





**VALORACION DE LA TECNICA *In situ* PARA LA DETERMINACION DE LA  
DIGESTIBILIDAD DE FORRAJES EN CUYES (*Cavia porcellus*).**

**ELIZABETH LAGOS BURBANO  
ANDREA LILIANA VELASCO BOLAÑOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
PASTO – COLOMBIA  
2005**

**VALORACION DE LA TECNICA *In situ* PARA LA DETERMINACION DE LA  
DIGESTIBILIDAD DE FORRAJES EN CUYES (*Cavia porcellus*).**

**ELIZABETH LAGOS BURBANO  
ANDREA LILIANA VELASCO BOLAÑOS**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
zootecnistas.**

**Presidente:  
EDMUNDO APRAEZ GUERRERO  
Zoot., Ph.D.**

**Copresidente:  
JUAN MANUEL ASTAIZA  
MVZ.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
PASTO – COLOMBIA  
2005**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
**EDMUNDO APRAEZ G. Zoot., M.Sc. Ph. D. (Presidente)**

\_\_\_\_\_  
**JUAN MANUEL ASTAIZA. MVZ. (Copresidente)**

\_\_\_\_\_  
**ALBERTO CAYCEDO VALLEJO. I.A., M. Sc. (Jurado)**

\_\_\_\_\_  
**HERNAN OJEDA JURADO. Zoot., (Jurado delegado)**

**Pasto, agosto de 2005.**

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

Artículo 1º del Acuerdo N° 324 de octubre de 1966, emanado de Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Dedico a:

    Mi padre porque de él aprendí que los obstáculos no significan que es hora de renunciar sino que es hora de trabajar y de empezar a triunfar

    Diana, Angie, Laura y Heber, por formar parte esencial de mi vida.

    Cesar y Liz Katherine por darme una palabra de aliento para seguir adelante.

**ELIZABETH LAGOS BURBANO**

Dedico a:

A Dios por ser mi guía y permitirme cumplir esta meta

A mis padres por su apoyo incondicional

A mi hijo por brindarme alegría en los momentos más difíciles

A mi esposo por su apoyo y comprensión

A mi compañera por su carisma y tolerancia

A mis hermanos y a todas aquellas personas que de una u otra manera me acompañaron para cumplir esta meta

**ANDREA LILIANA VELASCO BOLAÑOS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Edmundo Apráez G.

Zoot., M. Sc., Ph. D.

Alberto Caycedo Vallejo.

I.A., M. Sc.

Hernan Ojeda Jurado

Zoot.

Oscar Moncayo Otero

Zoot.

Juan Manuel Astaiza

MVZ.

Sandra Espinoza

Ing en Prod Acuícola.

Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia de la Universidad de Nariño.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al la culminación del trabajo.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	24
1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	25
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	26
3. OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4. MARCO TEÓRICO	28
4.1 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY	28
4.1.1 Necesidades de proteína.	28
4.1.2 Necesidades de fibra.	28
4.1.3 Necesidades de energía.	29
4.1.4 Necesidades de grasa.	30
4.1.5 Necesidades de agua.	30
4.2 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DEL CIEGO	30
4.3 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA	31
4.3.1 Factores que afectan el consumo	32
4.4 GENERALIDADES SOBRE DIGESTIBILIDAD	33
4.4.1. Factores que afectan la digestibilidad.	34
4.4.2. Métodos utilizados para la determinación de la digestibilidad	34
4.5 UTILIZACIÓN DE FORRAJES EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES	39
4.5.1 El pasto kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )	40
4.5.2 El pasto Aubade ( <i>Lolium sp</i> )	40
4.5.3 La alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ).	41
5. DISEÑO METODOLÓGICO	42
5.1 LOCALIZACIÓN	42

	pág.
5.2 PROCEDENCIA DE LAS ESPECIES FORRAJERAS EVALUADAS	42
5.3 ANIMALES	43
5.4 TRATAMIENTOS	43
5.5 INSTALACIONES	43
5.6 MATERIALES Y EQUIPOS	44
5.6.1 Materiales	44
5.6.2 Equipos	44
5.7 DESCRIPCION DE LA TECNICA DE ENTEROTOMIA EN CIEGO DE CUY ( <i>Cavia porcellus</i> ) O FISTULACION CECAL	44
5.7.1 Procedimiento	44
5.8 PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD <i>In situ</i>	54
5.9 TRATAMIENTOS	56
5.10 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO	56
5.11 FORMULACION DE HIPOTESIS	56
5.12 TECNICAS DE LABORATORIO	56
5.13 PRUEBA DE DEGRADABILIDAD	57
6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	58
6.1 Efecto de la fistulación sobre el comportamiento de los animales.	58
6.1.1 Adherencia entre el ciego y la pared abdominal	58
6.1.2 Comportamiento en peso y consumo de alimento	58
6.2 PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD <i>In situ</i>	60
6.2.1 Digestibilidad <i>In situ</i> de la Materia Seca (DMS)	60
6.2.2 Digestibilidad <i>In situ</i> de la Fibra Detergente Neutro (DFDN)	62
6.2.3 Digestibilidad <i>In situ</i> de la Fibra Detergente Acido (DFDA)	65
6.2.4 Digestibilidad <i>In situ</i> de la Celulosa	67
6.2.5 Digestibilidad <i>In situ</i> de la Hemicelulosa	69
6.2.6 Digestibilidad <i>In situ</i> de la Lignina	70

	pág.
6.2.7 Correlaciones entre las diferentes fracciones evaluadas.	73
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
7.1 CONCLUSIONES	75
7.2 RECOMENDACIONES	75
8. BIBLIOGRAFIA	77
9. ANEXOS	80

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cuy	29
Tabla 2. Requerimientos nutricionales del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> ) en diferentes etapas.	29
Tabla 3. Digestibilidad promedio de materia seca y nutrientes de los forrajes aubade ( <i>Lolium sp.</i> ), alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) y kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ) en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	36
Tabla 4. Porcentajes de digestibilidad del forraje del pasto kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) en ovinos.	36
Tabla 5. Digestibilidad <i>in situ</i> de kikuyo bajo diferentes labores culturales (%), en bovinos.	37
Tabla 6. Consumo de alimento y comportamiento en peso en la etapa post operatoria	59
Tabla 7. Degradabilidad <i>In situ</i> de la materia seca de Kikuyo ( <i>Penisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium sp</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	60
Tabla 8. Degradabilidad <i>In situ</i> de Fibra Detergente Neutro (FDN) de Kikuyo ( <i>Penisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium sp</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	63
Tabla 9. Análisis bromatológico del kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), Aubade ( <i>Lolium sp.</i> ) y Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ).	64
Tabla 10. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Fibra Detergente Acido (FDA) de Kikuyo ( <i>Penisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium sp</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	65
Tabla 11. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Celulosa de Kikuyo	

( <i>Penisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium sp</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	67 pág.
Tabla 12. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Hemicelulosa de Kikuyo ( <i>Penisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium sp</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	69
Tabla 13. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Lignina de Kikuyo ( <i>Penisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium sp</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	71
Tabla 14. coeficientes de correlación para digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca Vs componentes de la pared celular	73
Tabla 15. Valores de digestibilidad <i>In vivo</i> vs <i>In situ</i> para materia seca de los forrajes de Kikuyo ( <i>Penisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium sp</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )	74
Tabla 16. Coeficientes de correlación para digestibilidad <i>In situ</i> Vs <i>In vivo</i>	74

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ciego del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> ).	31
Figura 2. Animales seleccionados para el experimento	43
Figura 3. Instrumental quirúrgico básico para el procedimiento	45
Figura 4. Cuy adulto.	45
Figura 5. Aplicación del anestésico por vía intramuscular.	46
Figura 6. Área depilada para el abordaje de la técnica de fistulación cecal.	46
Figura 7. Preparación quirúrgica y asepsia	47
Figura 8. Colocación de los campos quirúrgicos.	47
Figura 9. incisión de la piel.	48
Figura 10. Incisión de los músculos abdominal.	48
Figura 11. Visualización de la cavidad abdominal	49
Figura 12. Localización del ciego	49
Figura 13. Exposición del ciego	50
Figura 14. Identificación y preparación del sitio de incisión en el ciego.	50
Figura 15. Colocación de la cánula	51
Figura 16. Fijación de la cánula	51
Figura 17. Reposición del ciego a la cavidad abdominal	52
Figura 18. Sutura de los músculos abdominales	52
Figura 19. Cierre de la piel	53

	pág.
Figura 20. Fijación de la cánula a la piel.	53
Figura 21. Fistulación cecal con sonda de foley.	54
Figura 22. Incubación de las muestras a evaluar	54
Figura 23. Bolsas de nylon rotuladas	55
Figura 24. Lavado de las bolsas con muestra	55
Figura 25. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Materia Seca de Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium so</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	62
Figura 26. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Fibra Detergente Neutro (FDN) de ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium so</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	64
Figura 27. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Fibra Detergente Acida (FDA) de ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium so</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	66
Figura 28. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Celulosa de ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium so</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	68
Figura 29. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Hemicelulosa de ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium so</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	70
Figura 30. Degradabilidad <i>In situ</i> de la Lignina de ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), aubade ( <i>Lolium so</i> ) y alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes ( <i>Cavia porcellus</i> ).	72

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de varianza para la digestibilidad <i>In situ</i> de la Materia Seca	81
Anexo B. Análisis de varianza para la digestibilidad <i>In situ</i> de la FDN	81
Anexo C. Análisis de varianza para la digestibilidad <i>In situ</i> de la FDA	81
Anexo D. Análisis de varianza para la digestibilidad <i>In situ</i> de la Celulosa	81
Anexo E. Análisis de varianza para la digestibilidad <i>In situ</i> de la Hemicelulosa	82
Anexo F. Análisis de varianza para la digestibilidad <i>In situ</i> de la Lignina	82

## GLOSARIO

**ACIDO GRASO VOLÁTIL (AGV):** producto de la fermentación microbial de carbohidratos y algunos aminoácidos en el rumen o ciego. El ácido acético, propiónico y butírico son los principales ácidos volátiles que se absorben a través del rumen o ciego y se utilizan como fuentes de energía.

**ADRENERGICO:** sinapsis o neuronas que responden al neurotransmisor adrenalina o epinefrina.

**ANÁLISIS BROMATOLOGICO:** análisis de un alimento en el laboratorio, para determinar sus componentes nutritivos.

**ANESTESIA:** disminución parcial o total de la sensibilidad dolorosa. Puede ser inducida por distintos fármacos o ser parte de una enfermedad neurológica.

**CANULA:** tubo de calibre, forma y materiales diversos, abierto por ambos extremos que se introduce en una abertura natural o accidental del cuerpo. Sonda.

**CECOPEXIA:** se denomina así a la fijación del ciego (parte inicial del intestino grueso) móvil a la pared abdominal, zona en la que reside su ubicación natural.

**DIGESTIBILIDAD *In situ*:** técnica mediante la cual se determina la desaparición de los componentes nutritivos de un alimento en un determinado tramo del tracto gastrointestinal.

**DIGESTIBILIDAD *In vivo*:** corresponde a una medida de la proporción del alimento que es digestible. La digestibilidad *In vivo* de un nutriente se mide típicamente como la diferencia entre la cantidad ingerida y la cantidad excretada como porcentaje del total ingerido.

**ENTEROTOMIA:** operación quirúrgica del canal intestinal

**FISTULA:** es una conexión anormal entre un órgano, un vaso o el intestino y otra estructura.

**FERMENTACIÓN:** transformación de carbohidratos en ausencia del oxígeno por microflora del rumen o el ciego con producción de ácidos grasos volátiles y gases, tales como bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano.

**TRACTO GASTROINTESTINAL (TGI):** sistema compuesto por el estómago, intestino delgado e intestino grueso, es responsable de descomponer y absorber los alimentos ingeridos.

**KETAMINA:** es un líquido translúcido que se deriva de la fenciclidina mejor conocida como PCP, aunque a diferencia de su precursor, no produce efectos permanentes de orden neurológico o fisiológico.

**MICROBIOTA:** conjunto de microorganismos (bacterias, hongos y protozoarios) de un determinado hospedador que han desarrollado una relación íntima (simbiosis) con el huésped.

**PARED CELULAR:** comprende la hemicelulosa, celulosa y lignina que pueden ser cuantificadas por el proceso de fibra neutro detergente.

**XILAXINA:** es un fármaco analgésico, tranquilizante, no narcótico y relajante muscular, que se administra por vías intramuscular o intravenosa.

## RESUMEN

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad de Nariño, Torobajo ubicada en el municipio de Pasto, Departamento de Nariño, con temperatura promedio de 14 °C, a una altura de 2540 msnm, precipitación anual promedio de 1084 mm y humedad relativa del 76%. Con el propósito de evaluar la técnica de fistulación en ciego del cuy mediante pruebas de digestibilidad *In situ* de diferentes forrajes se seleccionaron animales con peso promedio de 1.200 g a los cuales se les implantó una cánula fabricada con una sonda de foley. Los animales intervenidos se mantuvieron durante 30 días en jaulas metabólicas, con el fin de observar la evolución post-operatoria. Transcurrido este período se sometieron a un periodo de adaptación al consumo de los forrajes a estudiar.

Para la prueba de degradabilidad *In situ* se utilizaron 5 animales los cuales se seleccionaron tomando como referencia la estabilización en el consumo de alimento y mejor adherencia de la cánula al ciego. Para esta prueba se empleó un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones y dos factores: tiempo de incubación y forraje, el tiempo de incubación fue utilizado como criterio de bloqueo. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el paquete estadístico SAS (Statystic Analysis Sistem).

Se pudo observar que en el período postoperatorio los animales presentaron rechazo físico a la cánula por lo que se hizo necesario colocar puntos correctivos alrededor del día 12. Al inicio de este período se observó una depresión del consumo de alimento, la cual se recuperó paulatinamente.

La prueba de degradabilidad *In situ* al tiempo máximo de incubación (48 horas) reveló mayores coeficientes de digestibilidad ( $P < 0.01$ ) para el pasto aubade así: materia seca (74.59%), FDN (70.26%), FDA (57.89%), celulosa (46.44%), hemicelulosa (80.32%), lignina (47.27%). Los menores coeficientes se observaron en kikuyo a excepción de FDN, celulosa y lignina, con valores para materia seca de 49%, FDN 44.61%, FDA 33.28%, celulosa 39.76%, hemicelulosa 49.87%, lignina 36.88%. La alfalfa presentó valores intermedios: materia seca de: 67.78%, FDA 34.43%, hemicelulosa 72.82% y los coeficientes más bajos para las fracciones FDN (38.08%), celulosa (31.78%) y lignina (27%). Las mayores digestibilidades observadas en los pastos aubade y alfalfa posiblemente obedecieron a que los perfiles nutricionales de estos forrajes presentan un mejor balance y por ende una mayor disponibilidad de nutrientes para la microbiota alojada en el ciego.

De otra parte, se pudo establecer que la digestibilidad *In situ* de la materia seca se encuentra relacionada en forma muy estrecha con la degradabilidad de las fracciones componentes de la pared celular, ya que para todas estas se

encontraron coeficientes de correlación altos y altamente significativos ( $P < 0.01$ ), lo cual se explica por la mayor resistencia de los carbohidratos al ataque microbiano. Así mismo, los valores encontrados en el 100% de los casos resultaron ser menores a los obtenidos mediante el método *In vivo*, lo que quizá obedeció a que mediante la técnica *in situ* la muestra analizada no recorre todo el tracto gastrointestinal tal como se realiza en las pruebas *In vivo* y en aquellas el alimento solo es expuesto a un ataque parcial de la microflora presente en el ciego del cuy.

## ABSTRACT

The work was made in the facilities of the University of Nariño, Torobajo located in the municipality of Pasto, Department of Nariño, with temperature average of 14 °C, to a height of 2540 msnm, annual precipitation average of 1084 mm and relative humidity of 76%. In order to evaluate the technique of fistulación in blind person of the guinea pig by means of tests of digestibility *In situ* of different forages, they selected to animals with weight average of 1,200 g which fistulated themselves at level of blind person for the later implantation of a cannula made with a sounding of foley. The taken part animals stayed during 30 days in metabolic cages, with the purpose of observing the postoperative evolution. Passed east period the animals they were put under a period of adaptation of 7 days to the consumption of the forage, with the purpose of preparing the microflora of the blind person to the substrate in study.

For the test of degradabilidad *In situ* 5 animals were used which selected themselves taking as reference the stabilization in the food consumption and better adhesion of the cannula to the blind person. For this test a design of blocks with five repetitions and two factors was used at random: time of incubation and forage, the time of incubation was used as criterion of blockade. The collected data were process by means of statistical package SAS (Statystic Analysis Sistem) using the procedure proc glm and proc corr; the comparison of averages before the presence of statistical differences was made by means of the test of Tukey

It was possible to be observed that in the postoperating period the animals presented displayed physical rejection to the cannula reason why became necessary to place corrective points around day 12. also observed the beginning of this period a depression in the food consumption, which I diminish in divided form towards the end of the same one. The results obtained in the test of digestibility *In situ* to the maximum time of incubation (48 hours) revealed that the grass aubade presents displays the greater ( $P < 0.01$ ) coefficients of digestibility of the dry matter (74.59%), FDN (70.26%), FDA (57.89%), cellulose (46.44%), hemicellulose (80.32%), lignine (47.27%). Smaller the coefficient was for kikuyo with the exception of FDN, cellulose and lignina, with values for dry matter of 49%, FDN 44,61%, FDA 33,28%, cellulose 39,76%, hemicellulose 49,87%, lignine 36.88%. The alfalfa presented displayed intermediate values with percentage for dry matter of: 67.78%, lowest FDA 34,43%, hemicellulose the 72,82% and coefficients for fractions FDN (38.08%), cellulose (31.78%) and lignina (27%). The greater digestibilidades observed for the grass aubade and alfalfa possibly obeyed to that the protein and power components of these forages are those that approach the requirements of the guinea pig more; since balanced diets present/display greater advantage of the nutrients that compose them.

Of another part, it was possible to be established that the digestibility *In situ* of the dry matter is related in very narrow form to the digestibility of the component fractions of the cellular wall, since for all these were high and highly significant coefficients of correlation ( $P < 0.01$ ). The previous thing can be explained because the structural carbohydrates are being part of the expressed global composition like dry matter. Also the behavior of the disappearance *In situ* of these carbohydrates is greater as it increases the digestibility of the dry matter which is understood like a logical consequence of these processes. Also, the values found in this work in the 100% of the cases turned out to be smaller to the obtained ones by means of the method *In vivo*, which perhaps obeyed to that by means of the technique *in situ* the analyzed sample does not cross all tract gastrointestinales as it is made in the tests of digestibility *In vivo* pretends, in the valuation the evaluated samples are exposed to a partial attack that is relegated solely to the microflora present in the blind person of the guinea pig.

## INTRODUCCIÓN

La crianza del cuy es una actividad de tradición milenaria y creciente interés investigativo en Centro, Caribe y Sur América, países en los cuales dicha actividad se constituye como un renglón de importancia económica en especial para el campesino minifundista y contribuye en forma significativa en la alimentación familiar, vislumbrándose como alternativa para sostener la soberanía alimentaria de los pueblos que se dedican a esta actividad.

Al igual que en todas las especies, cuando el cuy consume un alimento, parte es digerida y aprovechada y otra es eliminada por las heces; pero hasta ahora los estudios sobre digestibilidad, no permiten conocer la contribución que cada órgano o porción del tracto gastrointestinal hace al proceso total de la digestión, solo se asume por la semejanza fisiológica con otras especies, que existe un gran aporte de la microbiota colocecal a la degradación de los componentes fibrosos del alimento.

La técnica de la digestibilidad *In vivo* aparente, que han utilizado la mayoría de investigadores para valorar la utilización que el animal hace de los alimentos ofrecidos, se limita a medir la desaparición del alimento y sus fracciones, después de pasar por el tracto gastrointestinal. Esta técnica calcula por diferencia entre el alimento suministrado y el que aparece en las heces los coeficientes de digestibilidad; pero no permiten precisar la disponibilidad verdadera de los nutrientes, ya que las heces no se componen exclusivamente de restos de la dieta no digeridos, sino que incluye sustancias procedentes del organismo, del propio intestino y de microorganismos allí alojados.

Bajo las anteriores consideraciones, esta investigación pretendió establecer la utilidad de la técnica de fistulación cecal y establecer el nivel de degradación que sufren los alimentos en el ciego y con él, la potencialidad de la microbiota, para utilizar los nutrientes de los forrajes, en especial los componentes de la fibra y clarificar su aporte a la digestión total.

## 1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Las investigaciones realizadas sobre el aprovechamiento de diferentes forrajes en cuyes se han limitado a un estudio comparativo entre el material ingerido y el que aparece en las heces mediante el método de digestibilidad *In vivo* aparente, que no permite precisar la disponibilidad verdadera de los nutrientes, ya que la heces no se componen exclusivamente de restos de dieta no digeridos, sino que incluyen sustancias procedentes del organismo, del propio intestino y de los microorganismos allí alojados. Aunque existe un estudio exploratorio sobre el procedimiento de fistulación a nivel de ciego en cuyes, no existe aun una técnica estandarizada que permita precisar la contribución de la microbiota alojada en el ciego para utilizar los nutrientes de los forrajes utilizados en la alimentación de esta especie razón por lo cual la suplementación se realiza en muchos casos de forma inadecuada, lo que representa por una parte mayores costos de producción y por otra no se explota al máximo las potencialidades que caracterizan esta especie, la cual hoy por hoy nivel investigativo y empresarial se encuentra en constante crecimiento.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Hasta el momento no existen estudios acerca de la degradabilidad *In situ* de los alimentos en el ciego del cuy, que permitan establecer la contribución de la microbiota al proceso digestivo total. Por esta razón, el presente trabajo pretende responder las siguientes preguntas:

- ¿Se podrá aplicar la técnica de degradabilidad *In situ* de los alimentos en el ciego del cuy?
- ¿Será posible que a través de la técnica de degradabilidad *In situ* se establezca la contribución de la microbiota cecal al proceso digestivo total y así definir un plan de suplementación ajustado a la base forrajera utilizada?

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la técnica de fistulación en ciego del cuy para determinar la degradabilidad de los forrajes mediante pruebas de digestibilidad *In situ*.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el efecto de la fistulación sobre el comportamiento de los animales intervenidos.
- Determinar la desaparición *In situ* de las fracciones Materia Seca (MS), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), Hemicelulosa, Celulosa y Lignina de los forrajes kikuyo (*Pennisetum clandestinum*); pasto aubade (*Lolium sp*) y alfalfa (*Medicago sativa*).
- Establecer mediante pruebas de correlación, la validez de esta técnica frente a los resultados de digestibilidad *In vivo* aparente reportados por otros autores en esta especie.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CUY

Aliaga manifiesta que:

La nutrición juega un papel importante en la explotación del cuy, circunstancia que se vuelve decisiva a causa de que el cuy crece a mayor velocidad con relación al peso de su cuerpo que los animales domésticos mayores y producen descendencia a más temprana edad. De este modo es fundamental el conocimiento de las necesidades nutritivas de manera que las raciones, que se suministran en las diferentes etapas contengan todos los nutrientes necesarios<sup>1</sup>.

**4.1.1 Necesidades de proteína.** Caycedo<sup>2</sup> afirma que, con raciones de 13 y 18% de proteína se logran buenos incrementos de peso en la fase de crecimiento y engorde de cuyes tipo carne tal como se aprecia en las Tablas 1 y 2.

**4.1.2 Necesidades de fibra.** De acuerdo con Escobar y López<sup>3</sup>: la fisiología y anatomía del ciego del cuy, soporta una ración conteniendo un material inerte, voluminoso y permite que la celulosa almacenada fermenta por acción microbiana, dando como resultado un mejor aprovechamiento del contenido de fibra.

Por su parte, Chauca afirma que: “la importancia de un nivel adecuado de fibra en la ración no solo radica en el grado de digestibilidad, sino en el papel que cumple para lograr un buen funcionamiento del aparato digestivo”<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> ALIAGA, R. Producción de cuyes. Publicación de la UNCT; Huancayo, Universidad del centro del Perú, 1979. p. 5.

<sup>2</sup> CAYCEDO, Alberto. Experiencias investigativas en la producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Pasto – Colombia: Universidad de Nariño. 2000, p 100

<sup>3</sup> ESCOBAR, Edison y LOPEZ, Alfonso. Valoración nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cultivado en un sistema de labranza mínima en el levante y engorde de cuyes (*Cavia porcellus*) con dos niveles de suplementación. Pasto, Colombia. 2001. p.57. trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

<sup>4</sup> CHAUCA, Lilia. Sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*). En: Crianza de cuyes, serie didáctica. INIA. Lima, 1994. p. 45.

**Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cuy.**

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidad</b>
Energía digestible (Kcal/kg)	2.500
Proteína (%)	16.
Fibra (%)	15.
Lisina (%)	0.70
Metionina (%)	0.35 – 0.44
Cistina (%)	0.36
Met. + Cist (%)	0.65 – 0.70
Arginina (%)	1.20 – 1.26
Triptofano (%)	0.16 – 0.20
Calcio (%)	0.80
Fósforo (%)	0.60

Fuente: Caycedo (2000)

**Tabla 2. Requerimientos nutricionales del cuy (*Cavia porcellus*) en diferentes etapas.**

<b>Etapas</b>	<b>proteína (%)</b>	<b>ED Kcal/kg</b>	<b>Calcio</b>	<b>Fósforo</b>
Crecimiento	13 – 18	2.900	1.20	0.60
Engorde	13 – 18	2.900	1.20	0.60
Gestación	18 – 20	2.860	1.40	0.80
Lactancia	20 - 22	2.860	1.40	0.80

Fuente: Caycedo (2000)

**4.1.3 Necesidades de energía.** Para Chauca: “la energía es otro factor esencial para los procesos vitales de los cuyes. Una vez estos requerimientos han sido cubiertos, el exceso de grasa se almacena dentro del cuerpo. El cuy asimila mejor los alimentos energéticos y proteicos en comparación a los rumiantes ya que este realiza una fermentación en intestino delgado y posteriormente en ciego y colon”<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Ibid., p. 45.

**4.1.4 Necesidades de grasa.** Caycedo<sup>6</sup> menciona que el cuy tiene un requerimiento bien definido de grasa y ácidos grasos insaturados y su digestión tiene lugar fundamentalmente en el intestino delgado; donde se segrega la lipasa y la bilis; por lo tanto esta no sufre una hidrogenación como ocurre en los rumiantes produciéndose una grasa en las canales con bajo contenido de ácidos grasos saturados.

**4.1.5 Necesidades de agua.** según afirma Caycedo<sup>7</sup>, la necesidad de agua en los cuyes esta supeditada al tipo de alimentación que reciben. Si se suministra un forraje succulento en cantidades altas la necesidad de agua se cubre con la humedad del forraje, razón por la cual no es necesario suministrar el agua de bebida; con una alimentación mixta: forraje y concentrado, el cuy necesita consumir agua hasta un 10% de su peso vivo.

## **5.1 CARACTERISTICAS ANATOMICAS DEL CIEGO**

Según Romero y Ruiz

El ciego se encuentra ubicado a la izquierda de la línea media. Tiene forma de saco, voluminoso, color verdoso y de gran tamaño con relación a otros órganos. Presenta una base y un vértice ubicado al lado derecho de la línea media, su base se dirige hacia el lado izquierdo, el cuerpo se asienta sobre las paredes abdominales ventrales y el vértice es la extremidad que se dirige hacia el lado derecho. En su parte medial se conecta con el ileon y en su cara lateral izquierda con el colon. Formado por 3 porciones en forma de herradura las cuales se dividen por cintillas blancas de gran tamaño. Sus paredes son delgadas y friables (Figura 1)<sup>8</sup>.

Por otra parte mencionan que el ciego cranealmente limita con el estomago y páncreas. Lateralmente hacia el lado derecho del ciego se relaciona con el intestino delgado y colon, lateralmente hacia el lado izquierdo y medialmente esta en contacto con los músculos abdominales y dorsalmente con vejiga y recto.

---

<sup>6</sup> CAYCEDO. Op. Cit., p. 12.

<sup>7</sup> Ibid., p. 13.

<sup>8</sup> ROMERO, Jenny y RUIZ, Yanny. Caracterización anatómica del tracto gastrointestinal del Cuy (*Cavia porcellus*). Pasto, Colombia. 2004. p.107. Trabajo de grado (Medico veterinario). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, programa de medicina veterinaria.

**Figura 1. Ciego del cuy (*Cavia porcellus*).**



Dimensiones de ciego en la fase adulta:

- \* Longitud de 41.1cm
- \* Ancho 8.4cm.
- \* Peso del ciego vacío 19.45g.
- \* Peso del ciego lleno 59.65g
- \* Volumen 128.5 ml
- \* Capacidad 120g

### **4.3 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA**

Según Caycedo:

El cuy está clasificado dentro del grupo monogástricos herbívoros, por consiguiente realiza fermentación post gástrica con una gran capacidad de consumo de forraje. Tiene un solo estómago, en donde se lleva a cabo una digestión enzimática y además posee un ciego funcional muy desarrollado con presencia de flora bacteriana, la cual es altamente predominante, también se ha identificado una serie de protozoarios, principalmente del tipo Entodinium, Diplodinium, Isotricha y Dasitricha, responsables de la fermentación de alimentos fibrosos gracias a la implementación de la técnica de fistulación que está siendo perfeccionada<sup>9</sup>.

El mismo autor afirma que con respecto a la capacidad fermentativa el cuy alcanza valores del 46% en el ciego y 29% en el colon, superiores al equino con 15% y al conejo con 43% en el ciego. Además estudios señalan que el cuy

---

<sup>9</sup> Ibid., p. 95.

puede aprovechar las proteínas de las células bacterianas presentes en el ciego y la reutilización de nitrógeno proteico y no proteico no digeridos en el intestino delgado.

Así mismo, Church y Pond reportan que: “La microflora del rumen y el ciego de algunos animales no rumiantes, tales como el caballo y el conejo degradan la celulosa, lo que les permite utilizarla para la obtención de ácidos grasos volátiles que aportan grandes proporciones de energía”<sup>10</sup>.

De otra parte, Mc Donald *et al.* manifiestan que: “En el intestino grueso de animales monogástricos, sobre todo en el ciego hay actividad microbiana. Estas bacterias son en su mayor parte de tipo proteolítico y atacan a las proteínas no digeridas, produciendo una serie de compuestos tales como: escatol, indol, fenol, ácidos grasos, ácido sulfhídrico y aminoácidos”<sup>11</sup>.

Los mismos autores manifiestan que: “La mayor absorción de monosacáridos se encuentra en la porción anterior del intestino delgado y que los carbohidratos solubles se absorben en más de un 40%”<sup>12</sup>.

Red y Whit, citados por Aliaga manifiesta que: “La fisiología y anatomía del ciego del cuy soporta una ración voluminosa que permite a la celulosa almacenada se fermente por acción microbiana dando como resultado un mejor aprovechamiento del contenido de fibra”<sup>13</sup>.

**4.3.1 Factores que afectan el consumo.** según afirma Caycedo: “El cuy consume alimento en función de su tamaño y estado fisiológico, la densidad energética de la ración y la temperatura ambiental. El consumo de materia seca expresado como porcentaje el peso vivo, para los pastos raygrases, tetraploides, puede variar entre 5.9 - 6.5%”<sup>14</sup>.

Al respecto, Cheeke argumenta que:

Uno de los factores más importantes que controlan la ingestión de alimentos por los animales aumenta al descender el contenido energético de la ración. Además señala que al disminuir la concentración energética de la ración es necesario más cantidad de alimento para cubrir las necesidades energéticas de los animales y por

---

<sup>10</sup> CHURCH, D. y POND, W. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 6° Ed. México: UTEHA. 1988. p.51.

<sup>11</sup> Mc DONALD, *et al.* Nutrición animal. 3ª. Ed. Zaragoza: Acribia, 1986. p.200.

<sup>12</sup> *Ibid.*, p. 462.

<sup>13</sup> ALIAGA. Op. Cit., p. 312.

<sup>14</sup> CAYCEDO. Op. Cit., p. 12.

tanto la conversión disminuye. Las raciones con altos contenidos de fibra y baja energía, el tiempo de paso del alimento es muy rápido lo que permite una alta ingestión de alimentos<sup>15</sup>.

Por otra parte Maynard señala que: “Los animales monogástricos con una dieta baja en proteína, muestran una ingesta mayor del alimento, adicionalmente las dietas balanceadas precisan un mayor aprovechamiento en el tracto gastrointestinal”<sup>16</sup>.

Así mismo, Church menciona que: “Un alto contenido de fibra en las plantas reduce el consumo de alimento, debido al alto volumen que ocupa en el tracto gastrointestinal”<sup>17</sup>.

#### **4.4 GENERALIDADES SOBRE DIGESTIBILIDAD**

Según Church y Pond:

La digestibilidad es la desaparición del alimento en el aparato digestivo, sin embargo una definición más amplia incluye la absorción al mismo tiempo que la digestión. La información sobre la digestibilidad se utiliza en forma muy extensa en la nutrición de los animales, para evaluar los alimentos o estudiar la utilización de los nutrimentos, la digestibilidad es muy variable ya que un mismo alimento proporcionado a un mismo animal no siempre se digiere en la misma cantidad. Varios factores pueden alterar el grado de digestión, dentro de los cuales se encuentran el nivel de consumo del alimento, los trastornos digestivos, frecuencia de la alimentación, deficiencia de nutrimentos, procesamiento de los alimentos y otros efectos relacionados con los nutrientes (efectos no aditivos de la combinación de diferentes alimentos)<sup>18</sup>.

**5.4.1 Factores que afectan la digestibilidad.** Church y Pond<sup>19</sup> afirman que uno de los factores que afecta la digestibilidad de los vegetales es la presencia de lignina en su estructura, la lignina hace parte de la pared celular la cual desempeña funciones de protección y soporte, esto por cuanto la membrana

---

<sup>15</sup> CHEEKE, Peter. Alimentación y nutrición del conejo. Zaragoza: Acribia. 1995. p. 90.

<sup>16</sup> MAYNARD, Leonard. *Et al.* Nutrición animal. México: Mac Graw Hill. 1981. p. 189.

<sup>17</sup> CHURCH, D. El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición. México, Acribia, 1996. p. 213.

<sup>18</sup> CHURCH, D. y POND, W. Op. Cit., p. 51.

<sup>19</sup> *bid.*, p. 53.

plasmática que recubre la célula ofrece mínima protección para el contenido celular.

Para Maynard:

Existen diversos compuestos que influyen sobre el lugar, velocidad y cuantía de la digestión de los carbohidratos y otros nutrientes, así como la utilización de los mismos por el animal. La lignina es el componente químico de la fibra que se asocia con mayor fuerza en la indigestibilidad de los nutrientes y se ha demostrado su utilidad para predecir la cuantía de la digestión de la fibra, la lignificación de la materia vegetal ha sido asociada también con un bajo rendimiento de los animales. El mayor contenido de lignina está asociado con los estados avanzados de maduración de los forrajes, lo cual constituye la base para suponer que la lignificación es uno de los principales factores responsables del escaso valor nutritivo de los forrajes maduros<sup>20</sup>.

#### 4.4.2. Métodos utilizados para la determinación de la digestibilidad

- **Análisis *In vivo* y digestibilidad verdadera.** Escobar y López manifiestan que: “El análisis *In vivo* es el método más sencillo para determinar el valor nutritivo de un alimento consiste en determinar la cantidad de principios digestibles que se pueden suministrar en el forraje, mediante el empleo de animales, la digestibilidad verdadera se obtiene al restar los componentes de origen metabólico o endógeno a los resultados de digestibilidad aparente”<sup>21</sup>.
- **Digestibilidad Aparente.** de acuerdo con Caycedo, Almeida y Córdoba<sup>22</sup> la metodología para la determinación de la digestibilidad aparente de forrajes ha sido utilizada en cuyes con jaulas metabólicas circulares y rectangulares en dos fases: una etapa pre - experimental que hace referencia al periodo de adaptación a las condiciones del ensayo, jaulas y alimento por 20 días y otra experimental que dura 10 días donde se recolecta las heces cada 12 horas, pesando y secando a una temperatura de 65 grados centígrados, por ultimo las excretas una vez secas se homogenizan para la realización de los análisis químicos correspondientes. Así mismo, se hace el análisis químico del pasto para establecer por diferencia la digestibilidad de la materia orgánica y de los nutrientes.

---

<sup>20</sup> MAYNARD, Op. cit., p. 354.

<sup>21</sup> ESCOBAR, Edisón y LOPEZ, Alfonso, Op. cit., p. 35.

<sup>22</sup> CAYCEDO, ALMEIDA y CÓRDOBA, Op. cit., p. 25.

Burgos y Luna, citados por Caycedo<sup>23</sup> efectuaron un trabajo de Digestibilidad aparente con pastos aubade y tetralite. Los resultados de digestibilidad de los nutrientes y concretamente la proteína de los pastos tetraploides corroboran los adecuados rendimientos productivos y reproductivos alcanzados en pruebas comparativas con estos forrajes (Tabla 3).

Apréez, Burgos y Caycedo<sup>24</sup> realizaron un estudio para determinar la digestibilidad aparente de la alfalfa, el pasto imperial, la hoja de maíz y saboya. Según la caracterización química la alfalfa es considerada como uno de los alimentos más balanceados para los cuyes, tanto por su contenido proteico (15-22%), energético y su riqueza en minerales, factible de ser utilizado con las gramíneas de menor valor nutricional.

Caycedo<sup>25</sup> reporta resultados de digestibilidad de los pastos aubade, alfalfa y kikuyo encontrados en diferentes estudios donde se puede observar que la alfalfa presenta degradabilidades superiores a aubade y kikuyo en las fracciones materia seca, Materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y ELN mientras que las fracciones componentes de la pared celular (FND y FDA) muestran valores inferiores a alfalfa.

Según Chauca “los coeficientes de digestibilidad para la alfalfa en estado verde son: materia seca 60.59%, proteína 54.96, grasa 40.92, fibra 32.27”<sup>26</sup>.

Bernal<sup>27</sup> manifiesta que el pasto kikuyo es rico en proteína y la digestibilidad es alta cuando se maneja adecuadamente. En cuanto a la alfalfa expresa que esta debe cortarse antes de plena floración, ya que el valor nutritivo y la digestibilidad son menores después de la floración (Tabla 4).

Acosta y Moncayo<sup>28</sup>, realizaron un ensayo para determinar la digestibilidad in situ del pasto kikuyo bajo diferentes labores culturales encontrando los siguientes porcentajes de digestibilidad (Tabla 5).

---

<sup>23</sup> CAYCEDO, Op. cit., p. 54.

<sup>24</sup> APRAEZ, BURGOS y CAYCEDO, Op. cit., p. 43.

<sup>25</sup> CAYCEDO, Op. cit., p. 53.

<sup>26</sup> CHAUCA, Lilia. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*), Estudio FAO producción y sanidad animal 138. Perú. (Consulta vía Internet 02/09/04.[www.fao.org/DOCREP/W6562s/w6562s00.htm#](http://www.fao.org/DOCREP/W6562s/w6562s00.htm#)).

<sup>27</sup> BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales. Banco ganadero. Bogota.1988. p. 406 - 416.

<sup>28</sup> ACOSTA, Wilmer y MONCAYO, Oscar. Valor nutritivo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zona de ladera. Pasto, Colombia. 2002. p. 157. Trabajo de grado (zotecnista). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, Programa de zootecnia.

**Tabla 3. Digestibilidad promedio de materia seca y nutrientes de los forrajes aubade (*Lolium sp.*), alfalfa (*Medicago sativa*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en cuyes (*Cavia porcellus*).**

<b>Nutrientes %</b>	<b>Aubade</b>	<b>Alfalfa</b>	<b>Kikuyo</b>
Materia seca	63.39	76.04	55.01
Proteína cruda	67.77	86.47	72.55
Extracto etéreo	47.81	80.28	51.91
Fibra Cruda	53.54	80.42	33.49
E. N.N.	70.11	73.11	55.91
FDN	54.25	39.4	64.4
FDA	50.37	35.6	31.83

Fuente: Caycedo (2000)

**Tabla 4. Porcentajes de digestibilidad del forraje del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y alfalfa (*Medicago sativa*) en ovinos.**

<b>Estado</b>	<b>Proteína bruta</b>	<b>Fibra bruta</b>	<b>Extracto etéreo</b>	<b>Extracto libre de nitrógeno</b>
<b>kikuyo</b>				
Fresco, 10 cm	73.6	69.4	61.4	75.4
Fresco, 25 cm	67.0	52.5	57.3	58.2
<b>Alfalfa</b>				
Fresca, prefloración	89.0	45.0	50.0	76.0
Fresca, principio floración	79.0	49.0	38.0	78.0
Fresca, mitad floración	69.0	45.0	50.0	61.0

Fuente: Gol, (1982)

- **Fermentación *In vitro*.** Apráez reporta que:  
Esta técnica consiste en incubar microbios ruminales en un cultivo continuo o discontinuo con un alimento fármaco o componente de comprobación, el alimento a comprobar es fermentado primero con fluido ruminal tamponado durante 24 a 48 horas y en segundo lugar con una mezcla de pepsina – HCL para solubilizar la proteína. Se determina la desaparición total del alimento. Este procedimiento se usa comúnmente en los sistemas de valoración de forrajes para evaluar la digestibilidad<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> APRAEZ, Edmundo. El Análisis químico de los alimentos. Pasto – Colombia: Editorial Universitaria. Universidad de Nariño. 1992. p. 34.

**Tabla 5. Digestibilidad *in situ* de kikuyo bajo diferentes labores culturales (%), en bovinos.**

TRATAMIENTOS	Materia seca	Proteína	Fibra detergente neutro	Fibra detergente ácido	Hemicel	Celulosa
<b>Labranza cero</b>						
T0	49.04	54.88	48.98	36.96	55.05	43.45
T1	48.99	57.62	47.80	44.51	56.69	52.93
T2	59.78	61.14	59.44	57.07	63.25	65.55
T3	57.19	65.32	59.77	48.18	63.32	59.38
T4	49.35	58.80	52.52	44.03	65.18	52.68
T5	53.17	58.51	55.86	46.16	64.65	58.43
<b>Labranza mínima</b>						
T0	57.23	55.01	54.81	50.53	56.39	45.75
T1	58.23	65.81	64.32	54.37	66.90	57.48
T2	49.62	62.94	51.69	41.20	61.70	46.08
T3	50.53	61.54	54.59	46.35	61.41	55.51
T4	62.98	68.56	62.54	60.68	66.56	63.08
T5	56.87	64.45	57.61	50.18	62.60	51.53

T0 = cero orgánico, cero mineral

T1 = 100% orgánico, cero mineral

T2 = 75% orgánico, 25% mineral

T3 = 50% orgánico, 50% mineral

T4 = 25 % orgánico, 75% mineral

T5 = cero orgánico, 100 % mineral

Fuente: Acosta y Moncayo (2002)

- **Fermentación *In situ*.** Church afirma que:

El material a estudiar se introduce en una bolsa de poliéster con pequeños poros. En bovinos, esta bolsa se suspende en el rumen durante periodos determinados de tiempo. Microbios, líquidos, y productos finales de la digestión entran y salen a través de los poros. El material que desaparece de la bolsa se considera que ha sido digerido. Los resultados se hallan sometidos a errores tanto por entrada como por salida, porque algunos componentes solubles y partículas pequeñas pueden abandonar la bolsa sin ser digeridos y microorganismos pueden entrar en la bolsa durante la fermentación. Sin embargo, la digestibilidad de los forrajes y las fuentes de proteína pueden ser determinadas rápidamente *in situ*<sup>31</sup>.

Orskov<sup>32</sup> sugirió el empleo de bolsas de Nylon como método rutinario, para determinar la velocidad de degradación de las proteínas de los forrajes y suplementos proteicos. En este método un número variable de bolsas se incuban en el rumen, durante diferentes periodos de tiempo, de tal forma que pueda

<sup>31</sup> CHURCH, Op. cit., p. 58.

<sup>32</sup> ORSKOV. Nutrición proteica de los rumiantes. España: Acribia. 1982. p. 62.

reconocerse el ritmo de degradación, el tamaño de la malla de la tela que se use para las bolsas debe ser tal, que permita la entrada de los microorganismos ruminales y la salida de los gases producidos, pero que impida al máximo la salida de partículas del ingrediente en estudio. El tamaño recomendable de la malla de las bolsas deberá ser de 20 a 40 micras, lo que proporciona orificios de aproximadamente 400 a 1600 micras cuadradas. Deberá procurarse el libre movimiento del material incubado, de tal forma que se evite la formación de pequeños microambientes dentro de la bolsa, lo que determina una baja repetibilidad de los resultados.

Esta técnica requiere de una preparación previa de las muestras a incubar, la cual Orskov describe así:

- a. molido de la muestra: cuando se trabaja con forrajes verdes la muestra debe molerse en molino de martillo con parrillas de 5 mm.
- b. Localización de las bolsas en el rumen: la mayoría de los investigadores están de acuerdo en recomendar que las bolsas deben quedar ancladas con cuerdas de nylon de 25cm de largo en el ganado ovino y aproximadamente de 50 cm o más en el ganado vacuno, que se sujetan a la cánula. Esa longitud permite a las bolsas moverse libremente en el rumen, tanto entre la fase líquida como en la fase sólida.
- c. Tiempo de incubación de las bolsas: el mismo autor afirma que, el momento mas adecuado para sacar las bolsas del rumen, con el objeto de lograr la mayor determinación del ritmo de desaparición, depende de la forma de la curva de degradación en función del tiempo. Por lo tanto, no es posible señalar los tiempos adecuados de incubación para todos los sustratos. Para la mayoría de los suplementos proteicos, las muestras obtenidas a las 2, 6, 12, 24 y 36 horas proporcionan información adecuada para describir esta curva. En el caso de los henos, pajas y otros materiales fibrosos, generalmente se requieren tiempos de incubación mas largos, en tanto que para los alimentos succulentos, los intervalos de incubación deben ser mas cortos.
- d. Variación entre animales: los animales fistulados deben recibir dietas uniformes, cuando sean utilizados para determinar la tasa de degradación de los materiales alimenticios. La variación entre animales puede resolverse al repetirse las mediciones por lo menos en tres animales<sup>34</sup>.

Orskov<sup>35</sup> describe el procedimiento de incubación *In situ* así:

- a. las bolsas se lavan y se secan a 60°C.

---

<sup>34</sup> Ibid., p.64.

<sup>35</sup> Ibid., p. 75.

- b. Se introduce en cada bolsa 3 gramos de muestra seca, tamizada con una malla N° 20 y se pone a peso constante a 60°C por 8 horas.
- c. Los extremos de la bolsa se cierran con una liga.
- d. Posteriormente, las bolsas se amarran con hilo de nylon, que se aseguran a la cánula.
- e. Las bolsas se incuban durante 3, 6, 9, 12, 24, 48 o 72 horas dependiendo del tipo de muestra; al final de cada uno de estos periodos, se remueve una bolsa del rumen del animal.
- f. Las bolsas se lavan al chorro de agua, hasta que el agua de enjuague salga completamente incolora, posteriormente se seca a 60°C . El procedimiento usual es lavar la bolsa hasta que corra agua clara. Tiempo que lleva aproximadamente 5 minutos por muestra; ni el método ni el tiempo afectan la desaparición de la materia seca.
- g. La proporción de materia seca, desaparecida se calcula de la diferencia entre el porcentaje incubado de cada nutriente y el porcentaje de nutriente que quedo en las bolsas después de incubar.

#### 4.5 UTILIZACIÓN DE FORRAJES EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES

Según Chauca:

El cuy es una especie herbívora por excelencia, su alimentación es sobre todo a base de forraje verde y ante el suministro de diferentes tipos de alimento, muestra siempre su preferencia por el forraje, los cuales deben incluirse básicamente en toda dieta de los cuyes, ya que proporcionan un efecto benéfico por su aporte de celulosa y se constituyen en fuente de agua y vitamina C que los cuyes utilizan para cubrir sus necesidades, Las especies forrajeras de mayor uso en la alimentación de cuyes son alfalfa, trébol, raigrass, pasto elefante kikuyo, soya forrajera y arvenses. La calidad nutritiva de estos forrajes es muy variada, razón por la cual se debe suplementar en forma adecuada en dependencia de las características nutricionales propias de cada especie como también de el estado fisiológico de los animales.<sup>38</sup>.

**4.5.1 El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)** Carmona y Martínez citados por Escobar y López<sup>39</sup> sostienen que: el kikuyo es una gramínea nativa de las regiones montañosas al este de Kenya y parte central de África donde crece espontáneamente a altitudes entre los 2000 y 3000 msnm, deriva su nombre del pueblo Kikuyo de Kenya. Él genero *Pennisetum* es casi en su totalidad Africano ya

---

<sup>38</sup> CHAUCA, Op. cit., p. 64.

<sup>39</sup> ESCOBAR, Edisón y LOPEZ, Alfonso, Op. cit., p. 53.

que se han reportado 39 especies del África tropical y subtropical y solamente una de Europa. La producción de forraje de kikuyo depende en gran parte de la fertilidad y humedad del suelo, con prácticas de manejo adecuadas se pueden obtener más de 20 ton/ha/año de materia seca. Su calidad nutricional es adecuada cuando se rompe el césped regularmente y se aplica enmiendas y fertilizantes lo que influye directamente en sus contenidos de proteína y digestibilidad.

Su composición química puede presentar variaciones relativamente amplias de acuerdo a varios factores entre los cuales las características edafoclimáticas juegan un papel decisivo. En este sentido, Acosta y Moncayo<sup>40</sup> encontraron una respuesta positiva y altamente significativa ( $P < 0.01$ ) al incorporar un sistema de labranza mínima y fertilización orgánico – mineral a las labores de rehabilitación de una pradera de kikuyo con un incremento en los niveles proteicos y energéticos del 26% y 7.5% respectivamente al pasar la proteína de 11.4 a 15.4% y los NDT de 64.15 a 69.4%.

Con respecto al valor nutritivo de este pasto, Caycedo, Almeida y Córdoba<sup>41</sup> realizaron un ensayo de digestibilidad aparente en cuyes con pasto kikuyo obtenido de condiciones naturales, donde encontraron valores para digestibilidad de la materia seca de 51.45%, ceniza 63.51%, grasa 34.72%, fibra 36.49%, proteína 78.00%, ENN 50.43%, y un contenido de NDT de 45.89%.

Burgos, Apráez y Caycedo en un estudio del valor nutritivo del kikuyo determinaron la siguiente composición química<sup>42</sup>: proteína 10.22%, extracto etéreo 2.18%, fibra cruda 25.21%, ELN 51.05% y materia seca 21.2%. Valoraron también la Digestibilidad *In vivo* encontrando valores de digestibilidad de 72.55% para proteína, 55.91% par ELN y un valor energético de 45.89%.

**4.5.2 El pasto Aubade.** es un raigras tetraploide que se adapta bien en alturas comprendidas entre 2000 y 3200 msnm, exigentes en humedad con precipitación promedio de 1000 mm por año, produce de 110 a 130 toneladas de forraje verde /ha/año, realizando 10 cortes con intervalos de 35 a 40 días, según menciona Bernal<sup>43</sup>.

Caycedo<sup>44</sup> reporta en el análisis químico proximal valores relativamente altos en proteína con 20.33%, contenidos de fibra de 18.97%, presentando además niveles

---

<sup>40</sup> Acosta y Moncayo. Op. cit., p. 89.

<sup>41</sup> CAYCEDO, ALMEIDA y CÓRDOBA, Op. cit., p. 43.

<sup>42</sup> BURGOS, APRAEZ y CAYCEDO, Op. cit., p. 74.

<sup>43</sup> BERNAL, op. cit., p.374.

<sup>44</sup> CAYCEDO, op. cit., p. 80.

normales de minerales con 0.53%, de Ca y 0.29% de fósforo y digestibilidad aparente de la materia seca de 63.69%.

**4.5.3 La alfalfa (*Medicago sativa*).** según Bernal<sup>45</sup> esta leguminosa se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 3200 msnm en las condiciones de Colombia, aunque produce bien en clima medio y cálido. Más del 50% de la producción de forraje depende del manejo, en condiciones naturales se pueden obtener producciones que varían entre 42 y 49 t/ha de forraje verde por corte. Es una leguminosa de alto valor nutritivo que se corta en prefloración para asegurar calidad y cantidad en proteína (20%), minerales (calcio 1.30 % y fósforo 0.64%) y valores adecuados de fibra (23%).

El mismo autor argumenta que:

La alfalfa es rica en proteína, minerales y vitaminas, y baja en contenido de fibra (Tabla 6), debido a sus tallos finos y alto porcentaje de hojas. En sitios donde se puede cultivar alfalfa con facilidad se le considera un forraje clave para rumiantes de alto rendimiento en leche, carne por ser rica en proteína, ser apetecible y tener un elevado contenido de calcio y vitaminas. Para el caso de monogástricos la alfalfa es una fuente de minerales y proteínas más que de energía por su deficiencia en el desdoblamiento del material fibroso del forraje. Las hojas de alfalfa con frecuencia se secan y se incluyen en los concentrados como fuente de vitamina A y de otros nutrientes, en niveles de 2,5 a 5%. Durante la gestación y la lactancia se incluyen con frecuencia en proporciones de 10% de la ración<sup>46</sup>.

---

<sup>45</sup> BERNAL, Op. cit., p. 547.

<sup>46</sup> Ibid., p.458.

## 5. DISEÑO METODOLOGICO

### 5.1 LOCALIZACION

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad de Nariño, Torobajo ubicada en el municipio de Pasto, Departamento de Nariño, con temperatura promedio de 14 °C, a una altura de 2540 msnm, precipitación anual promedio de 1084 mm y humedad relativa del 76%<sup>1</sup>.

### 5.2 PROCEDENCIA DE LAS ESPECIES FORRAJERAS EVALUADAS

Los animales se alimentaron con forrajes provenientes de la granja experimental Botana de la universidad de Nariño, localizada a 8 km. de la ciudad de Pasto, con una temperatura promedio de 12 °C, humedad relativa del 75%, precipitación anual promedio de 987 mm, y 2850 msnm. Los suelos de Botana son de origen fluvio volcánicos disectados, cuya profundidad efectiva va desde superficial a profundo en algunos sectores, drenaje natural de regular a buen drenaje, relieve de ondulado a escarpado, de textura franco arcillosa, capacidad de intercambio catiónico de 21.8 y pH de 5.7, uso actual agricultura y ganadería<sup>2</sup>.

Para el establecimiento de los forrajes se efectuaron las labores culturales ya establecidas las cuales corresponden a: una arada con cincel, dos rastrilladas y aplicación de cal magnesica a razón de 300-400 kg/ha en la ultima rastrillada.

El pasto aubade se sembró al voleo en una proporción de 30 kg/ha, en el momento de la siembra se fertilizó con un abono completo (10-30-10) 2 bultos /ha y nitrobal; a los 30 días se aplicó un herbicida (Banvel D) y a los 45 días elementos menores 125 cc/ha.

La variedad de alfalfa empleada fue la Alfagenes 10-10, la siembra se hizo a chorrillo en surcos, con una distancia de 30 cm entre surcos a razón de 10 kg/ha; a los 5 días se aplicó un abono completo (10-30-10) 3 bultos/ha, un bulto de elementos menores y nitrobal; a los 15 días se aplicó urea. El pasto kikuyo que se utilizó en este trabajo fue aquel proveniente de praderas naturales sin ningún tipo

---

<sup>1</sup> Comunicación personal realizada al Dr Nelson Carvajal funcionario del Instituto de Hidrología, meteorológica y estudios ambientales IDEAM. Pasto, 2004.

<sup>2</sup> Comunicación escrita del Dr Hugo Ruiz, Ingeniero Agrónomo M.Sc, Profesor tiempo completo facultad ciencias agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, 2004.

de manejo ni fertilización; esto con el propósito de contrastar la degradabilidad y ataque microbiano bajo diferentes características nutricionales de los sustratos<sup>/3</sup>.

### 5.3 ANIMALES

Para el trabajo se emplearon 5 cuyes machos con peso promedio de 1200 g y edad aproximada de 4 meses (Figura 2).

**Figura 2. Animales seleccionados para el experimento**



### 5.4 SANIDAD

Con el fin de eliminar parásitos internos y externos, se realizó la desparasitación de los animales con un producto comercial cuyo principio activo es la ivermectina.

### 5.5 INSTALACIONES

**5.5.1 Instalaciones.** la técnica de fistulación se llevó a cabo en la clínica veterinaria “Carlos Martínez Hoyos” de la Universidad de Nariño, posteriormente los animales después de fistulados, se trasladaron al bioterio donde se alojaron en jaulas individuales metálicas construidas específicamente para este tipo de

---

<sup>/3</sup> Comunicación escrita del Dr Cesar Albornoz, Ingeniero Agrónomo, Coordinador agrícola Granja Botana, Universidad de Nariño. Pasto, 2004.

investigaciones, las cuales constan de un alojamiento individual, comedero, recolector de heces y orina.

## **5.6 MATERIALES Y EQUIPOS**

**5.6.1 Materiales.** Para la elaboración de las cánulas se utilizó sondas de foley de diferentes calibres, nylon, agujas, tapones de corcho y pegante.

Para la prueba de digestibilidad *In situ* se emplearon bolsas de nylon para la incubación de las muestras, las cuales se elaboraron de acuerdo con lo recomendado por Oskorv (1982). El material presenta un tamaño de la malla de 20 a 40 micras lo que proporciona orificios de aproximadamente 400 a 1600 micras cuadradas; esto con el fin de permitir la entrada y salida de microorganismos, líquidos y productos finales de la digestión a través de pequeños poros. La longitud de las bolsas es de 1cm de ancho por 5 cm de largo, dimensiones que permiten al animal una normal movilización sin obstruir el peristaltismo, Además permite incubar una cantidad de muestra de 0.3 g; cantidad que de acuerdo al volumen del ciego se considera adecuada si se tiene en cuenta el tamaño de la bolsa y volumen del ciego de forma que se garantice la movilidad y al mismo tiempo la colonización de la muestra por parte de los microorganismos.

**5.6.2 Equipos.** Para la intervención quirúrgica se empleó el siguiente instrumental básico que consta de:

- 1 Mango de bisturí numero 4 y cuchillas
- 1 Tijera de Metzembau.
- 1 Pinza con garra
- 1 Pinza sin garra
- 4 Pinzas de campo
- 4 Pinzas hemostáticas mosquito
- 2 Pinzas de Allys (Figura 3)

Además se utilizó monocryl 3/0, Dexon 2/0, jeringas de 1cm y una balanza con capacidad de medida de 0.1g a 2610g.

## **5.7 DESCRIPCION DE LA TECNICA DE ENTEROTOMIA EN CIEGO DE CUY (*Cavia porcellus*) O FISTULACION CECAL.**

### **5.7.1 Procedimiento.**

- **Selección de los animales.** en el presente estudio se trabajó con 5 cuyes adultos con un peso entre 1000g y 1400g. Se realizó un examen clínico previo para descartar cualquier signo de enfermedad; aquellos animales que se diagnosticaron clínicamente sanos fueron seleccionados para proseguir con ellos el ensayo. (Figura 4)

**Figura 3. Instrumental quirúrgico básico para el procedimiento**



**Figura 4. Cuy adulto.**



- **Protocolo anestésico.** de acuerdo con investigaciones precedentes realizadas dentro de la línea de investigación en cuyes por Apráez y Astaiza<sup>/1</sup>; se determinó

---

<sup>/1</sup> Comunicación personal de los Drs Edmundo Apráez y Juan Manuel Astaiza Docentes investigadores de la Línea de cuyes de la Universidad de Nariño.

que la mejor opción disponible para realizar el protocolo anestésico corresponde a la combinación de Xilacina (tranquilizante agonista alfa2 adrenergico) a dosis de 4mg/kg. de peso vivo por vía intramuscular y Ketamina (Anestésico disociativo) a dosis de 35mg/kg. de peso vivo vía intramuscular (Figura 5). Antes de la aplicación del anestésico los animales se sometieron a un ayuno de 8 horas<sup>/2</sup>.

**Figura 5. Aplicación del anestésico por vía intramuscular.**



- **Preparación del paciente.** el abordaje se realizó con el animal en decúbito esternal. Se procedió a rasurar el área de interés entre el pliegue del ijar y la región sublumbar y cranealmente desde el borde de la última costilla. (Figura 6) por la localización anatómica del ciego se determinó que la incisión debería realizarse por el lado izquierdo del animal.

**Figura 6. Área de depilación y abordaje de la técnica de fistulación cecal.**



---

<sup>/2</sup> Comunicación personal realizada al Dr Juan Manuel Astaiza. Director de la Clínica veterinaria "Carlos Martínez Hoyos", Universidad de Nariño, Pasto, 2004.

- **Preparación del área quirúrgica.** una vez determinada el área de trabajo se procedió a realizar la embrocación del paciente con tres aplicaciones de una solución de yodo (Figura 7) intercaladas con tres aplicaciones de alcohol, luego se colocaron los campos quirúrgicos (Figura 8).

**Figura 7. Preparación quirúrgica y asepsia.**



**Figura 8. Colocación de los campos quirúrgicos.**



- **Técnica quirúrgica.** se realizó una incisión en la piel de aproximadamente 3cm en dirección caudoventral desde la región sublumbar hasta pliegue del ijlar. (Figura 9)

**Figura 9. incisión de la piel.**



Una vez incidida la piel se procedió a la disección de los músculos abdominales evitando realizar cortes sobre ellos. El músculo abdominal externo se disecciona en el sentido de la incisión, el músculo oblicuo abdominal interno se disecciona en sentido contrario de la incisión y el músculo transverso abdominal se disecciona en sentido transverso. Lo que permite llegar a la cavidad abdominal. (Figura 10 y Figura 11).

**Figura 10. Incisión de los músculos abdominales.**

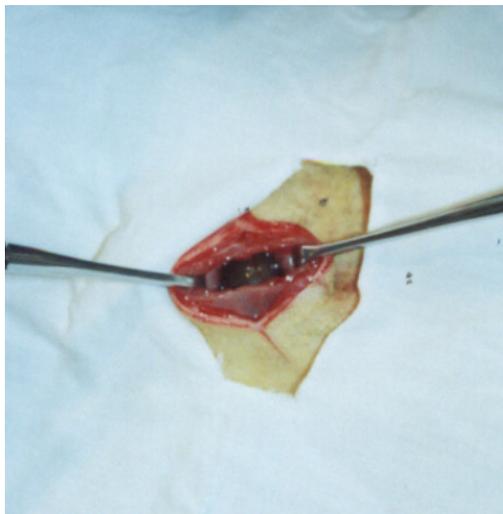


**Figura 11. Visualización de la cavidad abdominal**



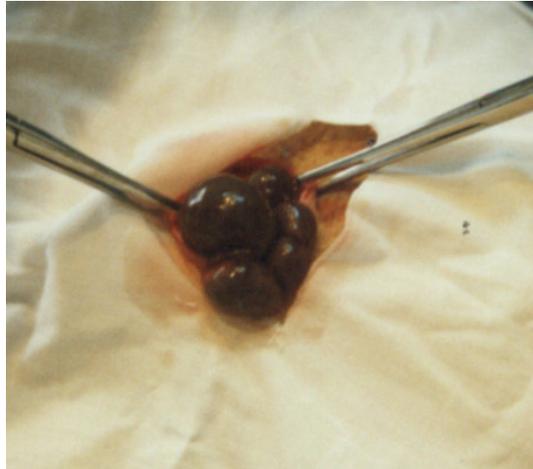
En la cavidad abdominal se procede a localizar el ciego el cual por posición anatómica se encuentra por debajo de la incisión. (Figura 12). Se debe retraer los músculos abdominales y la piel para ampliar el campo visual con la ayuda de las pinzas de Allys.

**Figura 12. Localización del ciego**



El ciego se lo expone a través de la abertura, para localizar el sitio de la incisión (Figura 13 y 14), teniendo en cuenta la anatomía del órgano se debe incidir en la curvatura externa la cual es menos irrigada que la curvatura interna.

**Figura 13. Exposición del ciego**



**Figura 14. Identificación y preparación del sitio de incisión en el ciego.**



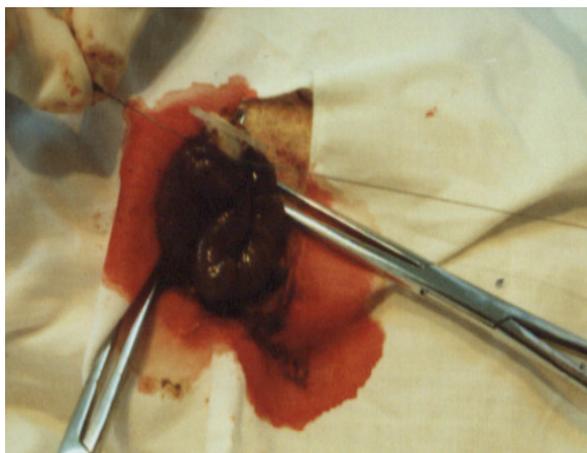
Una vez identificado el sitio de la incisión se procede a retirar el contenido cecal para evitar su vaciamiento a la cavidad abdominal durante la colocación de la cánula. El corte se realiza en forma lineal respetando la dirección de la curvatura, se introduce la hoja de bisturí en el órgano y para evitar un traumatismo mayor se procede con la tijera de metzembau a ampliarla hasta alcanzar un diámetro de aproximadamente 2cm.

La cánula que se escogió para la fistulación final del presente trabajo fue la fabricada con la sonda de foley, se procede a ubicarla en el ciego y se realiza una bolsa de tabaco sobre ella con el monocryl 3/0 (Figura 15 y figura 16)

**Figura 15. Colocación de la cánula**

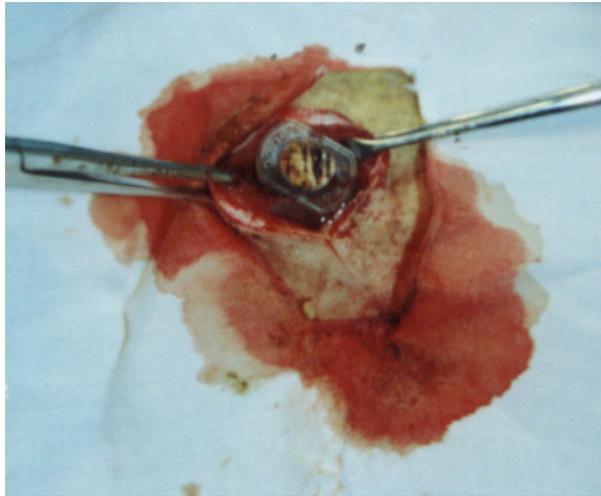


**Figura 16. Fijación de la cánula**



Una vez se cierra la bolsa de tabaco, se procede a introducir nuevamente el ciego a la cavidad abdominal (Figura 17).

**Figura 17. Reposición del ciego a la cavidad abdominal**



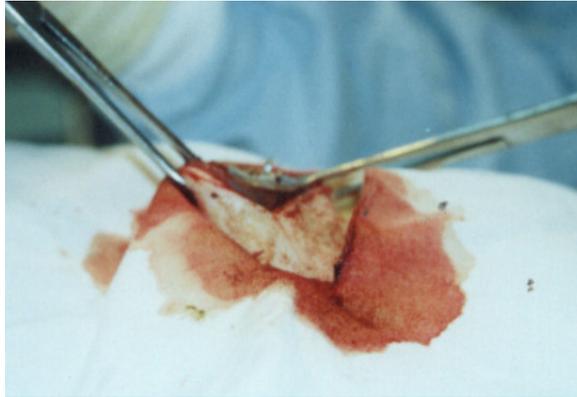
Los músculos abdominales se aproximan con una bolsa de tabaco en un solo plano, es decir los tres al mismo tiempo. (Figura 18).

**Figura 18. Sutura de los músculos abdominales**



La piel se cierra con puntos simples alrededor de la canula con dexon 2/0 o con nylon. (Figura 19 y 20)

**Figura 19. Cierre de la piel**



**Figura 20. Fijación de la cánula a la piel.**



• **Post operatorio.** en esta etapa se realizó un seguimiento minucioso y constante de los animales teniendo cuenta los siguientes aspectos:

- a) Aislamiento de los animales en condiciones asépticas
- b) Aplicación de antibiótico (0.6 ml/animal), durante 5 días consecutivos
- c) Aplicación de desinfectante yodado en la herida
- d) Observación del consumo y comportamiento en peso

Los animales intervenidos se mantuvieron durante 30 días, con el fin de observar la evolución post-operatoria, adaptación a las jaulas y manejo. Transcurrido este período los animales se sometieron a un periodo de adaptación de 7 días al consumo del forraje, con el fin de acondicionar la microflora del ciego al sustrato a estudiar (Figuras 21).

**Figura 21. Fistulación cecal con sonda de foley.**



#### **5.8 PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD *In situ*.**

La metodología utilizada para esta prueba fue la descrita por Orskov (1.984), la cual precisa la preparación previa de las muestras antes de su incubación, para ello se tomó una muestra representativa del forraje en estudio, se secó en estufa a 60°C por 48 horas se molió y se colocó en frascos rotulados. Posteriormente se realizaron los análisis bromatológicos correspondientes. Las bolsas se llevaron a peso constante, una vez pesados 0.3 g de muestra de cada especie se depositaron en la bolsa de nylon, se pesaron y llevaron a una a temperatura de 60°C (Figura 22).

**Figura 22. Incubación de las muestras a evaluar**



Antes de la incubación de las muestras, las bolsas que las contienen fueron humedecidas y se sujetaron a la cánula a través de una pequeña cuerda de nylon de 2 cm largo. Las bolsas se removieron a medida que cumplían los tiempos programados, se lavaron con abundante agua fría para detener todo proceso de degradación, hasta que esta salga transparente (Figura 23)

**Figura 23. Bolsas de nylon rotuladas**



A través de la cánula se incubaron bolsas (una por animal) de cada uno de los forrajes y a un tiempo de incubación de 0, 12, 24 y 48 horas (Figura 24), para lo cual se sortearon aleatoriamente. Transcurrido esto se volvió a proceder de la misma manera con las demás muestras hasta terminar la incubación para todos los forrajes y todos los tiempos. Los animales utilizados para la incubación de las muestras fueron aquellos que presentaron mayor adherencia de la cánula y estabilidad en el consumo de alimento.

**Figura 24. Lavado de las bolsas con muestra**



Posteriormente, las bolsas se llevaron a estufa a una temperatura de 60°C hasta peso constante, luego se secaron en una campana de desecación por 20 minutos, se pesó y registró la información obtenida, luego, se clasificó las muestras de acuerdo al tratamiento y al tiempo de incubación, se colocaron en recipientes previamente rotulados para su posterior análisis en el laboratorio.

## 5.9 TRATAMIENTOS

Los animales recibieron como alimento base forraje de aubade, kikuyo y alfalfa y se incubó en ellos muestras del mismo pasto suministrado. Los tratamientos corresponden a:

**T1:** Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

**T2:** Pasto aubade (*Lolium sp*)

**T3:** Alfalfa (*Medicago sativa*)

## 5.10 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO

Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones y dos factores: tiempo de incubación y forraje. El tiempo de incubación fue utilizado como criterio de bloqueo. El modelo estadístico aplicado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + F_j + (T \times F)_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta del tratamiento  $i$  bloque  $j$

$\mu$  = media general del experimento

$F_i$  = efecto del tratamiento ó forraje  $i$

$T_j$  = Efecto del tiempo  $j$

$E_{ij}$  = componente aleatoria llamada error experimental, debido al tratamiento  $i$ , tiempo  $j$ .

La recolección de los datos de campo se realizó mediante registros diarios, los cuales se tabularon posteriormente en hoja electrónica para facilitar el cálculo de los coeficientes de digestibilidad. Los datos finales obtenidos fueron procesados mediante el paquete estadístico SAS (Statystic Analysis Sistem) utilizando el procedimiento proc glm y proc corr; la comparación de medias ante la presencia de diferencias estadísticas se realizó mediante la prueba de Tukey.

## 5.11 FORMULACION DE HIPOTESIS

Se emplearan las siguientes hipótesis:

HO: =  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

H1: =  $\mu_1 \neq \mu_2$  (existe por lo menos diferencia detectable)

## 5.12 TECNICAS DE LABORATORIO

El análisis de las muestras de los forrajes como también de las muestras incubadas se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Nariño, para esto se realizó: el análisis proximal de Weende para materia seca y Van Soest para Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA) Hemicelulosa, Celulosa y Lignina de acuerdo a los procedimientos descritos por Apráez<sup>47</sup>.

## 5.13 PRUEBA DE DEGRADABILIDAD

La degradabilidad *In situ* de las diferentes fracciones se determinó teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

CD =  $(MI - ME)/MI * 100$ , donde:

CD = coeficiente de digestibilidad

MI = material que ingresa

ME = material que egresa

Se valoraron las muestras incubadas a las 0, 12, 24 y 48 horas, cada hora con 5 replicas que correspondían a 20 muestras por tratamiento para un total de 60 muestras incubadas.

Se evaluó la digestibilidad *In situ* de las fracciones: materia seca, FDN, FDA, Celulosa, Hemicelulosa y Lignina.

---

<sup>47</sup> APRAEZ, op. cit., p. 34.

## 6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

**6.1 Efecto de la fistulación sobre el comportamiento de los animales.** la respuesta de los animales intervenidos fue evidente en la etapa postoperatoria en la cual se destacaron los siguientes aspectos:

**6.1.1 Adherencia entre el ciego y la pared abdominal.** a esta condición en términos clínicos Padrón<sup>48</sup> la denomina cecopexia y consiste en fijar el ciego (parte inicial del intestino grueso) móvil a la pared abdominal, zona en la que reside su ubicación natural.

Dicha situación proporcionó una mayor estabilidad a la cánula, pero la piel se distiende alrededor de ella; por tal razón, se hizo necesario colocar puntos correctivos alrededor del día 12 con lo cual se obtuvo mayor adherencia. Sin embargo cabe anotar que durante el periodo de adaptación se observó un fuerte rechazo físico de los animales hacia la cánula hasta el punto de llegar a sacársela totalmente ya sea con sus mismos dientes o por el rozamiento contra las paredes de las jaulas.

Los animales a los cuales se les salía la cánula morían en un lapso de tiempo no mayor a 6 horas. Aquellos que presentaron mayor adherencia y estabilidad de la cánula fueron seleccionados para realizar la incubación de las muestras parcialmente secas de los forrajes a evaluar. Cabe anotar que el total de animales utilizados en el proceso de estandarización de la técnica fue de 50 de los cuales se seleccionó 10 animales (5%).

**6.1.2 Comportamiento en peso y consumo de alimento.** el estrés causado por la cirugía afectó en forma negativa el peso de los animales, así mismo, la implantación de la cánula posiblemente ocasionó una descompensación energética debido al escape de ácidos grasos volátiles (AGV) que se generan en el ciego a nivel del ciego, lo que se tradujo en pérdida de peso.

En este sentido Chauca al referirse a la fisiología digestiva del cuy menciona que: "Posee un estómago unilocular, con un ciego espacioso que permite soportar dietas voluminosas que se almacenan y fermentan por acción microbiana. Allí se producen ácidos grasos volátiles que contribuyen significativamente a satisfacer los requerimientos de energía"<sup>49</sup>.

---

<sup>48</sup> PADRON, G. La cecopexia. Fundación Universitaria de las palmas. 2005. (Consulta vía Internet), [http://www.fulp.ulpgc.es/index.php?pagina=boletin&ver=verdetallenoticia&codigo\\_nota\\_prensa=259](http://www.fulp.ulpgc.es/index.php?pagina=boletin&ver=verdetallenoticia&codigo_nota_prensa=259)

<sup>49</sup> CHAUCA, Lilia. Producción de cuyes (*Cavia porcellus* L.) y conejos (*Oryctagulus cuniculus*) en el altiplano. 2005 (Consulta vía Internet [http://archive.idrc.ca/library/document/103453/chap28\\_s.html](http://archive.idrc.ca/library/document/103453/chap28_s.html))

De igual manera al inicio del periodo postoperatorio o de adaptación se observó, una reducción severa en el consumo de alimento (Tabla 6), lo cual es apenas lógico pues el proceso de intervención quirúrgica causó en los animales un nivel alto de estrés que se reflejó de manera marcada en el consumo de alimento y por ende en los comportamiento en peso, por ser estas dos variables altamente correlacionadas. La estabilización de los animales con respecto al consumo de forraje se tomó como referencia para seleccionar aquellos con mejores consumos; que en el 100% de los casos coincidieron con los animales que mostraron una mayor adherencia de la cánula a las paredes del ciego, aunque como se mencionó anteriormente, en algunos ejemplares hubo necesidad de colocar puntos correctivos para mejorar la sujeción de la cánula.

**Tabla 6. Consumo de alimento de forraje verde y comportamiento en peso en la etapa post operatoria (g/animal/día)**

Día	Animal				
	1	2	3	4	5
1	0	10	0	15	5
2	20	15	12	25	10
3	15	34	26	32	0
4	50	45	50	65	15
5	90	40	89	68	17
6	150	69	120	92	25
7	120	120	110	130	50
8	250	100	157	178	86
9	240	160	204	210	150
10	310	200	230	230	160
11	300	254	250	250	190
12	320	296	210	250	230
13	350	300	264	300	250
14	340	310	298	300	280
<b>Promedio animal/día (g)</b>	183	140	144	153	105
<b>Peso inicial (g)</b>	1.140	1.200	1.200	1.500	1.000
<b>Peso final (g)</b>	1.060	1.115	1.000	1.450	900

## 6.2 PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD *In situ*

La valoración nutritiva mediante la técnica *In situ* en esta especie ha sido poco abordada, especialmente por la complejidad que implica la implantación de la cánula (fistulación) ya que este método no se encuentra estandarizado tanto en lo concerniente al protocolo de anestesia como al proceso de cirugía.

Teniendo en cuenta lo anterior cabe anotar que los resultados obtenidos corresponden al primer trabajo realizado por medio de la técnica *in situ* en cuyes; razón por la cual no existen reportes que puedan servir como punto de referencia y por tanto la discusión se abordará tomando como referencia estudios sobre desaparición *In vivo*.

**6.2.1 Digestibilidad *In situ* de la materia seca (DMS).** los resultados se resumen en la Tabla 7 y Figura 25. El análisis de varianza (Anexo A) mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos a las 12, 24 y 48 horas de incubación, a las 0 horas los tratamientos no presentaron variación.

La prueba de Tukey reveló que los forrajes utilizados presentaron una desaparición *In situ* a las 0 horas similar estadísticamente ( $P < 0.05$ ) con porcentajes de 2.60, 5.03 y 3.56% para kikuyo, aubade y alfalfa respectivamente; a partir de las 12 horas el aubade y la alfalfa mostraron mayor digestibilidad ( $P < 0.05$ ) respecto a kikuyo proveniente de praderas sin manejo ni fertilización.

**Tabla 7. Porcentaje de degradabilidad *In situ* de la materia seca de Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), aubade (*Lolium sp*) y alfalfa (*Medicago sativa*) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**

Tratamiento	Hora			
	0	12	24	48
Kikuyo	2,601 <sup>A</sup>	22,374 <sup>B</sup>	33,314 <sup>B</sup>	49 <sup>B</sup>
Aubade	5,038 <sup>A</sup>	35,468 <sup>A</sup>	45,674 <sup>A</sup>	74,59 <sup>A</sup>
Alfalfa	3,561 <sup>A</sup>	27,764 <sup>A</sup>	41,33 <sup>A</sup>	67,784 <sup>A</sup>

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ )

De esta forma se pudo establecer que los forrajes aubade y alfalfa presentan degradabilidades superiores al obtenido para kikuyo con valores al final del

periodo de incubación de 74.59% para aubade, 67.78% para alfalfa y para kikuyo de 49%.

La mayor digestibilidad de la MS observada en aubade y alfalfa posiblemente obedecieron según Apráez a que: “Los componentes proteicos y energéticos de dichos forrajes son los que más se acercan a los requerimientos del cuy; ya que dietas balanceadas presentan mayor aprovechamiento de los nutrientes que las componen”<sup>50</sup>.

Bernal<sup>51</sup> reporta valores de digestibilidad *In vivo* en bovinos para aubade a los 60 días de corte de 67.1% valor menor al obtenido en esta investigación (74.59%) teniendo en cuenta que la edad de corte fue similar (60 días). Por su parte, Apráez<sup>52</sup> reporta valores de digestibilidad para kikuyo sin fertilización y fertilizado a razón de 200 kg de nitrógeno por hectárea del 66.85 y 79.16% respectivamente, valores que son superiores a los encontrados en esta investigación (49.0%).

Así mismo, Flores y Salazar<sup>53</sup> obtuvieron valores de degradabilidad *In vivo* para alfalfa de 60.67% que se encuentra por debajo del obtenido en este trabajo. Lo anterior permite mencionar que la variabilidad en la digestibilidad de los forrajes puede resultar relativamente grande incluso dentro de una misma especie ya que además del método utilizado en su valoración participan un sinnúmero de aspectos bióticos que de manera factorial afectan ya sea positiva o negativamente en la utilización de los diferentes nutrimentos.

En este sentido, Acosta y Moncayo argumentan que: “La degradabilidad de los pastos independientemente de los factores inherentes a la especie animal; está determinada en gran medida por aspectos externos tales como composición vertical de la planta y contenido de carbohidratos estructurales, los cuales a su vez poseen una estrecha relación con las características edafoclimáticas donde estos pastos se cultiven”<sup>54</sup>.

La baja desaparición *In situ* del pasto kikuyo quizá se explica por que el forraje evaluado procedía de praderas naturales sin ningún tipo de manejo ni fertilización;

---

<sup>50</sup> APRAEZ, Edmundo. Comportamiento productivo del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) obtenido bajo diferentes métodos de atención cultural. La Habana, Cuba. 2002. p. 136. Trabajo de grado (Doctor en ciencias veterinarias). Universidad Agraria de la habana, Facultad de Medicina Veterinaria, Departamento de Producción Animal.

<sup>51</sup> BERNAL, Javier. Op. cit., p. 45.

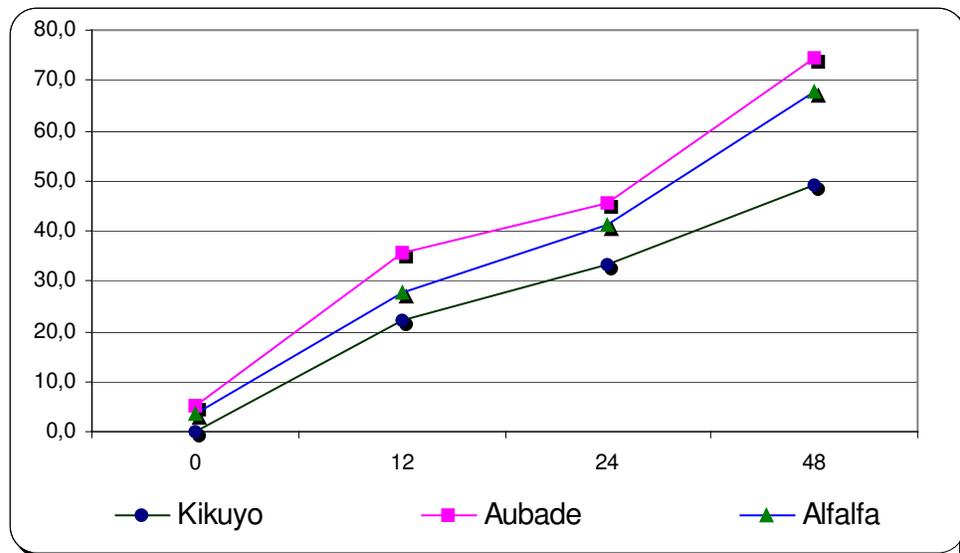
<sup>52</sup> APRAEZ, Edmundo, Op. cit., p 136.

<sup>53</sup> FLORES, Luis. y SALAZAR, Geovani. Digestibilidad aparente de forrajes arbóreos y maíz (*Zea mays*) en cuyes (*Cavia porcellus*). Pasto. Colombia. 1995. p. 68. Tesis de grado (zootecnista). Univesidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

<sup>54</sup> ACOSTA, Wilmer. y MONCAYO, Oscar. Op. cit., p. 36.

factores que como se mencionó anteriormente ejercen influencia directa en la composición de la planta y disponibilidad biológica de los nutrientes.

**Figura 25. Curva de degradabilidad *In situ* de la materia seca de Kikuyo, aubade y alfalfa obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**



**6.2.2 Digestibilidad *In situ* de la fibra detergente neutro (DFDN).** la Tabla 8 y Figura 26 resumen los resultados obtenidos para esta variable. El análisis de varianza (Anexo B) reveló diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ) para las tiempos de incubación 12, 24 y 48.

La prueba de Tukey mostró a las 0 horas de incubación un comportamiento estadístico similar entre tratamientos, con porcentajes de 5.13% para kikuyo y alfalfa y 6.57% para aubade. De las 12 horas en adelante se observó que el pasto aubade presenta una mayor desaparición *in situ* respecto a kikuyo y alfalfa.

A excepción del tiempo inicial de incubación, el aubade ostentó una mayor degradabilidad a lo largo de este periodo con un valor a las 48 horas de 70.26% superando de esta manera en un 36.5% a kikuyo y en un 45.8% a alfalfa. La tendencia observada en el aubade (Figura 29) es similar a la encontrada en la materia seca presentando valores superiores a kikuyo hasta el final del periodo de incubación. Cabe destacar que para la fracción FDN el aubade mostró mayor digestibilidad que la alfalfa, lo que permite inferir que la fibra del pasto aubade es más fácilmente degradada por la microbiota alojada en el ciego del cuy.

Adicionalmente, la digestibilidad de la FDN del aubade pudo verse favorecida por una mayor solubilidad de la hemicelulosa tal como lo mencionan Acosta y Moncayo quienes aseveran que: “La hemicelulosa es una fracción de la fibra considerada como potencialmente energética y de ataque rápido por los microorganismos”<sup>55</sup>. Sin embargo, los contenidos de hemicelulosa reportados en el análisis bromatológico inicial del pasto (Tabla 9) no presentaron relación directa con la digestibilidad de la FDN, lo que obedeció posiblemente a una interferencia en el proceso debido a las características químicas de asociación entre la hemicelulosa y la lignina en las especies vegetales evaluadas.

**Tabla 8. Porcentaje de degradabilidad *In situ* de Fibra Detergente Neutro (FDN) de Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), aubade (*Lolium sp*) y alfalfa (*Medicago sativa*) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**

Tratamiento	Hora			
	0	12	24	48
<b>Kikuyo</b>	5,13 <sup>A</sup>	7,406 <sup>B</sup>	12,346 <sup>C</sup>	44,616 <sup>B</sup>
<b>Aubade</b>	6,57 <sup>A</sup>	20,592 <sup>A</sup>	39,798 <sup>A</sup>	70,266 <sup>A</sup>
<b>Alfalfa</b>	5,13 <sup>A</sup>	9,642 <sup>B</sup>	19,772 <sup>B</sup>	38,082 <sup>C</sup>

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas (P<0.05)

La curva de desaparición (Figura 28) indica que el kikuyo precisa de un tiempo inicial de ataque más prolongado por parte de la microflora cecal del cuy en comparación con la alfalfa; comportamiento que es evidente a las 48 horas por la mayor desaparición de FDN de kikuyo (44.61%) respecto a la alfalfa (38.08%).

Lo anterior es corroborado por Van Soest quien asevera que:

En dependencia de las características de unión de la lignina con la celulosa y hemicelulosa la FDN necesita en mayor o menor magnitud de un trabajo digestivo previo para convertirse en una fuente energética real. Así mismo, uno de los factores de mayor incidencia en la degradabilidad de la FDN es composición vertical de la planta, debido a que los polisacáridos estructurales representan la mayor parte del material de las membranas de las células vegetales las cuales se inician con una membrana pectinosa que con el avance de la madurez es sustituida gradualmente por depósitos de celulosa y lignina,

<sup>55</sup> ACOSTA, Wilmer. y MONCAYO, Oscar. Op. cit., p. 171.

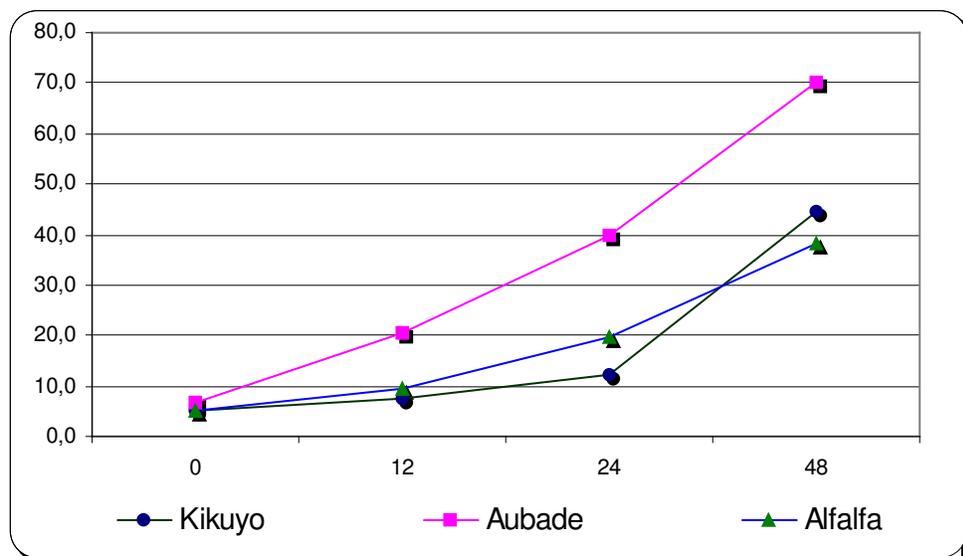
principales causantes de la disminución de la digestibilidad a causa de los enlaces lignocelulósicos presentes en estas fracciones<sup>56</sup>.

**Tabla 9. Análisis bromatológico del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Aubade (*Lolium sp.*) y Alfalfa (*Medicago sativa*).**

Tratamiento	Materia seca	Fibra detergente neutro	Fibra detergente ácido	Celulosa	Hemicel	Lignina	Edad (días)
<b>Kikuyo</b>	16.4	69.17	36.13	24.25	33.04	11.88	-----
<b>Aubade</b>	15.30	51.50	26.85	19.21	24.65	7.64	60
<b>Alfalfa</b>	19.28	58.37	34.82	22.12	23.55	12.70	45

En este sentido, cabe mencionar que la mayor edad del kikuyo proveniente de una pradera natural sin ningún tipo de manejo cultural, no influyó de manera importante en la digestibilidad de la FDN quizá por su menor contenido de lignina (11.88%) respecto a la alfalfa (12.7%) ó por que dentro de la asociación química de sus carbohidratos estructurales no hubo mayor presencia de enlaces con la lignina.

**Figura 26. Curva de degradabilidad *In situ* de la fibra detergente neutro (FDN) de Kikuyo, aubade y alfalfa obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**



<sup>56</sup> VAN SOEST. Op. cit., p. 87.

**6.2.3 Digestibilidad *In situ* de la fibra detergente ácido (FDA).** Los valores obtenidos para esta fracción se indican en la Tabla 10 y Figura 27. El análisis de varianza (Anexo C), indicó similitud estadística entre tratamientos a las 0 y 12 horas de incubación ( $P < 0.01$ ) mientras que a los tiempos 24 y 48 se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey evidenció la similitud estadística en las dos primeras horas de incubación para los tres forrajes en estudio; posteriormente el comportamiento descrito hasta el final del período de incubación es semejante al presentado por la fibra detergente neutro, en el cual el aubade supera significativamente ( $P < 0.05$ ) a kikuyo y alfalfa en un 42.51% y 40.52% respectivamente.

**Tabla 10. Porcentaje de degradabilidad *In situ* de la Fibra Detergente Acido (FDA) de Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), aubade (*Lolium sp*) y alfalfa (*Medicago sativa*) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**

Tratamientos	Horas			
	0	12	24	48
Kikuyo	4,956 <sup>A</sup>	6,352 <sup>A</sup>	10,274 <sup>B</sup>	33,284 <sup>B</sup>
Aubade	6,493 <sup>A</sup>	10,064 <sup>A</sup>	28,718 <sup>A</sup>	57,89 <sup>A</sup>
Alfalfa	4,95 <sup>A</sup>	6,33 <sup>A</sup>	14,732 <sup>B</sup>	34,434 <sup>B</sup>

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ )

Los resultados obtenidos para aubade son mayores a los reportados por Burgos y Luna<sup>57</sup> quienes encontraron valores *In vivo* en cuyes de 50.37%.

Por otra parte, son menores a los obtenidos por Apráez<sup>58</sup> quien encontró coeficientes de digestibilidad *In vivo* de 63.45% en kikuyo bajo labranza mínima sin fertilización y de 66.06% en el mismo sistema de labranza y fertilización orgánica.

<sup>57</sup> BURGOS, Alvaro. y LUNA, Juan. Op. cit., p. 57.

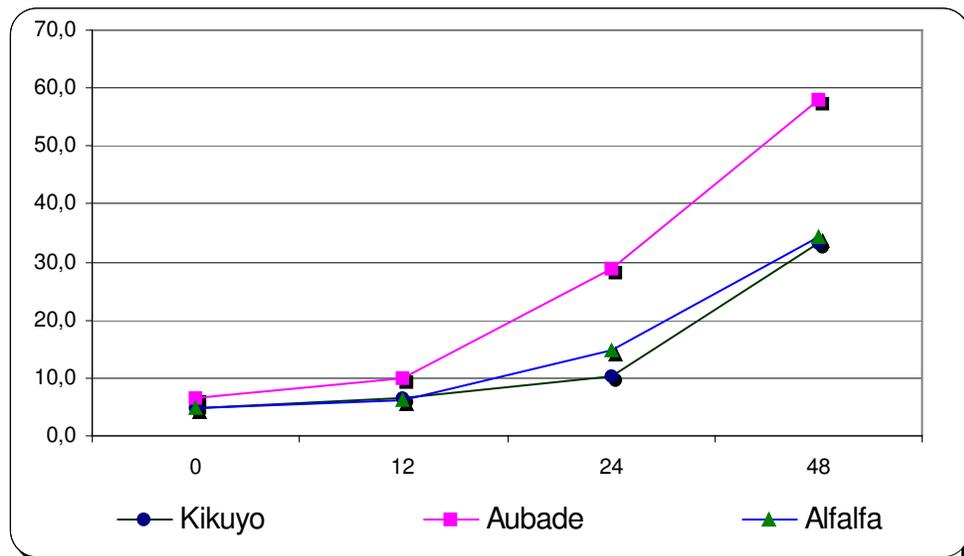
<sup>58</sup> APRAEZ, José. Comportamiento productivo del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) obtenido bajo diferentes métodos de atención cultural. Op. cit., p. 133.

La digestibilidad de la FDA en líneas generales reflejó una relación directa con la FDN, lo que concuerda con lo afirmado por Burgos y Luna<sup>59</sup> quienes argumentan que: “La FDA constituida por celulosa, lignina y cenizas normalmente conserva una relación directa tanto en contenido como en digestibilidad con la FDN. Sin embargo, los coeficientes de digestibilidad de la pared celular son proporcionalmente menores que los del material soluble en detergente neutro especialmente cuando la lignina no ejerce mayor influencia”.

Lo anterior explica la mayor degradabilidad de la pared celular mostrada por el pasto aubade, la cual se relaciona también con el menor contenido de lignina en su composición bromatológica (7.64%). De igual manera, las menores desapariciones observadas en kikuyo y alfalfa posiblemente estuvieron relacionadas con los mayores porcentajes de FDA y lignina de estos forrajes.

Respecto a lo anterior Bondi afirma que: “La lignina forma el artefacto lignocelulósico a través de grupos funcionales hidroxí y carboxi los cuales dan lugar a tres tipos de enlaces: los que se rompen mediante reducción, los que se rompen bajo la acción de álcalis y los resistentes al álcalis”<sup>60</sup>. Lo anterior permite deducir que posiblemente existió una alta participación de estos últimos en la pared celular del kikuyo y alfalfa que le confieren una baja digestibilidad de la FDA.

**Figura 27. Curva de degradabilidad *In situ* de la fibra detergente ácida (FDA) de Kikuyo, aubade y alfalfa obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**



<sup>59</sup> BURGOS, Alvaro. y LUNA, Juan. Op. cit., p. 58.

<sup>60</sup> BONDI, Aron. Nutrición animal. Zaragoza. España: Acribia. 1988. p. 98.

**6.2.4 Digestibilidad *In situ* de la celulosa.** la Tabla 11 y Figura 28 muestran los resultados para esta fracción. El análisis de varianza (Anexo D) no reveló diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ) para los tres primeros tiempos de incubación (0, 12 y 24) y diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) a las 48 horas.

En este sentido, Carmona y Martínez<sup>61</sup> reportan digestibilidades *In situ* en ovinos para kikuyo del 73.6%. valores superiores a los hallados en el presente trabajo.

Son menores también a los encontrados por Burgos y Luna quienes hallaron degradabilidades del 58.45% para aubade y 81.7% para tetralite. Los valores bajos obtenidos con respecto a aquellos obtenidos mediante el método *In vivo* en cuyes e *In situ* en bovinos y ovinos quizá estuvieron relacionados con el tiempo de incubación, que posiblemente no fue suficiente para que el ataque por parte de la microflora cecal del cuy sea mayor sobre el sustrato.

**Tabla 11. Porcentaje de degradabilidad *In situ* de la Celulosa de Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), aubade (*Lolium sp*) y alfalfa (*Medicago sativa*) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**

Tratamiento	Hora			
	0	12	24	48
<b>Kikuyo</b>	5,703 <sup>A</sup>	6,39 <sup>A</sup>	18,594 <sup>A</sup>	39,762 <sup>B</sup>
<b>Aubade</b>	5,16 <sup>A</sup>	6,424 <sup>A</sup>	17,184 <sup>A</sup>	46,448 <sup>A</sup>
<b>Alfalfa</b>	5,703 <sup>A</sup>	8,408 <sup>A</sup>	19,876 <sup>A</sup>	31,784 <sup>C</sup>

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ )

La prueba de Tukey señaló que a las 48 horas de incubación el tratamiento con mayor coeficiente de degradabilidad fue el aubade con 46.44% seguido del kikuyo con 39.76%. El menor porcentaje se observó en la alfalfa con 31.78%. De esta manera, el tratamiento aubade superó a kikuyo en un 14.38% y a alfalfa en un 31.56%.

La uniformidad en la degradabilidad descrita por los tres tratamientos analizados a los tres tiempos iniciales de incubación permite inferir que la celulosa es atacada lentamente por los microorganismos cecales y solo se observan diferencias hacia

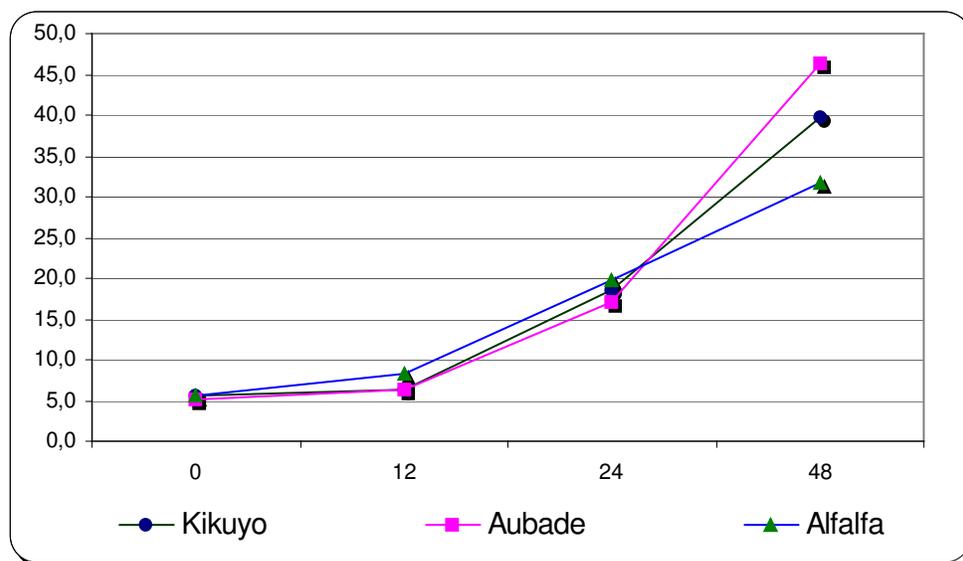
<sup>61</sup> CARMONA, PRIXILA. y MARTINEZ, LUCIA. Potencial forrajero del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En: Memorias del seminario de Zootecnia. Medellín, Colombia, Universidad Nacional, Facultad de ciencias agropecuarias, 1988, p. 65.

los tiempos avanzados de incubación (hora 48), tiempo en el cual las diferencias entre los tres tratamientos se hacen evidentes.

Así mismo, las diferencias encontradas a favor de aubade, permiten inferir sobre la menor digestibilidad de la fibra del pasto kikuyo; efecto debido posiblemente a que este pasto se obtuvo de una pradera sin ningún tipo de manejo ni fertilización. En este sentido, Burgos y Luna<sup>62</sup> argumentan que a pesar de que el cuy es un roedor con una gran capacidad de utilización de la celulosa de los forrajes, su eficiencia no es tan elevada como en los rumiantes. Adicionalmente, la degradabilidad de la celulosa está influenciada en gran medida por su calidad lo cual debe tenerse en cuenta en la alimentación del cuy.

Lo anterior es corroborado por Acosta y Moncayo quienes reportan coeficientes de digestibilidad *In situ* en bovinos del orden de 63.08% en kikuyo cultivado bajo labranza mínima y fertilización orgánico - mineral.

**Figura 28. Curva de degradabilidad *In situ* de la celulosa de Kikuyo, aubade y alfalfa obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**



**6.2.5 Digestibilidad *In situ* de la hemicelulosa.** los coeficientes de degradabilidad para esta fracción se resumen en la Tabla 12 y Figura 29. El análisis de varianza (Anexo E) mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ) a las horas de incubación 24 y 48, los tiempos 0 y 12 presentaron coeficientes de digestibilidad similares estadísticamente entre tratamientos.

<sup>62</sup> BURGOS, Alvaro. y LUNA, Juan. Op. cit., p. 58.

Al realizar la prueba de Tukey se encontraron mayores valores para aubade y alfalfa a las 24 horas con porcentajes de 44.67 y 47.59% respectivamente; en tanto que kikuyo mostró el menor coeficiente (31.056%). Hacia el tiempo final de incubación la tendencia de degradabilidad se mantiene, siendo superiores aubade y alfalfa con porcentajes de 80.32% y 72.82% respectivamente; el kikuyo presentó el menor coeficiente 49.87%.

**Tabla 12. Porcentaje de degradabilidad *In situ* de la Hemicelulosa de Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), aubade (*Lolium sp*) y alfalfa (*Medicago sativa*) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**

Tratamiento	Hora			
	0	12	24	48
<b>Kikuyo</b>	5,5 <sup>A</sup>	15,018 <sup>A</sup>	31,056 <sup>B</sup>	49,87 <sup>B</sup>
<b>Aubade</b>	5,906 <sup>A</sup>	17,888 <sup>A</sup>	44,674 <sup>A</sup>	80,324 <sup>A</sup>
<b>Alfalfa</b>	5,5 <sup>A</sup>	17,042 <sup>A</sup>	47,594 <sup>A</sup>	72,826 <sup>A</sup>

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas (P<0.05)

Es importante destacar que la desaparición *In situ* de la hemicelulosa fue superior a todas las fracciones evaluadas contenidas en la materia seca de los forrajes. La degradabilidad del aubade y alfalfa se encuentran dentro del rango encontrado por Apráez en ensayos *In vivo* en cuyes quien reporta valores entre 72.66% y 81% trabajando con kikuyo.

Resultan también superiores a los reportados por Burgos y Luna quienes mencionan degradabilidades del 58% para raigrás aubade mediante el método *In vivo* aparente.

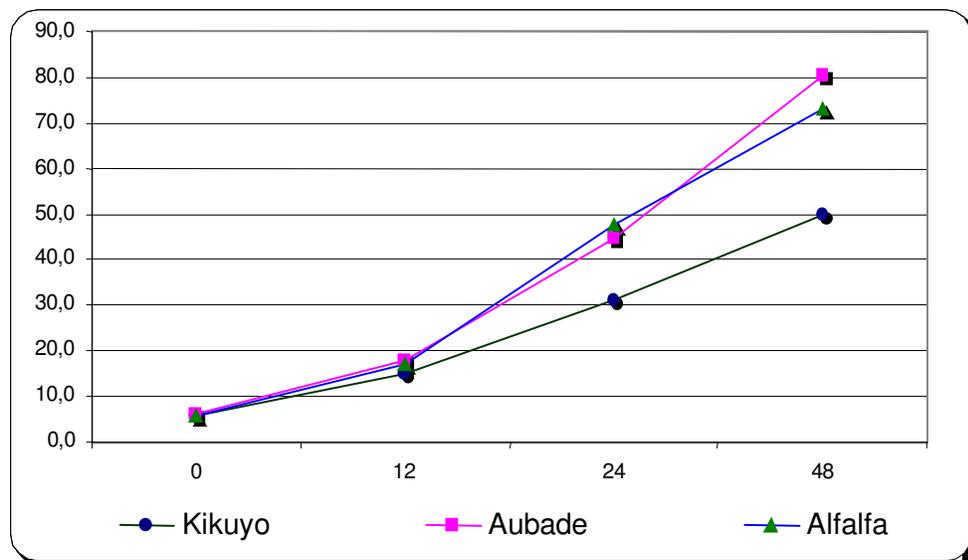
Los resultados obtenidos confirman lo expuesto para las variables FDN y FDA por la estrecha relación que presentan estas fracciones, lo que hace suponer de la existencia de asociaciones lignohemicelulósicas que dificultaron el trabajo microbiano a nivel de ciego del pasto kikuyo, como ya se mencionó anteriormente.

Los bajos coeficientes encontrados en el pasto kikuyo se pueden explicar según Bondi a: "Un desbalance entre energía y proteína ya que la falta de sincronización en la disponibilidad de nitrógeno respecto a la energía es uno de los factores de mayor influencia en la utilización de la fibra por las consecuencias del bajo

crecimiento microbiano y deficiente fermentación de los carbohidratos estructurales que esto causa”<sup>63</sup>.

De acuerdo con lo anterior, se puede afirmar que la procedencia, nivel de fertilización, labores culturales de siembra y mantenimiento, así como la edad de corte de los forrajes ejercen influencia directa en el comportamiento en la utilización a nivel de ciego en el cuy.

**Figura 29. Curva de degradabilidad *In situ* de la hemicelulosa de Kikuyo, aubade y alfalfa obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**



Por otra parte, los resultados dejan entrever la relación estrecha entre la hemicelulosa y la celulosa para el aubade. Sin embargo en, kikuyo no se observó dicha correspondencia a lo cual Bernal se refiere mencionando que: “La disponibilidad de la hemicelulosa puede presentar un comportamiento paralelo al de la celulosa, ya que ambos carbohidratos sufren el mismo proceso de degradación, por lo tanto; las bajas digestibilidades de la hemicelulosa y su no correspondencia con la digestibilidad de la celulosa están en virtud de las características químicas que unen a estos carbohidratos con la lignina”<sup>64</sup>.

**6.2.6 Digestibilidad *In situ* de la lignina.** los resultados se presentan en la Tabla 13 y Figura 30. El análisis de varianza (Anexo F) indicó que los diferentes tratamientos son similares estadísticamente a las 0 y 12 horas de incubación;

<sup>63</sup> Bondi, Op. cit., p. 345.

<sup>64</sup> BERNAL, Javier. Op. cit., p. 95.

mientras que a las 24 y 48 se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

Según la prueba de Tukey a las 24 horas de incubación, la digestibilidad de la alfalfa (26.89%) superó a kikuyo (15.64%) y aubade (17.68%), en tanto que a las 48 horas la mayor degradabilidad correspondió a aubade (47.27%), seguido por kikuyo (36.88%) y el menor valor lo presentó alfalfa (27.0%).

**Tabla 13. Porcentaje de degradabilidad *In situ* de la Lignina de Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), aubade (*Lolium sp*) y alfalfa (*Medicago sativa*) obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**

Tratamiento	Hora			
	0	12	24	48
<b>Kikuyo</b>	4,068 <sup>A</sup>	10,312 <sup>A</sup>	15,644 <sup>B</sup>	36,886 <sup>B</sup>
<b>Aubade</b>	5,348 <sup>A</sup>	8,216 <sup>A</sup>	17,68 <sup>B</sup>	47,27 <sup>A</sup>
<b>Alfalfa</b>	4,068 <sup>A</sup>	6,406 <sup>A</sup>	26,898 <sup>A</sup>	27.0 <sup>C</sup>

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ )

Cabe destacar que al final del periodo de incubación el aubade mostró una desaparición *In situ* superior a alfalfa en un 42.88% y a kikuyo en un 21.98%. El tratamiento alfalfa mostró una tendencia a estabilizarse después del tiempo 24 hasta el final del ensayo.

Los resultados son mayores a los reportados por Burgos y Luna quienes encontraron digestibilidades *In vivo* de 18.96% para aubade y 21.68% para tetralite.

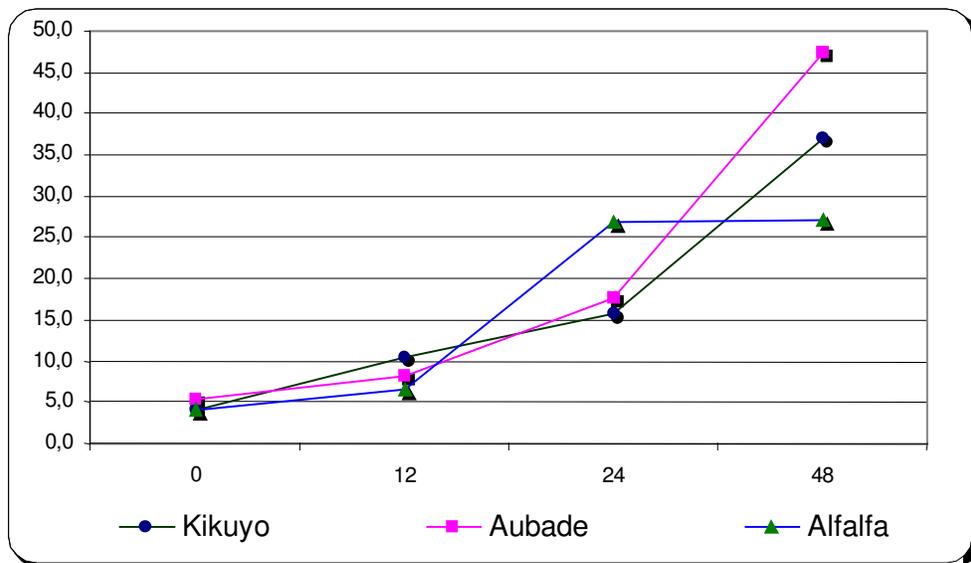
El mayor porcentaje mostrado por aubade quizá obedeció a su menor cantidad contenida en la materia seca, contrario a lo que observaron Burgos y Luna quienes encontraron que se relacionaba un mayor porcentaje de lignina en el forraje con una mayor digestibilidad del mismo, argumentando que el efecto negativo de la lignina en la digestibilidad puede depender no solo de la concentración en el alimento sino de su localización y tipo de asociación con las demás fracciones componentes de la pared celular.

No obstante, los valores de digestibilidad de la lignina fueron inferiores a las demás fracciones analizadas lo cual concuerda con lo afirmado por Bernal quien asevera que: "La lignina es casi indigerible por su resistencia a la descomposición y ataque microbial. Adicionalmente, es la responsable de la digestión incompleta

de la celulosa y hemicelulosa, característica que se constituye como una de las principales limitantes de la digestibilidad de la materia seca de los forrajes<sup>65</sup>.

Bajo las anteriores consideraciones, los valores de degradabilidad aquí reportados pudieron corresponder a que la incubación en el ciego del cuy y por ende la exposición al ataque microbiano pudo haber contribuido a liberar los carbohidratos ligados a la lignina y no necesariamente a una digestibilidad *Per se* de este componente de la pared celular.

**Figura 30. Curva de degradabilidad *In situ* de la lignina de kikuyo, aubade y alfalfa obtenida mediante fistulación cecal en cuyes (*Cavia porcellus*).**



**6.3 Correlaciones entre las diferentes fracciones evaluadas.** para la determinación de esta variable se procesó los datos de coeficientes de digestibilidad obtenidos para las diferentes fracciones en el programa SAS mediante la orden proc corr, por medio de la cual se logro obtener los coeficientes de correlación para la digestibilidad de la materia seca con respecto a la de los componentes de la pared celular. Los resultados se muestran en la Tabla 14.

Se pudo establecer que la digestibilidad *In situ* de la materia seca se encuentra relacionada en forma muy estrecha con la degradabilidad de las fracciones componentes de la pared celular, ya que para todas estas se encontraron coeficientes de correlación altos y altamente significativos ( $P < 0.01$ ). Lo anterior se puede explicar debido a que los carbohidratos estructurales se encuentran haciendo parte de la composición global expresada como materia seca. Así mismo

<sup>65</sup> BERNAL, Javier. Op. cit., p. 58.

el comportamiento de la desaparición *In situ* de dichos carbohidratos resulta mayor a medida que incrementa la degradabilidad de la materia seca lo cual se entiende como una consecuencia lógica de estos procesos.

**Tabla 14. Coeficientes de correlación para digestibilidad *In situ* de la materia seca Vs componentes de la pared celular.**

	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>Celulosa</b>	<b>Hemicelulosa</b>	<b>Lignina</b>
<b>Materia seca</b>	0.8542**	0.8424**	0.8230**	0.9289**	0.7747**

\*\* Altamente significativo (P<0.01)

Los resultados permiten inferir que la determinación de la degradabilidad de los forrajes mediante la técnica *In situ* en cuyes para el caso de la presente investigación, arrojó resultados acordes a los esperados, con tendencias y comportamientos similares a los descritos mediante otros métodos e inclusive en otras especies animales tal es el caso de la técnica *In vivo* en cuyes, *In situ* en bovinos y ovinos e *In vitro*.

De otra parte, es necesario aclarar que los valores encontrados en este trabajo en contraste con aquellos determinados mediante el método *In vivo* aparente fueron menores para el pasto kikuyo y mayores para aubade y alfalfa aunque en ambos métodos se observó una tendencia afín en la degradabilidad de los componentes de la pared celular.

Respecto a lo anterior es posible afirmar que el comportamiento observado en los pastos aubade y alfalfa, se debió a que en la técnica *In situ* se fija la hora de incubación máxima pero no se tiene en cuenta que una causa probable en la disminución de la digestibilidad de la fibra se debe posiblemente a un aumento en la velocidad de paso que se da normalmente cuando se suministra raciones de piensos voluminosos con altos niveles de fibra en su composición (Tabla 15).

Así mismo los menores valores de degradabilidad ostentados por kikuyo quizá obedecieron a que este se obtuvo de una pradera a la cual no se le realizó ningún tipo de manejo, sin embargo la pertinencia de su inclusión en la presente investigación se valida teniendo en cuenta la necesidad de evaluar diferentes tipos de sustrato y el comportamiento de la microflora cecal del cuy ante estos.

**Tabla 15. Valores de digestibilidad *In vivo* vs *In situ* para materia seca de los forrajes de Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), aubade (*Lolium sp*) y alfalfa (*Medicago sativa*)**

in vivo	in situ
<b>Kikuyo<sup>/1</sup></b>	
67.18	53.78
68.95	48.71
66.58	56.17
67.07	37.34
65.59	49
<b>Aubade<sup>/2</sup></b>	
66.7	84.12
60.29	71.46
63.2	83.81
62.5	57.41
63.5	76.15
<b>Alfalfa<sup>/3</sup></b>	
60.48	72.46
57.64	66.54
61.11	65.61
59.61	73.5
60.4	60.81

Fuente: <sup>/1</sup> Apraez (2002)

<sup>/2</sup> Burgos y Luna (1986)

<sup>/3</sup> Diannelis, Ismael y Ciro(1995)

La prueba de correlación para los métodos *In situ* e *In vivo* corroboran las anteriores afirmaciones (Tabla 15) ya que la confrontación de los resultados obtenidos de los tres forrajes evaluados en esta investigación con aquellos encontrados mediante la técnica *In vivo*, mostraron correlaciones bajas y no significativas.

**Tabla 15. Coeficientes de correlación para digestibilidad *In situ* Vs *In vivo***

Forraje	Coeficiente de correlación método <i>In situ</i> Vs <i>In vivo</i>
<b>Kikuyo</b>	0.0996 NS
<b>Aubade</b>	0.5700 NS
<b>Alfalfa</b>	0.0190 NS

NS : no significativo

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

El proceso de fistulación conlleva a un periodo post operatorio traumático que se refleja en un bajo consumo de alimento y por ende bajas de peso, que se normalizó en forma paulatina.

Las cánulas de foley se adaptaron muy bien a sus respectivas fístulas. Sin embargo, se presentaron procesos de necrosis de tejido en el borde de la fístula que permiten el escape del contenido cecal, efecto que se superó mediante la colocación de puntos correctivos.

Aunque los valores de degradabilidad *In situ* de la fibra obtenida mediante la técnica de fistulación cecal en cuyes fueron menores a los reportados en otros estudios, el comportamiento de la desaparición de las diferentes fracciones en el periodo de incubación permiten inferir la validez de la aplicación de esta técnica en la valoración nutritiva de alimentos.

La obtención de resultados satisfactorios en la digestibilidad de los forrajes evaluados constituye un paso importante en el proceso de validación de la técnica de fistulación cecal en cuyes para la valoración nutritiva de forrajes.

### **7.2 RECOMENDACIONES**

Probar diferentes materiales en la elaboración de las cánulas como también diferentes diseños con el propósito de adoptar la opción más adecuada especialmente en lo referente a la tolerancia física del material por parte del animal.

Ajustar la metodología quirúrgica de modo que se logre una mejor sujeción de la cánula a la piel del animal.

Evaluar diferentes materiales y dimensiones de las bolsas de incubación con el objeto de establecer aquellas de mejor adaptación al tipo y tamaño de la cánula y facilidad en el manejo de la muestra.

Medir el impacto que causa la implantación de una fístula a nivel de ciego en cuyes, su efecto en el medio ambiente interno y sus repercusiones en la población microbial.

Realizar valoraciones *In situ* mediante esta técnica en diferentes especies forrajeras cultivadas bajo distintos programas de fertilización, manejo cultural y condiciones edafoclimáticas.

## 9. BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, Wilmer y MONCAYO, Oscar. Valor nutritivo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zona de ladera. Pasto, Colombia. 2002. p. 157. Trabajo de grado (zotecnista). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, Programa de zootecnia.212p

ALIAGA, R. L. Producción de cuyes. Publicación de la UNCT: Huancayo, Universidad del centro del Perú, 1979. 50 p.

APRAEZ, Edmundo. Comportamiento productivo del cuy (*Cavia porcellus*) alimentado con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) obtenido bajo diferentes métodos de atención cultural. La Habana, Cuba. 2002. p. 208. Trabajo de grado (Doctor en ciencias veterinarias). Universidad Agraria de la habana, Facultad de Medicina Veterinaria, Departamento de Producción Animal.

\_\_\_\_\_. El Análisis químico de los alimentos. Pasto – Colombia. Editorial Universitaria. Universidad de Nariño. 1992. 86p.

BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales. Banco ganadero. Bogota.1988. 500p.

BERNAL, Jorge. Pastos y forrajes tropicales. 3a ed. Bogotá: Buda. 1994. 459 p.

BONDI, Aron. Nutrición animal. Zaragoza. España: Acribia. 1988. 564 p.

BOOTHE, Harry. Antisépticos y desinfectantes. Clínicas Veterinarias de norte América. Vol. 2 1998. Pag. 251-267. Mc graw-Hill interamericana.

BURGOS, Álvaro. APRAEZ, Edmundo y CAYCEDO, Alberto. Composición química de pastos y forrajes utilizados en cuyes en clima frío, medio y cálido. En: Revista de investigaciones. Pasto, 1986. 167 p.

CARROLL, G. Analgesics and pain. The Veterinary clinics of north America. Small Animal Practice. Vol. 29 may 1999. Pag. 701-719. W.B. Saunders Company.

CARMONA, Prixila. y MARTINEZ, Lucia. Potencial forrajero del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En: Memorias del seminario de Zootecnia. Medellín, Colombia, Universidad Nacional, Facultad de ciencias agropecuarias, 1988, 80 p.

CAYCEDO, Alberto. Experiencias investigativas en la producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Pasto – Colombia: Universidad de Nariño. 2000. 350p.

CAYCEDO, Alberto, ALMEIDA, Álvaro y CORDOBA, Susana. Digestibilidad aparente de los forrajes kikuyo, vaina de haba ramio y kingras en cuyes tipo carne (*Cavia porcellus*). Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia. 1991. 131 p.

CHAUCA, Lilia. Sistemas de producción de cuyes (*Cavia porcellus*). En: Crianza de cuyes, serie didáctica. INIA. Lima, 1994. 86p.

\_\_\_\_\_. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*), Estudio FAO producción y sanidad animal 138. Perú. (Consulta vía Internet 02/09/04.[www.fao.org/DOCREP/W6562s/w6562s00.htm#](http://www.fao.org/DOCREP/W6562s/w6562s00.htm#)).

\_\_\_\_\_. Producción de cuyes (*Cavia porcellus* L.) y conejos (*Oryctagulus cuniculus*) en el altiplano. 2005 (Consulta vía Internet [http://archive.idrc.ca/library/document/103453/chap28\\_s.html](http://archive.idrc.ca/library/document/103453/chap28_s.html))

CHEEKE, Peter. Alimentación y nutrición del conejo. Zaragoza: Acribia. 1995. 424 p.

CHURCH, D. El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición. México, Acribia, 1996. 456 p.

CHURCH, D. y POND, W. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 6° ed. México: UTEHA. 1988. 515 p.

DIANNELIS, C., ISMAEL, A. y CIRO, D. Efecto de la fertilización en la asociación kikuyo-alfalfa (*Pennisetum clandestinum* -*Medicago sativa*), contenido de proteína y digestibilidad. FONAIAP -MÉRIDA Apto 425. Venezuela. (Consulta via internet). <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/zt1302/texto/fertilizacion.htm>

ESCOBAR, Edison y LOPEZ, Alfonso. Valoración nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cultivado en un sistema de labranza mínima en el levante y engorde de cuyes (*Cavia porcellus*) con dos niveles de suplementación. Pasto, Colombia. 2001. 95 p. trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

FLORES, Luis. y SALAZAR, Geovani. Pasto, Colombia. 1995., 121 p. Tesis de grado (Zootecnista). Universidad de nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de zootecnia.

MEALEY, k y Matthews, N. Drug interactions during anesthesia: General Principles. The Veterinary clinics of north America. Small Animal Practice. Vol. 29 may 1999. Pág. 629-645. W.B. Saunders Company.

- Mc DONALD, P. *Et al.* Nutrición animal. 3ª. Ed. Zaragoza, Acribia, 1986. p.200.
- MAYNARD, Leonard. *Et al.* Nutrición animal. México: Mac Graw Hill. 1981. 640 p.
- ORSKOV, O. Nutrición proteica de los rumiantes. Acribia – España. 1982. 550p.
- PADDLEFORD, R. and Harvey, R. Alpha2 Agonists and antagonists. The Veterinary clinics of north America. Small Animal Practice. Vol. 29 may 1999. Pág. 737-746. W.B. Saunders Company
- PADRON, G. La cecopexia. Fundación Universitaria de las palmas. 2005. (Consulta vía Internet),  
[http://www.fulp.ulpgc.es/index.php?pagina=boletin&ver=verdetallenoticia&codigo\\_nota\\_prensa=259](http://www.fulp.ulpgc.es/index.php?pagina=boletin&ver=verdetallenoticia&codigo_nota_prensa=259)
- ROMERO, Jenny y RUIZ, Yanny. Caracterización anatómica del tracto gastrointestinal del Cuy (*Cavia porcellus*). Pasto, Colombia. 2004. Trabajo de grado (Medico veterinario). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, programa de medicina veterinaria. 207p.
- SAS User's Guide: Statistics. Version 5 Edition. SAS Institute Inc. SAS, Cary, NC. 1985. 220 p.

# ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza para la digestibilidad *In situ* de la materia seca

Fuente	GL	Suma de cuadrados	CM	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	1953.77703333	976.88851667	18.88	0.0001
Réplica	4	486.83690556	121.70922639	2.35	0.0713
Hora	3	20712.04111704	6904.01370568	133.44	0.0001
R-cuadrado	0.923669				
C.V	19.04173				

Anexo B. Análisis de varianza para la digestibilidad *In situ* de la FDN

Fuente	GL	Suma de cuadrados	CM	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	3989.92965926	1994.96482963	77.95	0.0001
Réplica	4	249.35705370	62.33926343	2.44	0.0638
Hora	3	15436.96864593	5145.65621531	201.07	0.0001
R-cuadrado	0.955938				
C.V	19.96945				

Anexo C. Análisis de varianza para la digestibilidad *In situ* de la FDA

Fuente	GL	Suma de cuadrados	CM	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	1887.32629259	943.66314630	54.78	0.0001
Réplica	4	111.02584815	27.75646204	1.61	0.1914
Hora	3	11228.12685481	3742.70895160	217.26	0.0001
R-cuadrado	0.956063				
C.V	21.03556				

Anexo D. Análisis de varianza para la digestibilidad *In situ* de la celulosa

Fuente	GL	Suma de cuadrados	CM	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	64.85101111	32.42550556	6.34	0.0042
Réplica	4	163.42629722	40.85657431	7.99	0.0001
Hora	3	9776.55974611	3258.85324870	637.32	0.0001
R-cuadrado	0.981849				
C.V	11.90566				

Anexo E. Análisis de varianza para la digestibilidad *In situ* de la hemicelulosa

Fuente	GL	Suma de cuadrados	CM	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	1843.69867778	921.84933889	20.71	0.0001
Réplica	4	438.05289722	109.51322431	2.46	0.0618
Hora	3	28369.94483944	9456.64827981	212.42	0.0001
R-cuadrado	0.949977				
C.V	18.53312				

Anexo F. Análisis de varianza para la digestibilidad *In situ* de la lignina

Fuente	GL	Suma de cuadrados	CM	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	169.46205926	84.73102963	3.57	0.0380
Réplica	4	88.76448148	22.19112037	0.93	0.4543
Hora	3	8032.70613037	2677.56871012	112.78	0.0001
R-cuadrado	0.914921				
C.V	25.50003				