cultural que da resultados mejores para aumentar la calidad de los forrajes; por consiguiente tiene un efecto directo en el animal. El incremento de peso y la producción animal, dependen de la cantidad de pasto ingerido y su valor nutritivo, el cual a su vez, está relacionado con la composición y digestibilidad (Bernal y Espinosa, 2003).

3.3.2 Ganancia de peso. La FM (Figura 16) produjo mayor ganancia de peso de los animales respecto de los demás tratamientos ($p < 0,05$). Esto obedece a que posiblemente, este tipo de fertilización se promovió una rápida asimilación de los

nutrientes por parte de la planta, lo que produjo un resultado diferencial en el animal, contrario a lo sucedido con la FO y FOM, las cuales no difirieron en este indicador.

Figura 16. Efecto de los diferentes tipos de fertilización en la mezcla marafalfa-ramio sobre las variables peso final (PF) y ganancia de peso (GP).

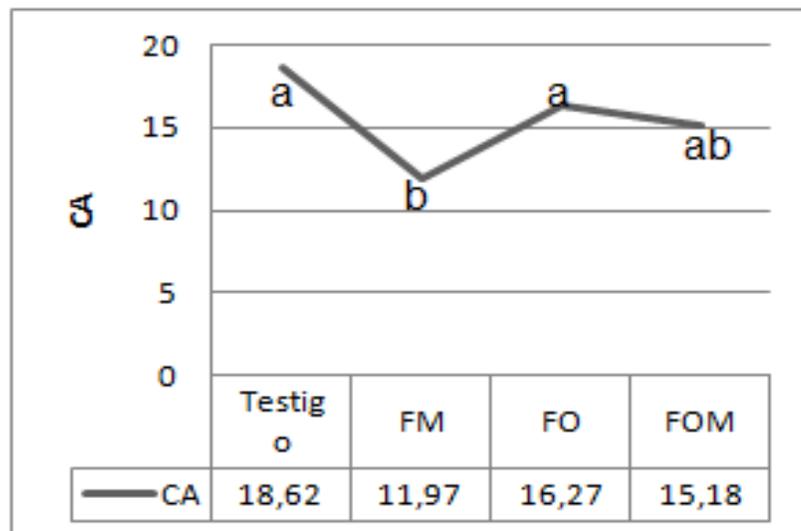


La diferencia encontrada en los animales alimentados con forraje proveniente de parcelas con FM, se puede explicar por las características nutricionales de la mezcla especialmente en el contenido de proteína (10,5%), FDN (64,7%) y NDT (50%). Fue notorio que los porcentajes de proteína inferiores al 10%, produjeron pérdidas de peso. La FDN se relacionó más con un mayor consumo de materia seca (anexo E). Los cuyes respondieron eficientemente al suministro de energía, obtuvieron mayores ganancias de peso y mejoraron la conversión alimenticia (anexo D), también es importante anotar que la mezcla proveniente de las parcelas con fertilización mineral presentaron menor porcentaje de FDA y lignina.

Campaña y Jácome (1983), encontraron ganancias diarias de peso de 4,54 g cuando suministraron una dieta de 40% de ramio, 30% de pasto imperial, 30% de hoja de plátano, valores similares a los encontrados en este estudio con el tratamiento FM; cuya ganancia diaria fue de 4,21 g, los cuales están por debajo de los encontrados por Cobo *et al.* (1995) de 8,73 g, cuando suministraron 100% ramio, esto se debe a que los aportes de la mezcla maralfalfa-ramio estuvo en proporción 90:10, que no aportó las cantidades de nutrientes suficientes para satisfacer los requerimientos de los animales

3.3.3 Conversión alimenticia. Debido a que la conversión alimenticia es la relación entre el alimento consumido por los animales y la ganancia de peso que estos tienen durante un tiempo determinado, se busca menores valores de este indicador, porque ello, muestra el grado de eficiencia del animal para ganar peso. En la figura 17, se puede observar que los cuyes alimentados con el forraje proveniente de parcelas con FM, presentaron menor conversión alimenticia ($p < 0.01$).

Figura 17. Efecto de los diferentes tipos de fertilización en la mezcla maralfalfa-ramio sobre la variable conversión alimenticia (CA).



Melo *et al* (1984), encontraron conversiones alimenticias de pasto elefante de 10, y de pasto elefante más concentrado de 8,52. El resultado de la conversión alimenticia en esta investigación es similar al reportado por Campaña y Jácome (1983); quienes obtuvieron una conversión de 11,55 cuando adicionaron a la dieta 40% de ramio en mezcla con pasto imperial y hoja de plátano. Cobo *et al.* (1995), encontraron conversiones alimenticias de 6,27 en la mezcla 70% ramio y 30% kingras y 5,99 cuando se suministró 100% ramio. De esto, se puede deducir que el mayor aporte de ramio en la mezcla mejora la conversión alimenticia, lo que concuerda con la mayor cantidad de biomasa fresca obtenida por el ramio con FM.

3.3.4 Curvas de crecimiento. La calidad del ajuste fue evaluada por cinco criterios: suma de cuadrados del error, coeficiente de determinación, criterio de información de Akaike (AIC), criterio de información Bayesiano (BIC) y porcentaje de animales que alcanzaron el criterio de convergencia (%C).

El modelo de Brody presentó en los cuatro tratamientos el menor valor de la suma de cuadrados del error seguido de Von Bertalanffy, Gompertz y Logístico (Tabla 9). Este comportamiento fue similar para los resultados encontrados por Noguera *et al* (2008) para cuyes machos, en donde la menor suma de cuadrados del error fue para el modelo Brody con 13065,3 y la mayor para el modelo Logístico con 14175,7, respectivamente, modelos que representan mejor un conjunto de datos ofrecen menores suma de cuadrados del error, constituyéndose así un adecuado criterio de evaluación entre modelos (Noguera *et al.*, 2008).

Tabla 9. Valores de las sumas de cuadrados del error (SCE), coeficiente de determinación (R^2), criterio de información de Akaike (AIC), criterio de información Bayesiano (BIC) y porcentaje de convergencia (% C).

Modelo	Tto.	SCE	R^2	AIC	BIC	% C
Brody	1	5008,98	0,957	70,85	65,5	100
	2	3370,44	0,978	65,64	52,3	100
	3	4233,94	0,966	67,83	62,9	90,9
	4	2366,01	0,870	64,95	59,0	100
Gompertz	1	6689,74	0,944	72,80	67,5	100
	2	5280,77	0,972	70,17	64,2	100
	3	5805,72	0,955	71,27	62,3	100
	4	3331,15	0,962	67,75	61,8	100
Logístico	1	7395,41	0,935	73,75	68,4	100
	2	6079,52	0,966	71,83	65,8	100
	3	6079,53	0,951	69,31	63,3	100
	4	3904,20	0,958	68,97	63,0	100
Von Bertalanffy	1	6128,73	0,948	72,20	66,9	100
	2	4615,84	0,975	71,83	65,8	100
	3	5276,13	0,957	70,54	65,2	90,9
	4	2991,76	0,964	66,91	60,9	100

T1: forraje proveniente de parcelas sin fertilizar; T2: forraje proveniente de la parcelas con fertilización mineral; T3: forraje proveniente de la parcelas con fertilización orgánica; T4: forraje proveniente de parcelas con fertilización orgánica y mineras.

Los coeficientes de determinación encontrados en los cuatro tratamientos fueron altos, con valores que variaron entre 87% y 98%. Independientemente de los tratamientos, según Noguera *et al.* (2004), estos coeficientes deben ser interpretados con cautela, toda vez que los modelos pueden tener limitada capacidad de predicción y presentar altos valores de R^2 , razón por la cual este coeficiente no puede ser el único criterio de escogencia entre modelos. Burgos *et al.* (2010), encontraron valores similares de 96% para el modelo de Von Bertalanffy evaluado en el crecimiento de los cuyes.

Para cada uno de los tratamientos, el menor valor de AIC fue observado en el modelo de Brody con valores 70,85, 65,64, 67,83 y 64,95, respectivamente. Esto indica un adecuado ajuste del modelo a los datos en estudio. Esto coincide con los menores valores encontrados por Noguera *et al.* (2008) para cuyes machos, en donde el menor valor de AIC fue observado para el modelo de Brody con 8623,9.

El BIC presentó valores más bajos con el modelo de Brody para cada uno de los tratamientos con 65,5, 52,3, 62,9 y 59,0 respectivamente.

El modelos de Gompertz y Logístico fueron los que determinaron un mayor número de animales con convergencia (100%), seguido en orden decreciente por los modelos de Brody y Von Bertalanffy

Tabla 10. Estimaciones de los parámetros (A, B y K) para los modelos ajustados en cuyes para los cuatro tratamientos.

Modelo	Tratamiento	A (g)	B	K(gd-1)
Brody	1	579.0582710	0.7290299	0.0351545
	2	719.364846	0.7887070	0.0261524
	3	613.789721	0.7431821	0.0317345
	4	600.7122014	0.7416805	0.0265038
Gompertz	1	552.0070418	1.1964047	0.0517267
	2	669.2631999	1.3763309	0.0417026
	3	575.3379677	1.2326481	0.047623
	4	553.6358835	1.2326481	0.0405666
Logístico	1	543.6765195	1.6730648	0.0638077
	2	656.7338267	1.9033195	0.0502035
	3	564.3533406	1.7216772	0.0594884
	4	541.3316711	1.6959655	0.0492496
Von	1	558.4604906	0.3358309	0.0460082
Bertalanffy	2	680.5094841	0.3783348	0.0365242
	3	584.1725588	0.3447546	0.0421405
	4	564.0146163	0.3434764	0.035876

T1: forraje SF; T2: forraje con FM; T3: forraje con FO; T4: forraje con FOM; A= Peso asintótico; K=Tasa de madurez; B= Constante de integración.

Al comparar las estimaciones de los pesos (A) obtenidos por los cinco modelos, independientemente de los tratamientos, se puede verificar que los mayores valores fueron encontrados en el modelo de Brody de 579,05, 719,36 g, 613,79 g y 600,71g (Tabla 10) y los menores valores estimados por la curva Logística con 543,67 g, 656,73 g, 564,35 g y 541,33 g. Noguera *et al.* (2008), encontraron datos superiores para el modelo de Brody para cuyes machos con 2124,3 g, e inferiores para logístico con 1198,8g. Según Caycedo (2000), el peso a la edad adulta es de aproximadamente 1200g para esta especie, siendo los valores

encontrados en el presente estudio inferiores a los reportados por este autor. Todos los modelos revelaron que el T2 presentó un mayor valor de peso adulto.

Otro parámetro importante es el K, que representa la tasa de madurez del animal en cada punto de la curva, indica la velocidad de crecimiento para alcanzar el peso asintótico. Animales con altos valores de K, presentan una madurez precoz, en comparación con animales de valores menores de K y de peso inicial similar (Malhado *et al.*, 2008).

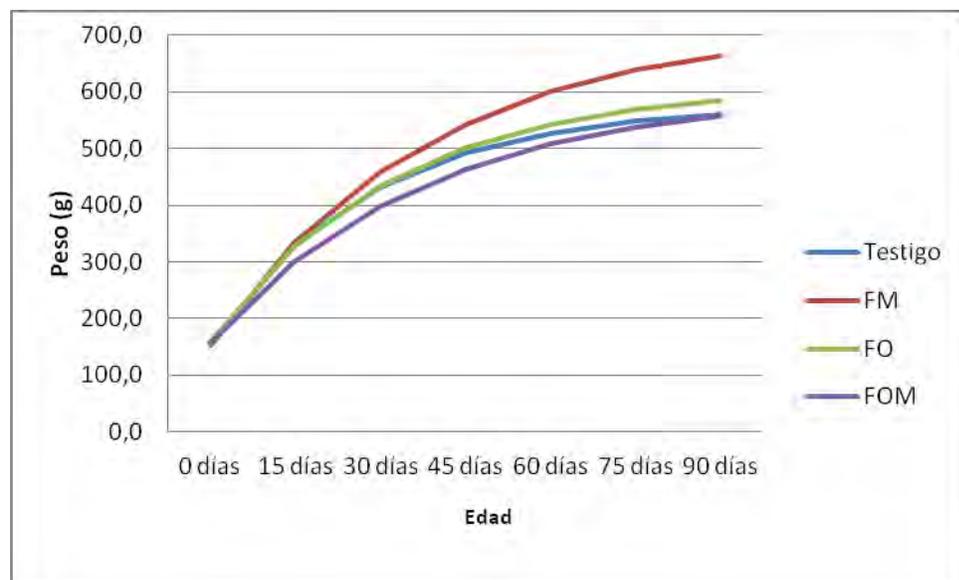
En la estimación de este parámetro (K) en $g\text{día}^{-1}$, se puede observar que ha ocurrido lo inverso del peso asintótico, con las estimaciones de los modelos logístico (0,063, 0,050, 0,059 y 0,049), superiores a los otros modelos. Malhado *et al.* (2008), encontraron en el modelo logístico una correlación negativa entre el parámetro A y K (-0,71) concluyendo que animales con mayores tasas de crecimiento tienen menor probabilidad de alcanzar mayores pesos en la madurez, comparados con aquellos que crecen más despacio en el inicio de la vida. Animales que alcanzan la madurez con más peso, tienen la menor tasa de crecimiento, se debe resaltar que esta relación, biológicamente es la más importante (Sarmiento *et al.*, 2006).

La presente investigación, permitió establecer que aunque el modelo de Brody sobreestima los pesos a la edad adulta en los diferentes tratamientos con respecto de los demás modelos, presenta buenos criterios de ajuste para describir el crecimiento en cuyes. Burgos *et al.* (2008), encontraron que el modelo que más se ajustaba al crecimiento de los cuyes teniendo en cuenta el tamaño de camada y el número de partos fue el de Von Bertalanffy.

El modelo propuesto por Brody (1945), ha sido el más frecuentemente aplicado para caracterizar datos del crecimiento de diferentes especies animales, ya que la función de tres parámetros es la más fácil de computar que la mayoría de las otras

funciones, de tal forma que ha permitido describir el crecimiento de los cuyes en los diferentes tratamientos (Figura 18). Se puede observar que el crecimiento de los cuyes no sigue una tendencia lineal, condición que ratifica la importancia de la exploración de este tipo de modelos que permitan predecir de manera más acertada el crecimiento y desarrollo de los cuyes. Es importante aclarar que los datos de peso únicamente se tomaron hasta los 90 días, después del nacimiento, por lo tanto no fue posible establecer claramente la fase asintótica de las curvas de crecimiento.

Figura 18. Estimación de los pesos, desde el nacimiento hasta los 90 días de edad de cuyes alimentados con los forrajes SF, FM, FO y FOM, obtenidos con el modelo de Brody.



Los diferentes tratamientos (forrajes SF, FM, FO, FOM) fueron sometidos a el análisis de varianza (Anexo F), pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre los valores de los parámetros A, B y K, para los diferentes tratamientos. Los valores de peso asintótico (A), muestran que los cuyes alimentados con forraje proveniente de las parcelas con FM alcanzaran

mayores valores de peso (719.36 g) respecto de los demás tratamientos (Figura 18), aunque estadísticamente fueron similares, coinciden con los mayores valores reportados para GP y menor valor de CA. Sin embargo es importante resaltar que el crecimiento y desarrollo definidos para la edad adulta de cada especie, está sujeto a la herencia y variabilidad individual (Bavera *et al.*, 2005).

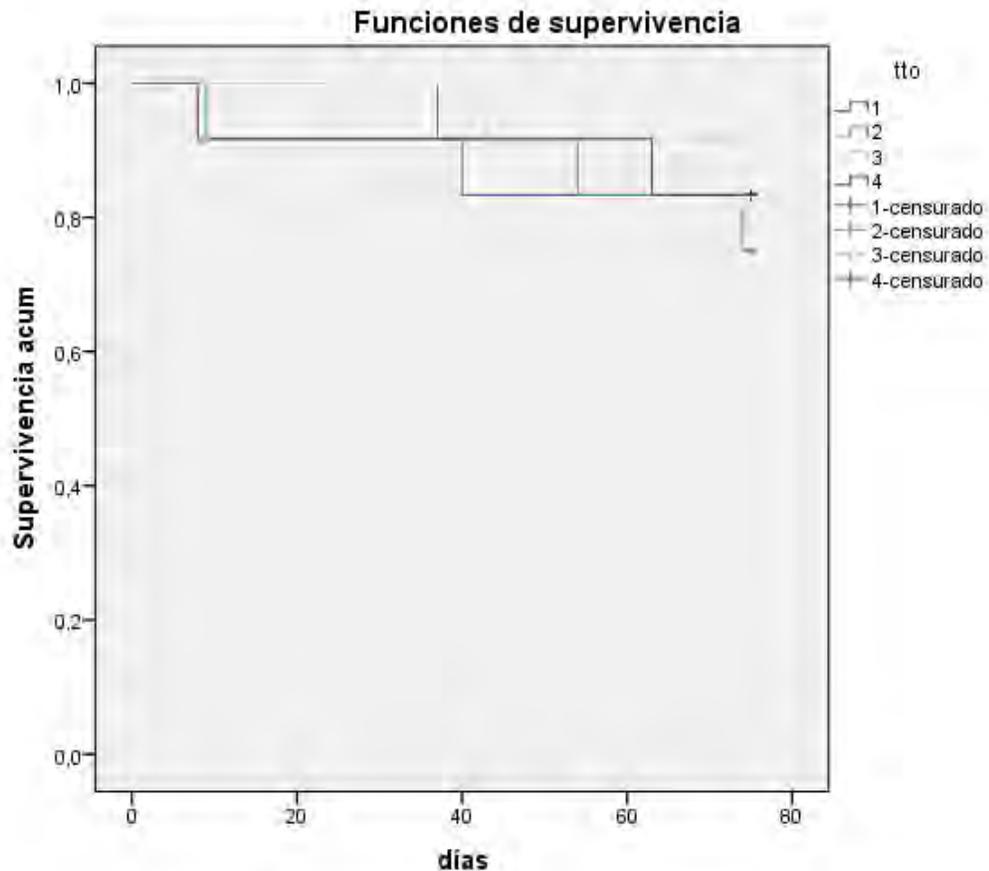
3.3.3 Análisis de supervivencia. La prueba de igualdad de distribuciones de supervivencia (Tabla 11) señala que, no existen diferencias significativas en las curvas de supervivencia para los diferentes tratamientos con las pruebas de Log-rank ($p = 0,777$), Breslow (0,788) y Tarone-Ware (0,783). El estadístico de Log-Rank no alcanzó el valor crítico para rechazar la H0, de “no hay diferencias” en la supervivencia globalmente considerada.

Tabla 11. Prueba de igualdad de distribuciones de supervivencia

	Chi cuadrado	GL	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1,101	3	0,777
Breslow (Generalized Wilcoxon)	1,055	3	0,788
Tarone-Ware	1,077	3	0,783

Este comportamiento se evidencia de mejor manera en la figura 16, en donde las curvas se superponen durante el período de estudio (75 días), esto indica que no existe diferencias entre grupos y que la probabilidad de supervivencia fue similar para los cuyes alimentados con los forrajes provenientes de todas las parcelas SF, FM, FO Y FOM.

Figura 19. Curva de supervivencia acumulada en cuyes alimentados con forraje SF, FM, FO, FOM.



La supervivencia es la probabilidad que tienen al nacer los individuos de una población de alcanzar una determinada edad. En la figura 19, se puede observar que la probabilidad decrece desde 1 para los cuyes nacidos vivos, hasta acercarse a cero a medida que avanza la edad de los cuyes.

El método de Kaplan-Meier calculó la media de supervivencia global en 69,33 días (Tabla 12), sin embargo se observa que los animales pertenecientes al T2 presentaron menor media (67,667días) y el T4 la mayor media con 68,41 (68,417 días).

Tabla 12. Medias del tiempo de supervivencia para los cuatro tratamientos.

Tratamiento	Media ^a			
	Estimación	Error típico	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	68,917	3,931	61,212	76,621
2	67,667	5,370	57,141	78,192
3	72,333	2,553	67,329	77,337
4	68,417	5,344	57,942	78,892
Global	69,333	2,242	64,939	73,728

a=La estimación se limita al mayor tiempo de supervivencia si se ha censurado

CONCLUSIONES

- La fertilización mineral y orgánico-mineral, produjo una respuesta positiva en la producción de biomasa fresca, altura de la planta e índice de área foliar en el ramio, pero no en biomasa fresca, altura de la planta, relación hoja-tallo en maralfalfa y relación hoja-tallo en ramio.
- La época y edad de corte fueron decisivos en el contenido de materia seca y demás fracciones nutritivas del forraje. La edad propicia para el suministro a los animales del forraje proveniente de la mezcla maralfalfa-ramio está entre 42 y 50 días, en donde los contenidos de la fracción fibrosa son menores.
- En el primer corte, el efecto de los diferentes fertilizantes no fue consistente en todas las variables nutricionales evaluadas. En el tercer corte no hubo efecto de los fertilizantes en todas las variables nutricionales de la mezcla maralfalfa-ramio, a excepción de P, lo que confirma el efecto tardío que tiene la FO para mejorar la disponibilidad de este elemento.
- El fertilizante mineral permitió un mejor comportamiento de los animales por contener la mezcla mayor porcentaje de proteína, NDT y menor porcentaje de FDN, condición que seguramente influyó en el consumo y digestibilidad del forraje. El modelo Matemático de Brody fue el que presentó los mejores criterios de ajuste para describir el crecimiento en cuyes.
- Los parámetros peso a la madurez, parámetro de integración, índice de madurez y supervivencia de los animales fueron similares en los tratamientos, lo que evidenció poco efecto de la fertilización sobre estos indicadores.

RECOMENDACIONES

- Valorar la asociación maralfalfa-ramio en otro tipo de arreglos que permitan la expresión máxima de las bondades agronómicas y nutricionales de cada especie.
- El pasto maralfalfa no se debe suministrar a los animales cuando este tenga alturas mayores de 1.0 m, o a una edad superior a los 50 días.
- No es conveniente asociar las dos especies forrajeras en un arreglo intercalado en razón a su competencia especialmente por luminosidad.

BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, L. 1996. Evaluación Energética y Digestibilidad del Ramio (*Boehmeria nivea* L.) en Aves. Universidad Central de Venezuela. pp. 45 – 48.

ALARCÓN, E. y SILVA, J. 1990. Ramio: *Boehmeria nivea* (L) Gond, Establecimiento y Manejo de Pastos y Forrajes. 34: 187-19.

ALIAGA, R. 1993. Producción de cuyes. Editorial UNCP. Universidad Nacional del Centro del Perú-Huancayo. pp. 60-92

ALFARO, V.; BLASCO, J.; CARBONELL, T.; GUTIÉRREZ, J.; NAVARRO, I.; PAGÉS, T.; PALACIOS, L.; PALOMEQUE, J.; PLANAS, J.; RIERA, M.; SÁIZ, M.; TORRELLA, R. y VISCOR, G. 2005. Fisiología animal. Publicaciones I ediciones de la Universidad de Barcelona. pp115.

ÁLVAREZ, A.; PÉREZ, H.; MARTÍN, T.; QUINCOSA, J. y SÁNCHEZ, A. 2009. Fisiología animal aplicada. 1ra ed. Colombia: Universidad de Antioquia; 2009. p 256.

ARRIAGA, M. 1983. Efecto de cinco edades de corte y cinco niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el rendimiento y calidad del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*, Pilger). FONIAP: 78-79.

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

APRÁEZ, E. y MONCAYO, O. Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) sometida a rehabilitación

mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral. [Online]. [Citado el 21 de marzo de 2013]. Disponible en: <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote14htm>.

AVALOS, D. 2009. Reproducción vegetativa del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) y su respuesta a su fertilización química y orgánica en la Granja Laguacoto II. Cantón Guaranda, Provincia, Bolívar. Tesis de Grado, Médico Veterinario y Zootecnista. Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Medio Ambiente. 84 p.

ÁVILA, P. Semilleros maralfalfa. 2004. [Online]. [Citado el 10 de junio de 2011]. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/23408585/Estudio-sobre-Maralfalfa>.

BAVERA, G.; BOCCO, O.; BEGUET, H. y PETRYNA, A. 2005. Crecimiento, desarrollo y precocidad [online]. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. [Citado 26 marzo de 2013]. Disponible en internet: www.produccion-animal.com.ar

BEDREGAL, P.; SHAND, B.; SANTOS, M. y VENTURA, P. 2010. Aportes de la epigenética en la comprensión del desarrollo del ser humano. Rev. méd. Chile [online]. vol.138, n.3, pp. 366-372. ISSN 0034-9887. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872010000300018>.

BERNARDIS, A.; RIOG, C.; BALBUENA, O. y FERNÁNDEZ, J. 2001. Efecto de la fertilización sobre el contenido de fibra y energía metabolizable en *Hemathria altissima*. [Online]. Facultad Ciencias Agrarias. Argentina [citado el 25 de marzo de 2013]. Disponible en: www.unne.edu.ar.

BERNAL, J. 1994. Pastos y forrajes tropicales. 3a ed. Bogotá, Colombia: Buda. 569p.

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:

[http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/L%20Pastos.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/L%20Pastos.pdf)

BERTALANFFY, L. VON. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. The Quarterly Review of Biology. 1957. 32:217–231.

BETANCUR, J. 2004. Comparación de dos procedimientos matemáticos para estimar la degradabilidad efectiva en rumen. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

BRODY, S. 1945. Bioenergetics and growth. Reinhold publishing corporation. New York. 1023 p.

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

BOSCHINI, C. y RODRIGUEZ, A. 2002. Rendimiento del ramio (*Boehmeria nivea* (L) Gaud). Agronomía Mesoamericana. 13(1): 31-36

BURBANO, H. “El suelo: una visión sobre sus componentes biorgánicos”. Colombia: Universidad de Nariño. 447p.

BURGOS, W.; SOLARTE, P. y CERÓN, M. Efecto del tamaño de camada y número de parto en el crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus* Rodentia: caviidae). Revista Lasallista de Investigación. Vol. 7 No. 2. p47.

BURGOS, A.; APRÁEZ, E. y CAYCEDO, A. 1991. Composición química de pastos y forrajes, utilizados en cuyes, en clima frío, medio y cálido. Revista de investigaciones. Universidad de Nariño

CABALCETA, G. 1999. Fertilización y nutrición de forrajes altura. Centro de investigaciones agronómicas, Universidad de Costa Rica. XI congreso Nacional Agronómico/III Congreso Nacional de Suelo. 16p.

CAMPAÑA, J Y JACOME, R. 1983. Evaluación de diferentes niveles de ramio (*Boehmeria nivea*), en la alimentación de cuyes. Tesis Zoo. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. 71 p.

CARAVACA, F.; CASTEL, J.; GUZMÁN, J.; ALCALDE, M. Y GONZÁÑEZ, P. 2005. Bases de la producción animal. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Huelva. p214.

CARULLA, J. 1999. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la proteína del forraje. En: Memorias Simposio internacional sobre la proteína de la leche. Colanta. Medellín.

CARULLA, J.; CÁRDENAS, E.; SÁNCHEZ, N Y RIVEROS, C. 2004. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina Colombiana. En Memorias Seminario Nacional de lechería especializada: Bases nutricionales y su impacto en la productividad. Eventos y asesorías agropecuarias, auditoria de la salud, Hospital General de Medellín, septiembre 1 y 2:21-40.

CAYCEDO, A. 2000. Experiencias Investigativas en la Producción de Cuyes. 1ra ed. Pasto: Graficolor. 320p.

CHAUCA, L. 1997. Producción de cuyes. FAO. INIA. Lima-Perú.

COBO, A. 2003. El suelo y el agua en la producción de pastos. Cali. ISBN: 978-958-33-4381-0

COBO, L.; FERNÁNDEZ, U. Y CAYCEDO, A. 1995. Utilización del ramio (*Boehmeria nivea*) y alfalfa (*Medicago sativa*), en mezclas de parto kingras y kikuyo, en la alimentación de cuyes de engorde. Tesis Zoot. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. 86p.

CORREA, C.; HENAO, Y; LÓPEZ, A y CERÓN, J. 2006. Pasto maralfalfa: mitos y realidades. [Online] (Segunda parte). [Citado 23 Junio 2011]. Disponible en: www.engormix.com/pasto_maralfalfa_mitos_realidades_s_articulos_440_GDC.html. pp 1-17.

DE LEÓN, R. 2009. El Pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) una alternativa de posible solución al problema forrajero en México. [Online]. [Citado junio 2011]. Disponible en: <http://pastomaralfalfa.wordpress.com/el-pasto-maralfalfa/>.

DI MARCO, O. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Ed. por Asociación Argentina de Producción Animal. Balcarce.

DI MARCO, O. 2004. Fisiología del crecimiento de vacunos. [online] Curso de Postgrado Actualización en Invernada, Universidad Nacional de Mar del Plata. [Citado el 29 de marzo de 2013]. Disponible en internet: <http://www.produccion-animal.com.ar/>

ECHEVERRY, S Y ENRÍQUEZ, R. 2011. Mercadeo y Comercialización de Cuy. Producción Sostenible de Cuyes. Editorial Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 2011.

ESTEVE, J.; BENHAMOU, E. Y RAYMOND, L. 1994. Statistical methods in cancer research. Volumen IV. Descriptive epidemiology translated from French by Mary Sinclair IARC scientific publications No. 128. International agency for research on cancer Lyon, France.

ESTRADA, J. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Manizales: Universidad de Caldas. 511p.

ESPINOSA, F.; ARGENTI, P., GIL, J., LEÓN, L., PERDOMO, F. 2001. Evaluación del pasto Kingras (*Pennisetum purpureum* cv. Kingras) en asociación con leguminosas forrajeras. Maracay (Venezuela): Ceniap. Zootecnia Tropical, 1: 59-71.

ESPINOSA, J. 1987. Evaluación agronómica de fertilizantes fosfatados en zonas altas de Ecuador. In L. León y O. Arregocés (eds.). Memorias Seminario de Alternativas Sobre el Uso como Fertilizantes de Fosfatos Nativos de América Tropical y Subtropical. CIAT, IFDC, CIID. Cali, Colombia.

FUKUSHIMA, R. y DEHORITY, B. 2000. Feasibility of using lignin isolatec from forages by solubilization in acetyl bromide as a standard for lignin analysis. Journal of Animal Science. 78(12): 3135-43.

GAITÁN, S Y PABÓN, J. 2003. Aplicación del modelo NRC 2001 en la caracterización energética y proteica de los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, hochst), ryegras (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*) en un ható lechero del oriente antioqueño. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

GUERRERO, R. 1990. Eficiencia de la fertilización nitrogenada. Suelos Ecuatoriales, 20 (1): 88-96.

GUEVARA, J.; MATUZ, D.; VÁZQUEZ, H. 2012. Mensaje bioquímico. Volumen (XXXVI): 200-211.

GUZMÁN, E. 2009. Efecto de la fertilización química vía foliar en el pasto maralfala (*Pennisetum sp.*), en el Canton Bolívar- provincia del Carchi. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 53p.

HAMMOND, J. 1960. Farm animals. Edward Arnold Publishers Ltd., 3ª ed., London, VIII. 322 p.

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

HOLDRIGE'S LIFE ZONES. 1996. [Online]. [Citado el 13 de junio de 2009]. Disponible en: <http://www.radford.edu/~swoodwar/CLASSES/GEOG235/lifezone/holdridge.html>.

INIA. 1994. Investigaciones en cuyes. Informe técnico No. 694. 197p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. [online] 2012 [Citado 7 Noviembre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.paginasamarillas.com/IDEAM-REGIONAL/7/Pasto/Colombia/15420.aspx>

JIMENEZ, O.; GRANADOS, L.; OLIVA, J.; QUIROZ, J. y BARRÓN, M. Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* con fertilización orgánica e inorgánica en suelos

ácidos. Arch. zootec. [online]. 2010, vol.59, n.228, pp. 561-570. ISSN 0004-0592. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922010000400009>.

LAGOMARSINO, E.; FERNÁNDEZ, M.; NICOSIA, M.; MARTÍN, G.; TOLL, J.; LIENDO, E. y CARLINO, G. [online]. Cátedra de Forrajes. [Citado 23 junio 1011]. Disponible en internet: http://www.producción.com.ar/2000/00mar_09.htm.

LAWRENCE, T. y FOWLER, V. 1997. Growth of farm animals. CAB international. New York. 330 p.

MACHADO, D. y DÁVILA, C. 1997. Efectos de la fertilización con N, P, K, micronutrientes y gallinazo en el establecimiento de asociación de alfalfa (*Medicago sativa*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Revista Facultad de Agronomía. 14: 111-128

MALAVOLTA, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas/ Euripedes Malavolta. São Paulo (SP): Agronômica Ceres, 2006. 631 p. ISBN 8531800471.

MALHADO, C.; RAMOS, A.; CARNEIRO, J. y SOUZA, J. 2008. Modelos no lineales para describir el crecimiento de bufalinos de la raza Murrah. Archivos de Zootecnia. 57(220): 497-503

MATAMOROS, J. 1966. Estudio exploratorio de las necesidades de riego y fertilización de ramio. Estación experimental Tropical. Universidad de Guayaquil.

MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. New York: Academic Press. 889 p.

MEDINA, L. 1980. Rendimiento, composición química y digestibilidad in vivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). [Online]. [Citado 22 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://fao.org./noticias/2000/000501>.

MELO, R.; DÍAZ, M. y CAYCEDO, A. 1984. Evaluación de seis raciones con base en pastos de piso térmico medio y un concentrado comercial en cuyes. Tesis Zoot. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. 68p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2007. Encuesta nacional agropecuaria.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2010. [online]. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). [Citado 23 de mayo 2011]. Disponible en internet: http://www.agronet.gov.co/www.htm3b/public/ENA/ENA_2010, pdf.

MOTULSKY, H. y CHRISTOPOULOS, A. 2003 Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression. [Online]. A practical guide curve fitting. [Citado 22 de diciembre de 2011]. Disponible en: [www. Amazon.es](http://www.amazon.es).

MOLINA, S. 2005. Evaluación agronómica y bromatológica del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cultivado en el valle del Sinu, Rev. Fac. Nac. Agron. 58(1):39-45.

MORENO, A.; CARRASCO, I. y PICHILINGUE. 1994. Utilización de la cebada (*Hordeun vulgare*) germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. XVII reunión de la asociación peruana de producción animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

MORRISON, M. 1996. Do ruminal bacteria Exchange genetic material. Dairy Sci.79:1476-1486

MUÑOZ, L. 2004. El cuy: historia, cultura y futuro regional. Colombia: Colombia gráfica. 150 p.

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

NOGUERA, R.; PEREIRA, R. Y SOLARTE, C. 2013. Comparación de modelos no lineales para describir curvas de crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*) desde el nacimiento hasta la edad de sacrificio. 2008. [Online]. *Livestock Research for Rural Development. Volume 20, Article #79*. [Citado 5 febrero de 2013]. Disponible en internet: <http://www.lrrd.org/lrrd20/5/nogu20079.htm>

OSORIO, F. 1998. Efecto de la dieta sobre la composición de la leche. En: Memorias, I Seminario Internacional sobre avances en nutrición y alimentación animal, Medellín.

OSORIO, F. 2004. Efecto del manejo alimentario sobre el sistema especializado de producción lechera. En: memorias Seminario Nacional de Lechería Especializada: Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad.

PIRELA, M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. [Online]. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas [Citado 18 mayo de 2013]. http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf.

RODRIGUEZ, M.; TELLÉZ, N.; CERBÓN, M.; LÓPEZ, M. y CERVANTES, A. 2004. Metilación del ADN: un fenómeno epigenético de importancia médica. *Rev. invest. clín.* [online]. vol.56, n.1, pp. 56-71. ISSN 0034-8376. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0034-83762004000100010&script=sci_arttext

SALAZAR, V. 1981. Análisis preliminar de la producción de ramio (*Boehmeria nivea*) en Costa Rica y sus perspectivas de mercado. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela de Economía Agrícola, Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. 158p.

SALAZAR, R Y NATHALIE, S. 2010. Caracterización de la fibra de ramio y estudio del efecto del tiempo de cosecha sobre sus propiedades. Quito, Facultad de Ingeniería química, Escuela Politécnica Nacional

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

SALISBURY, F. y ROSS, C. 2000. Fisiología vegetal. México: Iberoamericana S.A. 200p.

SARMENTO, J.; REGAZZI, A. Y SOUZA, W. 2006. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. *Rev. Bras. Zootecn.*, 35: 435-442

SAS Institute. 2011. SAS/STATTM guide for personal computers, version 6. 387p.

SITIO OFICIAL DE LA FLORIDA. 2012. [Online] [Citado 20 de mayo de 2012]. Disponible en Internet: <http://www.laflorida-narino.gov.co/index.shtml>.

SILVA, V. 2009. El cultivo de ramio. Instituto Colombiano Agropecuario. Cartilla divulgativa CCH No. 22.

SPSS para Windows. 2009. Version 18. Chicago: SPSS Inc. [online]. Disponible en: <http://www.spss.com>

SOTO, L. 1979. Digestibilidad y consumo voluntario del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoeschst) en ovinos bajo fertilización nitrogenada. Tesis Maestría. Universidad Nacional. Colombia. 83p.

SCHWARZ, G. 1978. Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics* 6:461-464.

TEDESCHI, L. 2006. Review Assessment of the adequacy of mathematical models. 2006.

UNDERWOOD, E. J y SUTTLE, N. 1999. The mineral nutrition of livestock; 3rd Edition. CABI publishing, Wallingford, UK. 600 p.

USTRELL, J. y DURAN, J. 2002. Ortodoncia. España: Universidad de Barcelona. 243p.

VAN SOEST, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant; Cornell University Press, Cornell University, Ithaca, New York. 476 p.

VERHULST, P. 1838. A note on population growth, *correspondence mathematique et Physiques*. 10:1110-121.

WINSOR, C. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1932. 18:1-7

WHITTEMORE, C. 1996. Ciencia y Práctica de la Producción Porcina. Zaragoza.:
Acribia S.A. ISBN 84-200-0803-6. http://www.hrc.es/bioest/Supervivencia_2.html
<http://biomed.uninet.edu/2011/n2/armesto.html>

ANEXOS

Anexo A. Reporte del análisis de suelos del área de estudio

PARÁMETROS QUÍMICOS		
Parámetro	Unidad de medida	LSIA-1372 -10
pH		5,2
Materia orgánica	%	4,9
Fósforo disponible	mg/kg	3,29
CIC		13,8
Calcio de cambio	cmolcarga/kg	5,84
Potasio de cambio	cmolcarga/kg	0,474
Magnesio de cambio	cmolcarga/kg	2,69
Boro	mg/kg	0,358
Acidez de cambio		0,10
PARAMETROS FÍSICOS		
Grado Textural		F-Ar-A
Densidad Aparente	g/cc	1,1

Fuente: Laboratorios Especializados Universidad de Nariño

Anexo B. Composición gallinaza compostada

Parámetro	Porcentaje (%)
Nitrógeno total	3
Fósforo total (P205)	1,9
Potasio soluble en agua (K20)	2,1
Carbono orgánico oxidable	21,5
Relación carbono/nitrógeno	7
Cenizas	20,1
Humedad máxima	13,5
pH	7,85
Densidad	0,44 g/cm
CIC	74,5 meq/100g
Capacidad retención agua	175%

Anexo C. Extracción anual de nutrimentos de algunas especies forrajeras

Especie	Rendimiento MS (t/ha/año)	Extracción de nutrimentos (kg/ha/año)				
		N	P205	K20	Mg	S
Pangola	17	272	78	306	-	-
Pangola	29	334	120	481	75	51
Guinea	28	322	113	488	110	51
Elefante	31	339	164	677	70	84
Pará	29	344	109	515	88	46
Braquiaria	19	230	53	252	-	-

Fuente: Mendoza, 1980

Anexo D. Composición nutricional de las parcelas con diferente fertilización

Parámetro	T1	T2	T3	T4	Promedio (%)
MS	17,8	16,1	16,1	16,7	16,7
C	20,1	18,9	19,8	19,2	19,5
EE	2,5	2,4	2,7	2,4	2,5
FC	52,3	52,2	54,7	50,8	52,5
PB	9,9	10,5	10,7	9,9	10,3
ENN	15,3	16,1	12,2	17,8	15,3
FDN	68,1	64,7	64,2	66,7	65,9
FDA	42,0	38,8	38,9	41,0	40,2
LIG	6,2	5,9	6,3	6,8	6,3
CEL	28,3	27,7	26,5	27,3	27,4
HEMI	26,2	26,0	25,3	25,7	25,8
Ca	0,8	0,8	0,9	1,0	0,9
P	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
NDT	48,6	50,0	50,0	49,4	49,5

Fuente: Laboratorios especializados de la Universidad de Nariño

T1: forraje de parcelas sin fertilizante; T2: forraje de parcelas con fertilización mineral; T3: forraje de parcelas con fertilización orgánica; T4: forraje de parcelas con fertilización orgánico-mineral

Anexo E. Consumo de materia seca g/día

Tratamiento	Consumo g/día
T1	55
T2	50
T3	48
T4	50

T1: forraje de parcelas sin fertilizante; T2: forraje de parcelas con fertilización mineral; T3: forraje de parcelas con fertilización orgánica; T4: forraje de parcelas con fertilización orgánico-mineral

**Anexo F. Cuadrados medios del ANDEVA para los parámetros A, B y K
obtenidos con el modelo de crecimiento de Brody para los cuyes
alimentados con los forrajes de las parcelas SF, con FM, FO y FOM.**

F.V	G.L	A	B	K
Tratamiento	3	36124.47ns	0.0063ns	0.00018ns
Error	35	15924.79	0.0022	0.00019
Media		625.89	0.7496	0.02998
C.V (%)		20.16	6.3895	46.1140

ns= no significativo; SF= Sin fertilización; FM= Fertilización mineral; FO= Fertilización orgánica; FOM= Fertilización orgánica-mineral