AA84535

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

TRAB
IID2005
S6.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

# EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE LA HARINA DE LAS HOJAS DE GRIFO NEGRO (*Macrolobium bicuspidum*), EN LA DIGESTIBILIDAD DE DIFERENTES DIETAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDE.

Trabajo de ascenso

para optar a la categoría de Profesor Agregado

**BEATRIZ ELENA SOLEDAD RODRÍGUEZ**

Caracas, Enero de 2005

# RESUMEN

En este trabajo se evaluó la posibilidad de utilizar las hojas de Grifo Negro (*Macrolobium bicuspidum*) como fuente no convencional de proteínas; esta especie de leguminosa crece en la Cordillera de la Costa entre los 400 y los 800 m de altura, en zonas áridas, lo que la hace muy resistente al clima de la zona costera central de Venezuela. Sus hojas son muy apetecidas por las aves domésticas y su uso para la alimentación de las mismas es relativamente frecuente por los campesinos de la región.

Con el propósito de evaluar la posible utilización de estas hojas como fuentes no convencionales de proteínas, en este trabajo se realizaron los siguientes análisis:

**Análisis Químico**: se determinó la composición química de la Hoja de *Macrolobium bicuspidum* (Humedad, cenizas, proteínas, fibra cruda y extracto etéreo), y se efectuó la determinación cuantitativa de los siguientes minerales: Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio.

**Ensayos Biológicos**: Con la finalidad de evaluar biológicamente las hojas de *Macrolobium bicuspidum*, en este trabajo de investigación se realizó una digestibilidad *in vivo;* para ello se realizaron dos experimentos; en el primero de ellos se utilizaron siete grupos de animales, a los cuales se les suministraron las siguientes formulaciones alimenticias:

**Grupo 1:** se empleó como fuente proteica la proteína de las hojas de Grifo Negro sin añadir Bicarbonato de Sodio

**Grupo 2:** se empleó como fuente proteica la proteína de las hojas de Grifo Negro y se añadió Bicarbonato de Sodio al 1 %.

**Grupo 3:** se empleó como fuente proteica la proteína control y se le sustituyó con hojas de Grifo Negro en un nivel de un 5 %

**Grupo 4:** se empleó como fuente proteica la proteína control y se le sustituyó con hojas de Grifo Negro en un nivel de un 10 %

**Grupo 5:** se empleó como fuente proteica la proteína control y se le sustituyó con hojas de Grifo Negro en un nivel de un 15 %

**Grupo Control:** se preparó el alimento utilizando la caseína como fuente de proteína.

**Grupo Aproteico**: se preparó la formulación del alimento pero no se le añadió proteínas.

En el segundo experimento y de acuerdo a la fórmula alimenticia, se utilizaron tres grupos de animales, a saber:

**Grupo 1:** se empleó alimento comercial como grupo control

**Grupo 2:** se sustituyó el alimento comercial con un 2 % de la harina de las hojas de Grifo Negro.

**Grupo 3:** se sustituyó el alimento comercial con un 4 % de la harina de las hojas de Grifo Negro.

En los diferentes grupos estudiados se evaluó:

Índice de mortalidad, Aumento de peso, Alimento consumido, Cociente de Eficiencia de la Proteína (PER), Utilización Neta de las Proteínas (NPU) (sólo para el experimento 1), Eficiencia Alimentaria (EA) y Conversión Alimentaria (CA).

En el análisis químico de las hojas de Grifo Negro, los resultados obtenidos mostraron que el porcentaje de proteínas en base seca fue de 18.6 %, el contenido de calcio fue la mitad a los requerimientos Diarios de las aves, el magnesio triplicó las necesidades Diarias y el potasio fue ligeramente mayor a lo precisado por estos animales, estos valores hacen que las hojas de *macrolobium bicuspidum* sean atractivas desde el punto de vista nutricional

En la evaluación biológica *in vivo*, se obtuvieron valores de PER de 2,83 para el grupo control, 2,65 para el que tuvo un 2 % de sustitución y 2,43 en el que se sustituyó el alimento comercial con un 4 % de harina de las hojas de Grifo Negro, por lo que aparentemente este forraje podría ser incorporado en pequeñas cantidades como una fuente alterna de proteínas en alimentos para aves.

# AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las siguientes personas:

A José, quien ha estado a mi lado brindándome su apoyo, ayuda y comprensión.

A mis hijos, Beatriz Mariana y Pedro José, por su gran y desinteresada colaboración en todo momento, por tratar de entenderme.

A Mimi, quien siempre ha estado dispuesta a darme una mano en lo que emprendo.

A Daniela, por estar siempre dispuesta a ayudar y a aprender....

A Yarita, por prestarme su apoyo.

A Pascua, por colaborar muchísimo conmigo en la recolección de las hojas.

A Ana y a Carla, por sus apropiados comentarios

A mis compañeros y amigos del laboratorio.... Rodolfo, Rebeka, Carmen, Denisse, Oly, María Eugenia, Nancy, por toda la asistencia y la paciencia que me han prestado.

A Alicia de Dienes, Magali, Cristina....por su colaboración para la realización de los análisis de proteínas.

A todas aquellas personas que me han apoyado y que en estos momentos se escapan de mi mente.....

## *INDICE DE CONTENIDO* *Pág.*

**I. INTRODUCCIÓN** ..... **I-12**

**II. OBJETIVO** ..... **II-18**

II.A. OBJETIVO GENERAL ..... II-18

II.B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... II-18

**III. MARCO TEÓRICO** ..... **III-19**

III.A. ALIMENTACIÓN AVÍCOLA ..... III-19

III.A.1. *Utilización de Bicarbonato de Sodio* ..... *III-21*

III.B. INGREDIENTES UTILIZADOS EN LAS DIETAS ..... III-22

III.B.1. *Almidón de maíz* ..... *III-23*

III.B.2. *Aceite de maíz* ..... *III-23*

III.B.3. *Mezcla de sales minerales y vitaminas* ..... *III-23*

III.B.4. *Caseína* ..... *III-23*

III.B.5. *Harina de hojas de Grifo Negro* ..... *III-23*

III.B.6. *Agua* ..... *III-24*

III.B.7. *Salvado de Trigo* ..... *III-24*

III.B.8. *Bicarbonato de Sodio* ..... *III-24*

III.C. PROCESAMIENTO GENERAL ..... III-25

III.C.1. *Procesamiento de las hojas de Grifo Negro* ..... *III-25*

III.C.2. *Procesamiento del alimento para aves* ..... *III-26*

III.D. ANÁLISIS SENSORIAL ..... III-27

III.D.1. *Fundamentos teóricos.* ..... *III-28*

III.D.2. *Ensayo de Escala Hedónica.* ..... *III-29*

III.E. MÉTODOS PARA ESTIMAR EL VALOR NUTRITIVO DE LAS PROTEÍNAS ..... III-31

III.E.1. *Métodos químicos* ..... *III-31*

III.E.2. *Evaluación biológica* ..... *III-31*

Digestibilidad *in vitro* ..... III-31

Digestibilidad *in vivo* ..... III-32

III.E.2.a.1. Aumento de peso ..... III-35
III.E.2.a.2. Alimento consumido ..... III-35
III.E.2.a.3. Cociente de Eficiencia de la Proteína (PER): ..... III-35
III.E.2.a.4. Utilización Neta de las Proteínas (NPU) ..... III-36
III.E.2.a.5. Eficiencia Alimentaria (EA) ..... III-36
III.E.2.a.6. Conversión Alimentaria (CA) ..... III-36

**IV. MATERIALES Y METODOS ..... IV-38**

IV.A. MATERIALES ..... IV-38

IV.A.1. *Materias primas* ..... *IV-38*

IV.B. DISEÑO EXPERIMENTAL ..... IV-38

IV.B.1. *Estudio del valor nutritivo de las proteínas de las hojas de Macrolobium bicuspidum IV-38*

Análisis químico del Grifo Negro. ..... IV-39
IV.B.1.a.1. Determinación de la humedad ..... IV-39
IV.B.1.a.2. Determinación del contenido de cenizas ..... IV-40
IV.B.1.a.3. Determinación de grasa cruda (extracto etéreo) ..... IV-40
IV.B.1.a.4. Determinación de proteínas ..... IV-40
IV.B.1.a.5. Determinación de fibra cruda ..... IV-41
IV.B.1.a.6. Determinación de carbohidratos ..... IV-41
Determinación de minerales (calcio, magnesio, sodio y potasio) ..... IV-42
Preparación de las formulaciones ..... IV-43
IV.B.1.a.7. Formulaciones preparadas para el experimento Nº 1. ..... IV-43
IV.B.1.a.8. Formulaciones preparadas para el experimento Nº 2. ..... IV-44
Evaluación biológica de las hojas de Grifo Negro (*Macrolobium bicuspidum*) ..... IV-44
IV.B.1.a.9. Experimento Nº 1 ..... IV-45
Composición de la dieta: ..... IV-45
IV.B.1.a.10. Experimento Nº 2: ..... IV-53
Composición de la dieta ..... IV-53

IV.B.2. *Pruebas efectuadas a las formulaciones* ..... *IV-54*

Análisis químico ..... IV-54
Análisis sensorial ..... IV-54
Ensayos biológicos ..... IV-55
Análisis Estadístico ..... IV-55
Experimento 1: ..... IV-55
Experimento 2. ..... IV-59

**V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... V-61**

V.A. EVALUACIÓN DE LA HOJA DE *MACROLOBIUM BICUSPIDUM* ..... V-61

V.A.1. *Análisis químico.* ..... *V-61*

V.A.2. *Contenido de minerales de las hojas de Macrolobium bicuspidum* ..... *V-61*

V.A.3. *Evaluación del alimento foliar de macrolobium bicuspidum* ..... *V-63*

Experimento Nº 1: ..... V-63

V.A.3.a.1. Análisis químico ..... V-63

V.A.3.a.2. Análisis de nitrógeno en las excretas de los pollos ..... V-64

V.A.3.a.3. Análisis sensorial ..... V-66

V.A.3.a.4. Ensayos biológicos: digestibilidad *in vivo* ..... V-67

Tasa de Mortalidad ..... V-69

Crecimiento y Aumento de peso ..... V-70

Cálculo de Eficiencia Alimentaria, Conversión Alimentaria, Coeficiente de Eficiencia Proteica y Utilización Neta de Proteínas. ..... V-75

Experimento N° 2. ..... V-79

V.A.3.a.5. Análisis químico ..... V-79

V.A.3.a.6. Ensayos biológicos: digestibilidad *in vivo* ..... V-79

Tasa de Mortalidad ..... V-80

Crecimiento y Aumento de peso ..... V-81

Cálculo de Eficiencia Alimentaria, Conversión Alimentaria, Coeficiente de Eficiencia Proteica. ..... V-83

**VI. CONCLUSIONES ..... VI-85**

**VII. BIBLIOGRAFÍA ..... VII-86**

**VIII. APENDICE ..... VIII-96**

VIII.A. MODELO DE LA PLANILLA ENTREGADA A LOS JUECES DEGUSTADORES DE LA PRUEBA ORGANOLÉPTICA ..... VIII-96

VIII.B. ANÁLISIS PARA LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES EN LA HOJA DE *MACROLOBIUM BICUSPIDUM* VIII-99

VIII.B.1. *Análisis de humedad* ..... *VIII-99*

VIII.B.2. *Análisis del contenido de cenizas* ..... *VIII-100*

VIII.B.3. *ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE SODIO (Na)* ..... *VIII-101*

VIII.B.4. *ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE POTASIO (k)* ..... *VIII-102*

VIII.B.5. *ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE CALCIO ( Ca)* ..... *VIII-103*

VIII.B.6. *ANALISIS DE LA CONCENTRCION DE MAGNESIO (Mg)* ..... *VIII-104*

VIII.C. CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA ENTRE LAS MEDIAS (ANOVA) DE UN FACTOR VIII-107

VIII.D. FOTOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS QUÍMICOS: ..... VIII-120

VIII.E. VARIACIÓN DE PESOS POR POLLO, MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR POR DIETA, EN LAS DISTINTAS DIETAS ESTUDIADAS ..... VIII-123

VIII.F. GANANCIA O PÉRDIDA DE PESO DE LOS POLLOS POR DIETA ..... VIII-128

VIII.G. CONSUMO DE ALIMENTO DE LOS POLLOS POR DIETA ..... VIII-128

VIII.H. NITRÓGENO EXCRETADO POR GRUPO DE POLLOS ..... VIII-129

VIII.I. EJEMPLO DE CÁLCULO DE ERROR PARA LA VARIACIÓN DE PESOS POR DIETA. VIII-129

## INDICE DE TABLAS

Pág.

TABLA N° 1. COMPOSICIÓN DEL ALIMENTO APROTEICO ..... IV-45

TABLA N° 2. FORMULACIÓN DEL ALIMENTO CONTROL IV -47

TABLA N° 3. FORMULACIÓN DEL ALIMENTO BASADO EN HOJAS DE GRIFO NEGRO ..... IV-48

TABLA N° 4. FORMULACIÓN DEL ALIMENTO BASADO EN HOJAS DE GRIFO NEGRO AÑADIÉNDOLE BICARBONATO DE SODIO AL 1 % ..... IV-48

TABLA N° 5. FORMULACIÓN DE LOS ALIMENTOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA PROTEÍNA UTILIZADA COMO CONTROL ..... IV-49

TABLA N° 6. REQUERIMIENTOS DE MINERALES Y ÁCIDO LINOLEICO DE LOS POLLOS DE ENGORDE ENTRE 0 Y 6 SEMANAS POR KG. DE ALIMENTO. ..... IV-51

TABLA N° 7. REQUERIMIENTOS DE VITAMINAS DE LOS POLLOS DE ENGORDE ENTRE 0 Y 6 SEMANAS POR KG. DE ALIMENTO. ..... IV-52

TABLA N° 8. COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS CON DISTINTOS NIVELES DE SUSTITUCIÓN DEL ALIMENTO COMERCIAL ..... IV-53

TABLA N° 9 . ANÁLISIS DEL ALIMENTO COMERCIAL REPORTADO POR EL FABRICANTE ..... IV-56

TABLA N° 10. COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LA HOJA FRESCA DE ..... V-61

MACROLOBIUM BICUSPIDUM ..... V-61

TABLA N° 11. CONTENIDO DE MINERALES DE LAS HOJAS DE *MACROLOBIUM BICUSPIDUM* ..... V-62

TABLA N° 12. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE HUMEDAD Y PROTEÍNAS EN LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS. ..... V-63

TABLA N° 13 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE NITRÓGENO EN LAS EXCRETAS DE LOS POLLOS ALIMENTADOS CON DIVERSAS DIETAS. ..... V-64

TABLA N° 14. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL EN LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS ..... V-66

TABLA N° 15. VALORES PROMEDIOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS DE LOS GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN. ..... V-68

TABLA N° 16. TASA DE MORTALIDAD EN LOS GRUPOS ESTUDIADOS ..... V-69

TABLA N° 17. VARIACIÓN DE PESO PROMEDIO POR DIETA ..... V-70

TABLA N° 18. PESO TOTAL GANADO O PERDIDO POR CADA GRUPO DE EXPERIMENTACIÓN, CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL, Y CONSUMO DE PROTEÍNA TOTAL ..... V-76

TABLA N° 19. VALORES OBTENIDOS DE EA, CA, PER, PER CORREGIDO, NPU EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN. ..... V-76

TABLA N° 20. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE HUMEDAD Y PROTEÍNAS EN LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL ALIMENTO COMERCIAL CON HARINA DE HOJAS DE GRIFO NEGRO. ..... V-79

TABLA N° 21. VALORES PROMEDIOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS DE LOS GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN. ... V-80

TABLA N° 22. TASA DE MORTALIDAD EN LOS GRUPOS ESTUDIADOS ..... V-80

TABLA N° 23. VARIACIÓN DE PESO PROMEDIO POR DIETA ..... V-81

TABLA N° 24. PESO TOTAL GANADO O PERDIDO POR CADA GRUPO DE EXPERIMENTACIÓN, EL CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL, Y CONSUMO DE PROTEÍNA TOTAL ..... V-83

TABLA N° 25. VALORES OBTENIDOS DE EA, CA, Y PER EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN. V-84

## *INDICE DE FIGURAS*

***Pág.***

FIGURA N° 1. PLANTA (1.A, 1.B) LEGUMBRE CON SEMILLAS 1.C Y RECOLECCIÓN DE LAS HOJAS (1.C, 1.D) DE GRIFO NEGRO (*MACROLOBIUM BICUSPIDUM*). ..... I-13
FIGURA N° 2. ESQUEMA GENERAL DEL PROCESAMIENTO DE LA HARINA DE GRIFO NEGRO. ..... III-25
FIGURA N ° 3. ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL ALIMENTO BAJO ESTUDIO ..... III-26
FIGURA N° 4 . PREPARACIÓN DEL ALIMENTO PASO A PASO ..... IV-43
FIGURA N° 5. PRESECADO DE LAS HOJAS AL AIRE ..... IV-44
FIGURA N° 6. SECADO DE LAS HOJAS Y PREPARACIÓN DE LA HARINA DE GRIFO NEGRO ..... IV-45
FIGURA N° 7. ALIMENTO APROTEICO ..... IV-46
FIGURA N° 8. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CASEÍNA ..... IV-46
FIGURA N° 9. ALIMENTO CONTROL ..... IV-47
FIGURA N° 10. ALIMENTO A BASE DE HOJAS DE GRIFO NEGRO CON Y SIN BICARBONATO DE SODIO ..... IV-49
FIGURA N° 11. ALIMENTOS PREPARADOS CON SUSTITUCIÓN DE LA PROTEÍNA CONTROL POR LA HARINA DE HOJAS DE GRIFO NEGRO. ..... IV-50
FIGURA N° 12. ALIMENTOS PREPARADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL ALIMENTO COMERCIAL ..... IV-54
FIGURA N° 13. ALIMENTO COMERCIAL ..... IV-57
FIGURA N° 14. JAULAS CONTENIENDO DOS Y UN POLLO ..... IV-57
FIGURA N° 15. PESADO DE UN POLLO ..... IV-58
FIGURA N° 16. EXCRETAS DE LOS DISTINTOS GRUPOS ESTUDIADOS ..... V-65
*FIGURA N° 17 . ESTUFA WTB BINDER* ..... VIII-120
*FIGURA N° 18 . MUFLA FELISA* ..... VIII-120
*FIGURA N° 19 . EXTRACTOR DE GRASAS LABCONCO* ..... VIII-120
*FIGURA N° 20. UNIDAD DE DIGESTIÓN DE PROTEÍNAS* ..... VIII-121
*FIGURA N° 21 . UNIDAD DE DESTILACIÓN DE PROTEÍNAS BUCHI 315* ..... VIII-121
*FIGURA N° 22 . ANALIZADOR DE FIBRA CRUDA LABCONCO* ..... VIII-121

## *INDICE DE GRAFICAS* *Pág.*

GRÁFICA Nº 1. VARIACIÓN DE PESO EN LOS POLLOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS APROTEICA, CASEÍNA, GRIFO NEGRO Y GRIFO MAS BICARBONATO DE SODIO AL 1 % EN PESO. ..... V-71

GRÁFICA Nº 2. AUMENTO DE PESO EN LOS POLLOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS CON SUSTITUCIÓN DE LA CASEÍNA CON 5 %, 10 % Y 15 % DE HOJAS DE GRIFO NEGRO. ..... V-73

GRÁFICA Nº 3. AUMENTO DE PESO EN LOS POLLOS ALIMENTADOS CON LAS DIFERENTES DIETAS BAJO ESTUDIO. ... V-82

alimento, sobreviniendo la muerte de los mismos por falta de ingestión; debido a esto se consideraron necesarias nuevas investigaciones *in vivo* para evaluar su utilización como fuente no convencional de proteínas en estas aves.

El interés en la búsqueda de fuentes alternas de alimentos se debe a que al igual que todo organismo viviente, el ser humano necesita alimentos que le proporcionen energía y nutrientes necesarios para mantener vivos sus tejidos y realizar todas sus funciones corporales, debido a esta necesidad, el hombre ha buscado la manera de asegurar su sustento creando y desarrollando la agricultura y la cría de animales, comprometiéndose implícitamente a suministrarle a los animales domésticos y de manera eficiente, alimentos de adecuado valor nutritivo (Dale y Schutza, 1993); se estima que cada persona requiere aproximadamente 0.9 gramos de proteínas por kilogramo de su peso corporal por día, éstas proteínas están formadas por componentes más pequeños denominados aminoácidos. Se conocen alrededor de 20 aminoácidos, muchos de los cuales pueden sintetizarse en el organismo a partir de materiales más sencillos suministrados por los alimentos, sin embargo hay 8 aminoácidos que no pueden ser sintetizados por el organismo y deben ser ingeridos a partir de vegetales o animales, estos aminoácidos son conocidos como aminoácidos esenciales. Es por ello que no sólo la cantidad de proteínas es importante sino también es necesario que esa proteína tenga alta calidad biológica. (Brownsell, Griffith y Jones, 1993)

En general el alimento de origen animal contiene un mayor equilibrio de proteínas para los seres humanos que el alimento de origen vegetal, considerándose por ello a los animales como fábricas de proteínas cuya materia prima es el alimento vegetal.

Normalmente, las hojas de los vegetales no son utilizadas por el hombre como fuente de proteína, debido a su elevado contenido en celulosa, que las hace indigeribles para él. Las proteínas foliares no son asimilables por estar en gran parte asociadas a la fibra celulósica, para poder asimilar proteínas de origen vegetal es necesario ingerir otras partes de la planta menos ricas en celulosa, como son por ejemplo los frutos, los tubérculos etc.

La demanda por alimentos concentrados y materias primas para su fabricación se incrementa permanentemente como resultado de la creciente demanda por productos cárnicos, huevos y leche, en la mayoría de las regiones en desarrollo. La agricultura en estas zonas

difícilmente contribuye a superar el déficit de fuentes energéticas y proteicas que puedan competir con los cereales importados para la elaboración de los alimentos requeridos. (Buitrago, Gil y Ospina, 2001)

En Latinoamérica la producción de carne proviene principalmente del ganado vacuno en condiciones de pastoreo extensivo; esto ha causado un gran deterioro ambiental debido a la tala de bosques para el establecimiento de potreros, la erosión y las emisiones de gas metano, entre otros.

En muchos otros países del mundo, los cerdos y las aves tienen prevalencia debido a que son mucho más eficientes en la utilización de los alimentos, su tasa reproductiva es mayor, su crecimiento es mucho más rápido, se manejan más fácilmente en explotaciones intensivas y tienen buena aceptabilidad para el consumo. En los países templados se han desarrollado tecnologías para la producción de estos animales con razas mejoradas, dietas basadas en granos y cereales, construcciones sofisticadas, todo con una alta inversión de capital.

En los países tercermundistas, los programas de desarrollo para la producción de alimentos se han basado mayoritariamente en dicha tecnología importada, sin contemplar que no es apropiada para las condiciones del trópico y que solo aumentan la dependencia. Ejemplo de esto es que en los países tropicales no se alcanza a producir la cantidad de granos y cereales necesarios para la alimentación humana, por lo tanto no se debe depender de estos también para la producción de animales, contrario a lo que sucede en los países templados que tienen excedentes de los mismos, No obstante, en contrapartida, Venezuela tiene un alto potencial para producir grandes cantidades de otras fuentes de energía que, suministradas y suplementadas adecuadamente, podrían mantener las industrias avícola y porcina de manera eficiente y rentable.

En el trópico las tecnologías alternativas para la producción animal vienen cobrando cada vez más importancia, debido a que las importadas se hacen insostenibles. Países como Cuba, República Dominicana, México, Vietnam, Tanzania y Colombia, entre otros, en alguna medida se han preocupado por el diseño y aplicación de tecnologías para la producción de alimentos con los recursos disponibles.

La búsqueda de sustitutos de los cereales para conformar el componente energético ha permitido definir que el arroz, la harina de raíz de yuca, productos y subproductos de la caña, son excelentes fuentes energéticas para aves y con ellos se pueden sustituir parcial y/o totalmente los granos de los cereales (maíz, trigo, sorgo) en las raciones.

Con relación al componente proteico, los avances han sido lentos y limitados. Sin embargo, ya existe el convencimiento entre muchos investigadores de que hay vías para lograr la sustitución de la harina de soya importada en las raciones para aves, siendo una de ellas la utilización de las proteínas foliares.

Se han realizado en los últimos años numerosos estudios utilizando fuentes no convencionales de proteínas tales como el, *Ceratonia Siligua* (Algarrobo) (Avallone, Plessi, Baraldi y Monzani, 1997), Insectos (Ramos, Pino, Escamilla, Alvarado, Lagunez, Ladrón de Guevara, 1997), *Musa paradisíaca* (Plátano) (Herrera y Rosas Romero, 1990), *GliriciDia sepium* (mata ratón) (Chacón, Acosta y Monsalve, 1994; Vasquez, 1994), *Pisum sativun* (Arveja ) (Domínguez y Rosas Romero, 1984), *Eichiconia crassipes* (Bora) (Dale y Schutza, 1993), *Manihot esculenta* (Yuca) (Montilla, et al, 1985; Rosas Romero y Baratta, 1983), paja de arroz (Godoy y Chico, 1997), *Leucaena leucocephala* (García de H, Sánchez, Colmenares, Monsalve y Sierralta, 1994) *Pistia stratiotes* (repollito de agua) (Rodríguez y Palma 2000), *Vigna raDiata* (frijol verde) (Pambil, 2003), *Ipomea batata* (Batata) (Acurero et al, 1992), Naceder*o* *Trichanthera gigantea* (Sarría, 1994), *Glyricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* (Agbede, y Aletor, 2004), Girasol (Valeria, Furuya, Furuya, Hayashi y Soares, 2000), Sorgo granífero *(sorghum bicolor* (L) moench) (Jaramillo, Peña, Angulo, León, y Obispo, 1993), Marango *(Moringa oleifera)* (Fuglice, 2000), siete plantas acuáticas (Carranco et al., 2002), *Boscia senegalensis* (Dilo) (Taehee et al., 1997), para la preparación de alimentos para animales dando resultados alentadores para ser usados en la nutrición animal.

Las plantas verdes representan el potencial más económico y abundante para ser utilizadas como fuentes de proteína al sintetizar aminoácidos mediante la fotosíntesis a partir de elementos primarios disponibles en cuantía casi ilimitada: energía solar, dióxido de carbono, agua y nitrógeno (atmosférico en el caso de las leguminosas y otras plantas). Los aminoácidos

así sintetizados, son polimerizados en una forma más estable (proteínas) las cuales son almacenadas en las hojas (Oke, 1973).

En los organismos vivientes las proteínas son el segundo componente más abundante después del agua, y aportan los componentes nutricionales necesarios para el mantenimiento y formación del tejido muscular, los órganos internos, la formación de hormonas y un sin fin de otras funciones.

En el estudio de diversas plantas a ser evaluadas como fuente nutritiva para la alimentación animal, se ha trabajado con diversos tipos de animales, encontrándose que los pollos han sido utilizados en numerosos trabajos de investigación (Chacón, Acosta y Monsalve, 1994; Domínguez, y Rosas Romero, 1984; Vásquez, 1994, Montilla, et al, 1985; Aldana, 1996; Cerrate y Gómez, 2002).

# II. OBJETIVO

## II.A. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de la harina de las hojas de grifo negro *(macrolobium bicuspidum)*, en la digestibilidad de diferentes dietas para la alimentación de pollos de engorde.

## II.B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.-Evaluar la digestibilidad de tres dietas para aves con sustitución parcial de la proteína de la dieta control con 5 %, 10% y 15% de harina de hojas de Grifo Negro, con en alimento utilizado como control a base de caseína.

2.- Evaluar la digestibilidad de una dieta conteniendo solo como fuente de proteínas harina de hojas de Grifo Negro, con una preparada de la misma forma pero a la que se le añadió Bicarbonato de Sodio al 1 %.

3.- Evaluar y comparar la digestibilidad de dos dietas con sustitución parcial del alimento comercial con 2 % y 4 % de harina de hojas de Grifo Negro, con el alimento comercial utilizado como control.

# III. MARCO TEÓRICO

Los alimentos son sustancias de naturaleza compleja que contienen los elementos necesarios para el mantenimiento de las funciones vitales por el organismo. En la actualidad, se reconocen en los alimentos más de cuarenta constituyentes esenciales, entre los que se encuentran los hidratos de carbono, los lípidos, las proteínas, los minerales, las vitaminas y el agua.( Brownsell, V, Griffith, J, Jones, E, 1993)

En este contexto, la dieta adecuada es aquella que contiene cantidades apropiadas de todos los nutrientes para cubrir las necesidades vitales y mantener la salud de una persona o colectividad.

## III.A. ALIMENTACIÓN AVÍCOLA

El alto potencial de la avicultura para la producción de proteína animal hace que la cría de aves sea interesante desde el punto de vista industrial.

Los volúmenes más importantes de carne y huevos se logran a partir de tecnologías altamente intensivas con grandes consumos de cereales. Sin embargo, los países tropicales no cuentan con producciones de cereales con que sostener la avicultura lo que ocasiona por una parte, la imposibilidad de satisfacer las necesidades crecientes de la población y por otra parte, una dependencia sobre alimentos y tecnologías importadas. Esta situación se hace cada dia más insostenible.

Lograr una base alimentaria adecuada a las posibilidades y recursos de los países tropicales es una necesidad para el desarrollo de una avicultura autóctona.

Al hacer referencia al pollo criollo, se habla de las aves que son propias del lugar y que para su supervivencia han desarrollado características específicas. Dentro del patrimonio del campesino, las aves constituyen un rubro especial, aunque no sean económicamente productivas.

Generalmente, los campesinos no proporcionan a las aves instalaciones adecuadas, sino que éstas se adaptan a las instalaciones del campesino. Las aves son muy rústicas, obtienen su propio alimento y empollan muy frecuentemente. La gallina criolla es un ave que está sujeta a mejoramiento con el fin de optimizar sus rendimientos productivos en huevos y carne.

Según Franco y Franco (1989) el mejoramiento de la gallina criolla debe radicar en tres aspectos:

Promover infraestructura adecuada

Mejorar aspectos reproductivos genéticos

Mejorar su alimentación

Durante los dos últimos siglos se han desarrollado más de 300 variedades de razas puras de pollos. De éstas, son pocas las que han sobrevivido comercialmente en la industria avícola para ser utilizadas por los criadores en la actualidad. Muchas de las primeras razas sólo se conservan con propósitos de exposición.

La industria avícola comercial ha vendido a sus productores razas puras o variedades de las mismas. Las prácticas de cría en un comienzo estaban limitadas a mejorar el potencial económico de estas razas puras; sin embargo, gradualmente se fueron cruzando dos o más razas para mejorar la productividad. Por último y de manera especial, en el caso de aves criadas para la producción de carne, se desarrollaron nuevas razas sintéticas.

En el libro, Aves de Corral, 1983, se destaca que las principales razas productoras de carne son la Orpington, la Australop de origen inglés y la Brahaman de origen asiático. Las razas productoras de carne modernas son híbridos de las razas anteriores. Las aves productoras de carne ponen pocos huevos. Los pollos crecen rápidamente y empluman pronto. Los mejores híbridos para productores de carne son los de color blanco. Los machos adultos pueden pesar hasta 5,0 Kg. y las hembras adultas hasta 4,5 Kg.

En cuanto a la alimentación de las aves de corral, ésta ha cambiado más que la alimentación de cualquier otra especie de animales domésticos. En un principio, la avicultura fue estrictamente una empresa doméstica; las gallinas cluecas incubaban los huevos y criaban sus pollitos y el alimento era las sobras de la comida familiar y el grano excedente. Hoy, la vasta mayoría de aves de corral se produce en grandes unidades donde prevalece la ciencia y la tecnología. La producción en confinamiento es más común y se formulan raciones de acuerdo a

lo que en el lugar se pueda conseguir de materia prima (Esminger, 1976; Nacional Research Council, 1975).

Un concepto muy importante en la producción de las aves es la energía. Ésta proporciona el calor necesario para la realización del trabajo y se encuentra en proporciones variables en todos los granos de cereales. Las fuentes más ricas en energía son las grasas y los aceites. Los principales cereales que suministran energía son el maíz (*Zea mais*), el sorgo (*Sorghum vulgare*) y el salvado de trigo (*Triticum vulgare*).

Al hablar de los alimentos que dan energía a las aves, es importante considerar las proteínas. Éstas son constituyentes esenciales de los músculos, la sangre y las plumas. Son sustancias sumamente complejas, formadas por aminoácidos. En proporciones adecuadas, los aminoácidos son utilizados por las aves para formar las proteínas de los músculos, los huevos, o las plumas. El exceso de proteína se descompone, una parte se emplea para producir energía y el excedente se excreta en las heces.

Otros nutrientes importantes en la alimentación de las aves son las vitaminas. Éstas se necesitan en cantidades muy pequeñas en comparación con las cantidades que se necesitan de otros nutrientes básicos.

Por otro lado, los minerales desempeñan un papel muy importante en la nutrición de las aves. Son esenciales para sostener los procesos del organismo. El esqueleto de las aves está formado principalmente por calcio y fósforo; el potasio se encuentra principalmente en los músculos; el hierro en la sangre y el yodo en la glándula tiroides.

### III.A.1. *Utilización de Bicarbonato de Sodio*

El Bicarbonato de Sodio es un ingrediente con potencial beneficio en la alimentación de pollos de carne debido a su efecto sobre el balance electrolítico y adicionalmente por mejorar la digestibilidad proteica.

En la mayoría de las dietas el balance electrolítico (BE) no llega a alcanzar los valores deseados para optimizar la producción, por ello, para prevenir un desbalance de electrolitos debería considerarse este tema en la formulación de alimentos.

Un insumo útil para restablecer un balance electrolítico inapropiado es el Bicarbonato de Sodio, ya que su aporte de sodio mejora dicho balance y además aporta el ion bicarbonato que contribuye al desarrollo del sistema que prevenga de cuadros de acidosis metabólica en los animales. Las aves en condiciones termoneutrales requieren para una adecuada producción, un BE similar a 250 mEq/kg. y en condiciones de estrés por calor requieren un BE similar a 300 mEq/kg (Cerrate y Gómez, 2002; Cockshott, 2004).

Los primeros estudios sobre los efectos del equilibrio electrolítico de la ración sobre los rendimientos fueron realizados con aves en los años 70 (Sauveur y Mongin, 1978) los cuales encontraron una respuesta curvilínea de la velocidad de crecimiento cuando el BE aumentaba, siendo el crecimiento máximo para un BE de alrededor de 250 mEq/kg.

Estos mismos autores también demostraron la existencia de una relación estrecha entre la acidosis metabólica, caracterizada por un bajo contenido de $HCO_3^-$ en el plasma, y la mayor frecuencia de discondroplasia tibial

La utilización del bicarbonato sódico es un buen medio de aumentar el BE modificando la relación Na / Cl. (Angulo, 1991)

Se puede asumir que el BE aumenta 60 mEq/Kg. por cada 0,5% de incorporación de Bicarbonato de Sodio en la dieta (Meschy, 1998)

Con la finalidad de evaluar de forma integral la proteína de las hojas de Grifo Negro, se prepararán dos alimentos con el vegetal bajo estudio; uno incorporando la harina de las hojas de Grifo Negro al alimento como fuente proteica, y otro, además de utilizar la harina bajo estudio e incorporándosele un 1 % en peso de Bicarbonato de Sodio, con el fin de evitar la acidosis metabólica que pudiese presentarse en los animales monogástricos bajo estudio y que pudieran alterar los resultados obtenidos en el estudio biológico.

## III.B. INGREDIENTES UTILIZADOS EN LAS DIETAS

Los ingredientes básicos utilizados en los diferentes tipos de alimentos que servirán como base para el estudio biológico son los siguientes:

### III.B.1. *Almidón de maíz*

El almidón esta constituido por dos polisacáridos diferentes, la amilosa y la amilopectina, ambos basados en la glucosa. Esta glucosa es utilizada para la producción de energía en los seres vivientes, en el momento en que ésta sea requerida.

Aunado a esto, el almidón de maíz le da al alimento suavidad y cuerpo, así como ayuda a moldearlo.

### III.B.2. *Aceite de maíz*

Constituye la fracción lipídica del alimento para las aves en estudio. Al ser añadidos a la dieta proporciona ácidos grasos esenciales para la estructura y función celular. Su inclusión en el alimento sirve para darle suavidad y maleabilidad.

### III.B.3. *Mezcla de sales minerales y vitaminas*

La mezcla de sales minerales y vitaminas, aporta estos nutrientes tan importantes para el adecuado funcionamiento del organismo.

### III.B.4. *Caseína*

Constituye la fracción proteica del alimento para las aves en estudio. Al ser añadida en la dieta control, aporta los requerimientos proteicos para el adecuado crecimiento del animal.

### III.B.5. *Harina de hojas de Grifo Negro*

La harina de hojas de Grifo Negro, es el objeto bajo estudio, al comparar distintos alimentos complementados con ella con el que contiene caseína y con el de la dieta aproteica, se podrá tener datos confiables para la adecuada evaluación biológica de las hojas de la planta. Por otra parte se utilizará para evaluar distintos porcentajes de incorporación de este forraje en alimentos comerciales.

### III.B.6. *Agua*

El agua no es sólo un diluente o constituyente inerte; afecta el aspecto del producto acabado y es necesario añadirla en las proporciones adecuadas para que la pasta formada, se adapte al método de procesamiento. Si la mezcla está muy húmeda o mojada, ésta se pegará al equipo y dará problemas a la hora de darle forma, si está muy seca, no se moldeará de la manera adecuada.

### III.B.7. *Salvado de Trigo*

Constituye la fracción de fibra del alimento para las aves. Al ser añadida en la dieta control, aportará los requerimientos necesarios para el adecuado crecimiento del animal.

### III.B.8. *Bicarbonato de Sodio*

Tal como se explicó previamente, el Bicarbonato de Sodio es un ingrediente con potencial beneficio en la alimentación de pollos debido a su efecto sobre el balance electrolítico y adicionalmente por mejorar la digestibilidad proteica.

## III.C. PROCESAMIENTO GENERAL

### III.C.1. *Procesamiento de las hojas de Grifo Negro*

El procesamiento de las hojas de Grifo Negro para elaborar la harina con la cual se preparará el alimento bajo estudio se presenta a continuación (ver Figura 2):

Recolección de las hojas frescas

Secado de las hojas extendiéndolas primero y secándolas al aire y luego en estufa a una temperatura de 45° ± 1 °C.

Molienda de las hojas

Empacado

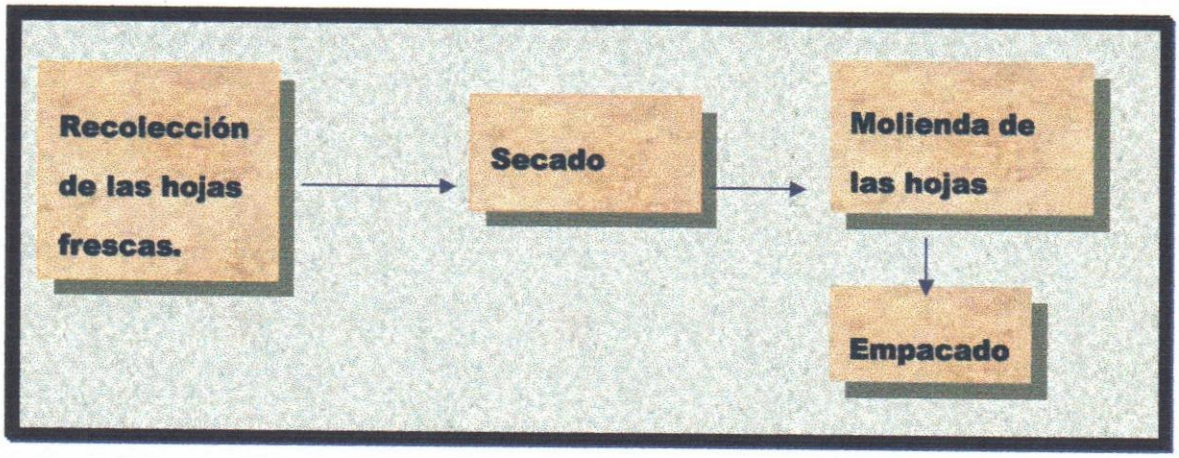



**Figura Nº 2. Esquema general del procesamiento de la harina de Grifo Negro.**

### III.C.2.*Procesamiento del alimento para aves*

El proceso productivo de los alimentos consta de las siguientes partes (ver figura 3):

Pesado de los ingredientes

Mezclado hasta completa homogeneización

Secado

Molido

Empacado

Una vez que el alimento estuvo preparado, éste se introdujo en bolsas plásticas conteniendo entre 400 y 500 gramos, se cerraron, y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su uso.

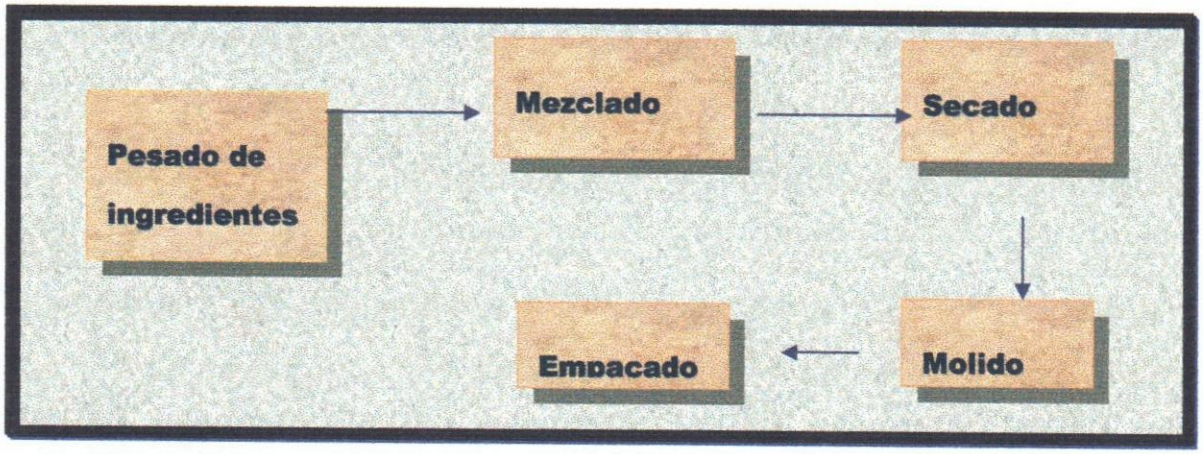



**Figura N ° 3. Esquema general del proceso productivo del alimento bajo estudio**

## III.D. ANÁLISIS SENSORIAL

La alimentación es una parte fundamental de la interacción del individuo con el entorno que lo rodea, y los sentidos controlan cómo se lleva a cabo esta interacción. En la apreciación de un alimento, los llamados sentidos "químicos" como el olfato y el gusto suelen ser determinantes en una valoración subjetiva del alimento, mientras que los "físicos", vista, oído y tacto, más importantes en la vida rutinaria, juegan un papel secundario. A posteriori, aroma y sabor definirán la elección futura del consumidor. La aceptación intrínseca de un alimento es la consecuencia de la reacción del consumidor ante las propiedades físicas, químicas y texturales del mismo. De hecho, una de las múltiples definiciones de análisis sensorial obedece al examen de las propiedades organolépticas de un producto por los órganos de los sentidos, es decir, el conjunto de técnicas que permiten percibir, identificar y apreciar un cierto número de propiedades características de los alimentos. Existen ciertas cualidades sensoriales que se perciben por medio de un único sentido, es el caso del color y la vista, pero otras muchas son detectadas por dos o más sentidos, de forma secuencial o prácticamente simultánea. (Sangronis, y Cabedo, 1991; Stampanoni, 1994; Axel, 1995; Anzaldúa, 1994).

En los animales, se evalúa la aceptabilidad de un alimento utilizando las pruebas de palatabilidad, en estas se somete al grupo de animales a dos o más dietas, se le ofrece el alimento *ad libitum*, y se mide el consumo de los alimentos por el animal, aquellos alimentos que tuvieron mayor consumo poseen mayor palatabilidad o mayor grado de aceptación entre los animales. (Benneker y Vargas, 1994; Rosthoj y Branda de Paredes, 2001; Mazorra, 2002).

Mattos, Chauca, San Martín, Carcelén, y Arbaiza (2003), en un trabajo de investigación sobre el uso del ensilado biológico de pescado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus)*, hicieron una prueba de degustación con 12 panelistas a los cuales se les entregó un cuestionario de evaluación diseñado por el Laboratorio del ITP para sabor y olor, concluyendo que el uso de ensilado de pescado en las raciones mejoró el rendimiento productivo del cuy, siendo factible, en términos organolépticos y económicos, incorporarlo hasta niveles del 20% de la ración.

### III.D.1.*Fundamentos teóricos.*

Al expresar espontáneamente lo que se siente, se evoca primero la nota hedónica (placer experimentado por el individuo), después la cualidad percibida (textura granulosa, aroma a ébano, sabor dulce) y por último la intensidad (poco, medianamente o muy intenso). El ser humano comienza a evaluar un alimento, evocando el placer que experimenta antes de establecer la naturaleza e intensidad de la sensación percibida. La codificación sólo afecta a los aspectos cuantitativos y cualitativos. Por tanto el placer que el individuo experimenta al consumir un alimento es el resultado de la integración de ambos. Si la sensación recibida es buena, el alimento o la bebida le gustará. Si por el contrario la sensación es mala, este producto le causará decepción.

Una de las principales metas perseguidas por el análisis sensorial de alimentos es el desarrollo de una metodología, idealmente objetiva, para la determinación de parámetros organolépticos en los alimentos. Hasta la fecha, y pese a numerosos intentos, el hombre no ha conseguido crear un instrumento que sustituya al análisis sensorial. Dicho instrumento debería englobar todos los métodos analíticos encaminados a evaluar el aspecto exterior, el sabor y el aroma de los alimentos.

La evaluación sensorial es una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones en aquellas características de los alimentos y otros materiales que son percibidos por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y audición.

Las reacciones del consumidor se consideran en términos de apariencia, textura, sabor, aroma y olor del alimento.

La evaluación sensorial trabaja basándose en un panel de degustadores, llamados jueces, que usan sus sentidos como herramientas de trabajo. Los jueces se seleccionan y entrenan a fin de lograr una máxima veracidad, sensibilidad y reproducibilidad en los juicios que emitan, ya que de ellos depende el éxito y la confiabilidad de los resultados. Los ensayos se pueden clasificar en analíticos y afectivos. En los primeros se evalúan diferencias o similitudes entre dos o más productos, así como también la calidad y la cantidad de las características sensoriales de un artículo. En las pruebas afectivas, el juez catador expresa su reacción subjetiva ante el

alimento, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro o no. Son pruebas difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales, con la variabilidad que ello supone.

Pueden encontrarse diversos ensayos afectivos: ensayo de comparación apareada, ensayo de rangos y ensayo escalar. Entre los ensayos escalares se encuentran el ensayo escalar con acción y el ensayo de escala hedónica.

En el presente trabajo, se utilizó el ensayo de escala hedónica para evaluar los diferentes alimentos que estaban analizándose.

### III.D.2.*Ensayo de Escala Hedónica.*

En el momento de ingerir un alimento, la primera reacción es pensar cuánto se puede estar de acuerdo o en desacuerdo con el mismo, esta es una respuesta hedónica. Este ensayo mide el nivel de agrado de un alimento por una población. Permite que las personas expresen sus sentimientos, sus gustos y disgustos.

En este método, la evaluación del alimento viene como consecuencia de la medida de una reacción humana. Se usa para estudiar en el ámbito del laboratorio la posible aceptación del alimento. Se pide al juez que, luego de su primera impresión, responda cuánto le agrada o desagrada el producto; esto lo informa de acuerdo a una escala verbal numérica que va en una ficha. La escala tiene un máximo de nueve puntos, pero puede acortarse a siete o a cinco puntos dependiendo del grado de exigencia del consumidor.

A continuación se presenta la escala hedónica de nueve puntos:

1= me disgusta extremadamente
2= me disgusta mucho
3= me disgusta moderadamente
4= me disgusta levemente
5= no me gusta ni me disgusta
6= me gusta levemente
7= me gusta moderadamente
8= me gusta mucho
9= me gusta extremadamente

Numerosos estudios en la evaluación de alimentos han utilizado la evaluación sensorial para evaluar el grado de aceptación o rechazo del mismo, la escala hedónica a utilizar puede ser disminuida a 7 o 5 puntos, siendo esta última ampliamente utilizada en la evaluación de la aceptación o rechazo de un alimento.(Sánchez, García de H y Prays, 1994; Diaz, y Pacheco de Delahaye, 2000; Montouto-Graña, et al, 2000; Bello-Pérez, Sáyago-Ayerdi, Villagómez-Méndez y Montiel-Salas, 2000; Pacheco- Delahaye y Vivas, 2003).

La evaluación organoléptica de los diferentes alimentos estudiados en este trabajo de investigación, se debe a la problemática suscitada en el estudio efectuado por Luzardo (1999), en el cual el alimento suministrado a los pollos conteniendo concentrado proteico foliar como fuente de proteínas, no fue apetecido por los animales y estos murieron por inanición. Se quiso, por lo tanto, obtener distintos alimentos que no tuviesen un sabor desagradable, que fuesen relativamente homogéneos, y con un tamaño de partícula pequeño que facilitara la ingestión por parte de los pollitos.

## III.E. MÉTODOS PARA ESTIMAR EL VALOR NUTRITIVO DE LAS PROTEÍNAS

Existen diversos métodos para determinar el valor nutritivo de las proteínas, entre ellos se encuentran:

### III.E.1. *Métodos químicos*

En los métodos químicos generalmente se realiza un perfil de aminoácido de la proteína que se está evaluando, y luego se compara con el perfil de aminoácidos de los humanos y se evalúa si existen aminoácidos limitantes. De esta manera se considera si es necesario suplir esa proteína con el o los aminoácidos deficientes. El método tiene como desventaja el no estimar la facilidad de digestión de una proteína o la presencia de sustancias tóxicas en el material bajo estudio.

### III.E.2. *Evaluación biológica*

La evaluación biológica de alimentos consiste en determinar el grado de asimilación de las proteínas, para ello se pueden realizar dos tipos de ensayos:

**Digestibilidad *in vitro***

En la digestibilidad *in vitro*, normalmente se simula el proceso de digestión de proteínas por el organismo, utilizando para ello ácido clorhídrico, pepsina y pancreatina: se determina después de simulada la digestión el contenido de aminoácidos (nitrógeno digerido).

Distintos trabajos de investigación se han realizado utilizando diferentes técnicas de digestibilidad *in vitro*, entre los que encontramos estudios efectuados con forraje de sorgo x sudán de nervadura café (Núñez y Cantú, 2000), estudio de la digestibilidad *in vitro* de la celulosa utilizando diferentes fuentes de fósforo ( Martínez de Acurero et al, 1993), la determinación de la composición química y la digestibilidad *in vitro* (DIV, pepsina/pancreatina) en muestras representativas de 13 recursos alimentarios venezolanos agrupados como recursos proteicos (harina de frijol chino, *Phaseolus calcaratus* Roxb; harina de lombriz roja californiana, *Eisenia foetida*; torta de soya, *Soja maxima* L.), recursos arbóreos (*leucaena, leucaena leucocephala,* Morera *Morus alba*; naranjillo, *Trichanthera gigantea*) y subproductos

agroindustriales (descartes de ajonjolí, *Sesamun indicum*. L, pulidura de arroz, *Oryza sativa*; follaje de batata, *Ipomoea batatas*), hojas de caña de azúcar, *Saccharum officinarum*), maní forrajero, *Arachis pintoi*; afrechillo de trigo, *Triticum vulgare* y harina de vísceras de conejo) realizada por Gonzalvo et al, (2001); Oropeza y Ortiz de Bertorelli, (1989) evaluaron la proteína del grano de los híbridos de maíz Ceniap 3, PB8, Corocito 101 y Tocorón 127 y de las variedades Ceniap DMR y Máquina del Ceniap, mediante ensayos biológicos y químicos, usando caseína como control, encontrando que con respecto a las características nutricionales, lo resultados demostraron la similitud de la calidad de la proteína de los maíces evaluados y la superioridad de la caseína. El Índice de Eficiencia Proteica (PER) en los cultivares evaluados varió entre 1.57 y 1.74 y la Relación Proteica Neta (NPR) entre 2.14 y 2.33. La Digestibilidad aparente osciló entre 66.54 y 70.25% y la Digestibilidad *in vitro* entre 58.47 y 65.80%

**Digestibilidad *in vivo***

Se han realizado diversos trabajos de investigación utilizando diferentes animales de experimentación para la determinación de la digestibilidad *in vivo*, por ejemplo se determinaron los coeficientes de digestibilidad *in vivo* de las harinas de batata y de yuca y del sorgo en cerdos (Acurero, Alvarado, Álvarez, Capó y Garbati, 1991), se evaluó la ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (*Lama glama*). II. heno de trébol rosado (*Trifolium pratense*), heno de ballica (*Lolium multiflorum*), paja de poroto (*Phaseolus vulgaris*) y paja de avena (*Avena sativa*) (López, Morales y Cabrera, 2001), se evaluó la proteína del grano de seis cultivares de maíz (*Zea mays* L.) (Oropeza y Ortiz de Bertorelli, 1989), se evaluaron dos variedades de amaranto de semillas de color negro registradas en Cuba. (*A. uranguesis y A. maurensis*), con el objetivo de conocer sus características nutricionales y toxicológicas, encontrándose que la digestibilidad de las proteínas alcanzó del 72 al 75 % y el valor biológico del 72 al 77 % (Abreu, Hernández, Castillo, Sampere, y Martín, 1995), se estudió la digestibilidad *in vivo*, balance de nitrógeno e ingestión voluntaria en ovinos alimentados con paja de cebada tratada con urea. (Souza y Dos Santos, 2002) se determinaron los nutrientes digestibles totales en ovinos a partir del *pennisetum purpureum* y variedades, encontrándose que las cuatro variedades de pasto estudiadas presentaron en general no muy buen contenido de nutrientes digestibles (Rosthoj y Branda de Paredes, 2001), se estudió el efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal utilizando para ello la digestibilidad *in vitro* de forrajes

Camarena.(2000); Dias Rodríguez et al. (2003); Quintero de Vallejo (1993); Rosas y Baratta (1987).

En los trabajos efectuados por Furuya, Furuya, Hayashi y Soares, 2000; Gonzalez, David y Gonzálcz, 1995; García y Gonzálcz, 1995; Monfortc, Carías, Cioccia y Hcvia , 2002; Diaz, 1998; Vásquez y Rosso, 1996; Sarría, Villavicencio y Orejuela, 1991; Trompiz, et al, 2002a; Trompiz et al, 2002b, Herrera, García, Birbe, Colmenares y Martínez, 2002, la proteína utilizada como grupo control fue incorporada en diferentes porcentajes de sustitución.

Con la finalidad de evaluar biológicamente las hojas de *macrolobium bicuspidum*, en este trabajo de investigación se realizaron dos experimentos; en el primero de ellos se utilizaron siete grupos de animales, a los cuales se les suministraron las distintas formulaciones alimenticias:

**Grupo 1:** se empleó como fuente proteica la proteína de las hojas de Grifo Negro sin añadir Bicarbonato de Sodio

**Grupo 2:** se empleó como fuente proteica la proteína de las hojas de Grifo Negro y se añade Bicarbonato de Sodio al 1 %.

**Grupo 3:** se empleó como fuente proteica la proteína control y se le sustituye con hojas de Grifo Negro en un nivel de un 5 %

**Grupo 4:** se empleó como fuente proteica la proteína control y se le sustituye con hojas de Grifo Negro en un nivel de un 10 %

**Grupo 5:** se empleó como fuente proteica la proteína control y se le sustituye con hojas de Grifo Negro en un nivel de un 15 %

**Grupo Control:** se preparó el alimento utilizando a la caseína como fuente de proteína.

**Grupo Aproteico**: se preparó la formulación del alimento pero no se le añadió proteínas.

En el segundo experimento se utilizaron tres grupos de animales para experimentación:

**Grupo 1:** Se empleó alimento comercial como grupo control

**Grupo 2:** Se sustituyó el alimento comercial con un 2 % de la harina de las hojas de Grifo Negro.

**Grupo 3:** Se sustituyó el alimento comercial con un 4 % de la harina de las hojas de Grifo Negro.

Los índices utilizados para evaluar la proteína bajo estudio fueron los siguientes:

#### III.E.2.a.1. Aumento de peso

Se evaluó el aumento (o disminución) del peso (AP) de las aves interdiariamente, así como el aumento o disminución de peso total durante el experimento.

Aumento de peso = Peso final – Peso inicial

#### III.E.2.a.2. Alimento consumido

Durante el experimento se determinó la cantidad de alimento ofrecido al animal y la cantidad de alimento rechazado, y se obtuvo los gramos de alimento consumido por animal.

#### III.E.2.a.3. Cociente de Eficiencia de la Proteína (PER):

Este método mide el crecimiento del animal y tiene como ventaja el verificar la facilidad de digestión de la proteína de prueba y puede indicar la presencia de cualquier factor tóxico en ese material. Sin embargo no toma en cuenta la proteína utilizada para el mantenimiento

El PER se determina dividiendo el peso ganado por el animal, entre el peso de la proteína ingerida.

$$PER = \frac{\text{Peso ganado por el grupo bajo estudio (g)}}{\text{Peso de proteína Ingerida (g)}}$$

PER ajustado = (PER de la proteína estudiada /PER caseína grupo control) x 2,5

El resultado del valor del PER indica la calidad de la proteína:

| | |
|---|---|
| PER > 2.0 | Proteína muy buena |
| PER 1.5-2.0 | Calidad intermedia |
| PER<1.5 | Pobre calidad |

### III.E.2.a.4. Utilización Neta de las Proteínas (NPU)

El NPU es el porcentaje de proteína dietética convertida en proteína en el cuerpo.

Para el cálculo del NPU se compara la proteína consumida en un período determinado de tiempo y la pérdida de nitrógeno del cuerpo durante ese período. Las principales vías de pérdida de nitrógeno son las heces fecales y la orina.

El cálculo del NPU se presenta a continuación:

$$NPU = \frac{[N \text{ ingerido grupo estudiado- } (N \text{ excretado grupo estudiado} - N \text{ excretado grupo aprotéico})] \times 100}{N \text{ ingerido grupo estudiado}}$$

### III.E.2.a.5. Eficiencia Alimentaria (EA)

En el cálculo de la Eficiencia Alimentaria, se determina el peso ganado por el animal y se relaciona con su consumo de alimento.

El % EA se determina por la fórmula:

$$\%EA = \frac{\text{Peso ganado por el animal (g)}}{\text{Consumo de alimento (g)}} * 100$$

### III.E.2.a.6. Conversión Alimentaria (CA)

Para evaluar la Conversión Alimentaria, se relaciona el consumo de alimento que ha tenido el animal con su peso ganado.

El cálculo de la Conversión Alimentaria se da por:

$$CA = \frac{\text{Consumo de alimento (g)}}{\text{Peso ganado por el animal (g)}}$$

# IV. MATERIALES Y METODOS

## IV.A. MATERIALES

### IV.A.1. *Materias primas*

Las materias primas utilizadas en este estudio son las siguientes:

Almidón de Maíz, producido por Industrias del Maíz (INDELMA), Venezuela

Aceite de Maíz, nombre comercial MAZEITE

Mezcla de vitaminas y minerales, nombre comercial PENTAVIVAL, elaborado por VALMORCA.

Caseína (obtenida de leche descremada según procedimiento descrito en Norma Codex para los productos a base de caseína alimentaria (2001))

Harina de hojas de Grifo Negro

Salvado de Trigo, elaborado por Alimentos La Integral C.A. Edo. Yaracuy, Venezuela.

Bicarbonato de Sodio, grado USP

Alimento Comercial ENERPRO

## IV.B. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental estuvo basado en los aspectos que se señalan a continuación:

### IV.B.1. *Estudio del valor nutritivo de las proteínas de las hojas de Macrolobium bicuspidum*

Como parte del estudio del valor nutritivo de las hojas de *Macrolobium bicuspidum, se* determinó mediante su análisis químico, la composición de las mismas, obteniéndose valores de

la humedad, cenizas, fibra cruda, proteínas y extracto etéreo en las hojas frescas recolectadas de especies silvestres de esta planta.

**Análisis químico del Grifo Negro.**

Los análisis químicos se efectuaron tanto en el laboratorio de Control de Calidad de Laboratorios International Health, LIH, C.A. como en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la Universidad Metropolitana

1) La humedad se determinó por el método de desecación en estufa hasta peso constante A.O.A.C

2) El análisis de cenizas se determinó por el método de la A.O.A.C.

3) El análisis de Extracto Etéreo (grasa Cruda) se determinó por el método de la A.O.A.C

4) Las proteínas se determinaron por el método de Kjeldahl de la A.O.A.C. La destilación se efectuó en una unidad de destilación del equipo BUCHI. Se tomó como factor para la determinación del % de proteínas 6.25 para las hojas y 6,38 para la caseína.

5) Determinación de Fibra Cruda. A.O.A.C.

El procedimiento experimental seguido para estos análisis fue el siguiente:

### IV.B.1.a.1. Determinación de la humedad

Para determinar el porcentaje de humedad en las hojas de *Macrolobium bicuspidum*, se colocó una cantidad de hojas frescas en un crisol y estas se secaron en estufa a una temperatura de 105 -110 °C durante 4 horas. La muestra se pesó y se volvió a secar en la estufa a la misma temperatura a intervalos de una (1) hora hasta alcanzar peso constante. La diferencia de peso entre el peso inicial y el final, es la cantidad en gramos de agua presentes en las hojas.

La determinación del porcentaje de humedad se efectúa de acuerdo a la relación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso agua (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} * 100$$

### IV.B.1.a.2. Determinación del contenido de cenizas

Con la finalidad de conocer el contenido de minerales en la hoja de Grifo Negro, se calcinó una muestra de peso conocido en una mufla a 525 °C, determinándose su peso al cabo de 2 horas y luego a intervalos de una hora, hasta llegar a peso constante, quedando como residuo en el crisol, los minerales presentes en la hoja.

El cálculo del porcentaje de cenizas se realizó mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{Peso cenizas}}{\text{Peso de muestra}} * 100$$

### IV.B.1.a.3. Determinación de grasa cruda (extracto etéreo)

Para determinar la grasa cruda, se pesó una cantidad de hojas secas trituradas y se colocó en un dedal, el cual se taponó con algodón y se introdujo en el porta dedal de vidrio y se colocó en el equipo de extracción. Se extrajo en reflujo continuo con éter durante 5-6 horas, se retiró el dedal, se evaporó el éter y se desecó a 110 °C el recipiente que contiene la mezcla de extracto etéreo y el éter hasta alcanzar un peso constante, obteniéndose por diferencia entre este peso y el del recipiente vacío, el valor del peso del extracto etéreo, y su porcentaje en las hojas se determina con la relación siguiente:

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{\text{Peso extracto etéreo}}{\text{Peso muestra}} * 100$$

### IV.B.1.a.4. Determinación de proteínas

La determinación de las proteínas se llevó a cabo mediante los procesos de digestión, destilación y titulación de la muestra (método de Kjeldahl). La digestión se efectuó colocando alrededor de 1 gramo de muestra junto con 0.2 g de HgO, 5.8 g de $K_2SO_4$ y 12 ml de $H_2SO_4$ concentrado en un tubo de digestión, el cual se calentó en un digestor de proteínas hasta alcanzar la transparencia de la muestra.

La porción así tratada se destiló en una unidad de destilación de proteínas BUCHI 315 agregando 70 ml de agua destilada, 70 ml de NaOH al 40 % y se recogió el Nitrógeno en 50 ml

de ácido bórico al 4 % utilizando verde de bromocresol y rojo de metilo como mezcla de indicadores.

Se tituló con HCl 0.1N

El porcentaje de Nitrógeno se determinó por la siguiente ecuación:

$$\%N = \frac{V_{HCl} * N_{HCl} * 14.007 * 100}{\text{mg de muestra}}$$

El Porcentaje de proteína se calculó mediante la relación:

% P = % N * Factor

(Siendo el factor = 6.25 para las hojas y de 6.38 para la caseína)

### IV.B.1.a.5. Determinación de fibra cruda

Para determinar la cantidad de fibra cruda, se pesa una cantidad $P_o$ de muestra, después se efectúa una extracción con éter (igual a la descrita en Grasa Cruda), luego se calienta la muestra hasta ebullición por 30 min. en 200 ml de una solución de ácido sulfúrico (0,13 M). Se filtra y se lava con agua hirviendo. Posteriormente se vuelve a calentar hasta ebullición y se lava con 200 ml de NaOH 0.13 M libre de carbonatos. Se filtra y se lava con agua hirviendo. El filtrado resultante se seca en estufa por 1 hr. a 100 °C, se determina el peso ($P_1$), se calcina, se deja enfriar en un desecador y se pesa nuevamente ($P_2$).

El peso de Fibra Cruda es la diferencia de peso entre el filtrado seco ($P_1$) y el calcinado ($P_2$).

$$\%FC = \frac{\text{peso de fibra cruda}}{\text{peso muestra}} * 100 = \frac{(P_1 - P_2)}{P_0} * 100$$

### IV.B.1.a.6. Determinación de carbohidratos

La determinación de los carbohidratos se hace por diferencia entre el total de componentes del alimento analizado (valor 100) el valor obtenido sumando los porcentajes determinados desde IV.B.1.a. (1) hasta IV. B.1.a. (5), según se indica en la presente expresión:

% Carbohidratos =100 – (% Proteínas + %Fibra Cruda + % Cenizas + % Humedad + %Grasa Cruda)

Esta diferencia corresponde a una fracción libre de nitrógeno y está constituido fundamentalmente por azúcares, estando presentes también vitaminas hidrosolubles; por lo que su asignación tradicional a los carbohidratos se debe a una mayor presencia de éstos en el alimento.

**Determinación de minerales (calcio, magnesio, sodio y potasio)**

Para efectuar la determinación cuantitativa de algunos minerales presentes en las hojas de Grifo Negro, se prepara la muestra según se indica en IV.B.1.a. (2). A las cenizas así obtenidas, se le agrega 5 ml de solución de HCl en agua 1:1 v/v, en una plancha eléctrica y a baja temperatura se calienta hasta sequedad la muestra durante 30 min. aproximadamente. Nuevamente se le agrega 5 ml de la solución de HCl 1:1 v/v, se filtra el contenido del crisol a través de un papel de Filtro Whatman 42, recogiendo el filtrado en un balón aforado de 10 ml. El papel de filtro se lava repetidas veces y se recoge el agua de lavado en el mismo balón aforado. El filtrado se afora a 10 ml.

En un espectrofotómetro marca Perkin Elmer modelo 3100 se determinaron los minerales. Los parámetros de operación fueron:

a) Tipo de llama: aire - acetileno

b) Longitud de onda de absorción: 422.7, 766.5, 589.0, 285.2 nm; para Ca, K, Na y Mg respectivamente

c) Ajuste de rendija del monocromador: 0.7, 0.7, 0.2 y 0.7 nm para Ca, K, Na y Mg respectivamente

De acuerdo al rango lineal en la curva de calibración, a partir de una solución patrón se prepararon 5 soluciones de cada mineral en concentraciones de Na: 0.2 a 1 ppm, K: 0.2 a 1 ppm, Ca: 1 a 5 ppm, Mg: 0.1 a 0.5 ppm. Realizada la curva de calibración para cada mineral se realizaron las lecturas correspondientes diluyendo las soluciones de cada electrolito hasta una concentración que permitiera la lectura dentro del rango de la curva de calibración: Na: 1:5 (v/v), K: 1:25 (v/v) y luego 1:5 (v/v), Ca: 1:25 (v/v), Mg: 1:100 (v/v).

Como resultado se reportó la cantidad de cada mineral en las hojas de *macrolobium bicuspidum* expresándose en mg del elemento/ 100 g de muestra.

**Preparación de las formulaciones**

### IV.B.1.a.7. Formulaciones preparadas para el experimento Nº 1.

En la preparación de las distintas formulaciones que sirvieron de alimento para las aves durante el presente trabajo, se siguió el siguiente procedimiento:

Se mezcló en una batidora a baja velocidad, almidón de maíz con agua tibia, cuando estuvo disuelto, se calentó la mezcla hasta la gelificación del almidón. Posteriormente se fueron incorporando los diferentes ingredientes: el aceite de maíz, la caseína, la harina de las hojas de Grifo Negro, y así sucesivamente dependiendo de la formulación.

A medida que se incorporaban los ingredientes a la mezcla, se varió la velocidad de la batidora a conveniencia, proceso que se detuvo al obtener una mezcla homogénea.

Las formulaciones se desmenuzaron y se colocaron en una bandeja de aluminio y fueron secadas en una estufa a 45 °C por un tiempo de 24 horas. Posteriormente se dejaron enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, se empacaron en envases plásticos, se sellaron y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su uso.

En la Figura Nº 4, se muestra la preparación de los alimentos en la secuencia descrita anteriormente.

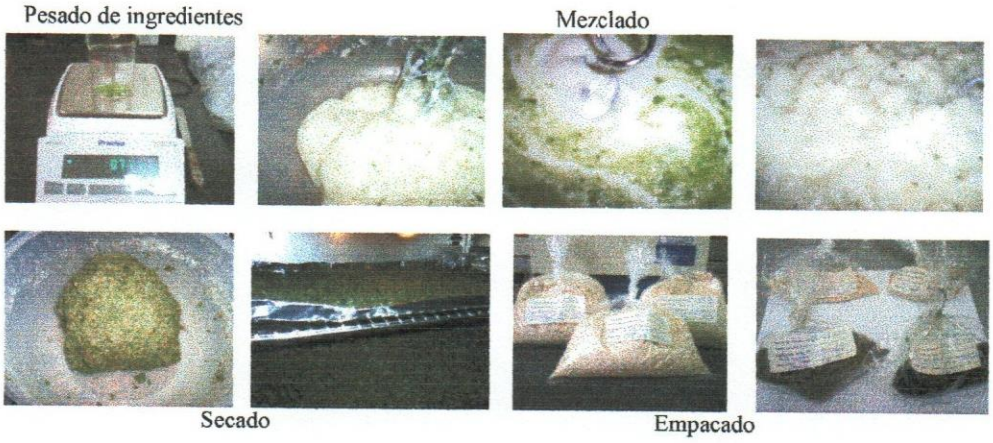



**Figura N° 4 . Preparación del alimento paso a paso**

### IV.B.1.a.8. Formulaciones preparadas para el experimento N° 2.

En el segundo experimento, las distintas formulaciones preparadas a partir de un alimento comercial; se obtuvieron mezclando completamente el alimento comercial con la harina de hojas de Grifo Negro con una batidora.

**Evaluación biológica de las hojas de Grifo Negro (*Macrolobium bicuspidum*).**

Para evaluar biológicamente las hojas de Grifo Negro, primeramente se trataron las hojas frescas de la siguiente forma:

Se recolectaron las hojas de Grifo Negro, en los meses de agosto y septiembre de 2004, previo al secado definitivo, se sometieron las mismas a un período de presecado al aire libre.

En la Figura N° 5, se muestra el presecado inicial de las hojas de *Macrolobium bicuspidum.*

**Figura N° 5. Presecado de las hojas al aire**

Para secar las hojas definitivamente, estas fueron colocadas en bandejas de aluminio y se introdujeron en la estufa a 45 °C, por espacio de 24 horas.

Las hojas se trituraron manualmente, colocándolas en bolsas plásticas, para realizar un triturado manual inicial.

Ya triturada manualmente la lámina foliar seca, se pasa por el mortero para obtener la harina. Esto se muestra en la Figura N° 6.

**Figura N° 6. Secado de las hojas y preparación de la harina de Grifo Negro**

### IV.B.1.a.9. Experimento N° 1.

**Composición de la dieta:**

Para la realización de la evaluación biológica se prepararon siete tipos de alimentos: uno aproteico, otro control cuya fuente de proteína fue caseína, el tercero a base de las hojas del Grifo Negro, un cuarto a base de las hojas del Grifo Negro con la adición de Bicarbonato de Sodio al 1 %, y tres alimentos sustituyendo la proteína utilizada como control en un 5 %, 10 % y 15 % con la harina de las hojas de Grifo Negro.

En la Tabla N° 1, se presenta la composición del alimento aproteico.

TABLA N° 1. COMPOSICIÓN DEL ALIMENTO APROTEICO

| Ingrediente | Gramos |
|---|---|
| Almidón de maíz | 84.4 |
| Aceite de maíz | 8 |
| Salvado de Trigo | 2.6 |
| Agua | 500 |

El alimento aproteico una vez preparado se muestra en la Figura N° 7.

**Figura N° 7. Alimento Aproteico**

Posteriormente, se preparó el alimento control teniendo como base proteica a la caseína, mediante incorporación de ésta a un nivel del 16 % a expensa de la mezcla de almidón de maíz en la dieta libre de proteína.

La caseína utilizada se preparó a partir de leche descremada, precipitándola con ácido clorhídrico según el procedimiento descrito en la Norma del Codex para los productos a base de caseína alimentaria (6).

En la Figura N° 8 se muestra el proceso de obtención de la caseína.

Filtrado después de la precipitación con HCl | Secado | Producto final

**Figura N° 8. Proceso de obtención de la caseína**

Una vez obtenida la caseína se prepararon los distintos alimentos.

La formulación del alimento control se presenta en la Tabla N° 2.

TABLA N° 2. FORMULACIÓN DEL ALIMENTO CONTROL

| Ingrediente | Gramos |
|---|---|
| Almidón de maíz | 70 |
| Aceite de maíz | 8 |
| Salvado de Trigo | 2.6 |
| Agua | 500 |
| Caseína | 16 |

El alimento control obtenido se presenta en la Figura N° 9.

**Figura N° 9. Alimento control**

Al diseñar la formulación del alimento teniendo como base proteica a las hojas del Grifo Negro, se tomó en consideración que éste debía ser similar al alimento control en cuanto al contenido de humedad, cenizas, proteínas, fibra cruda y carbohidratos.

Teniendo como base estas consideraciones, se prepararon las formulaciones que se presentan en la Tabla N° 3 para el alimento basado en harina de las hojas de Grifo Negro como fuente de proteínas y en la Tabla N° 4 para el alimento basado en harina de las hojas de Grifo Negro pero con la adición de Bicarbonato de Sodio al 1 %.

TABLA Nº 3. FORMULACIÓN DEL ALIMENTO BASADO EN HOJAS DE GRIFO NEGRO

| Ingrediente | Gramos |
|---|---|
| Almidón de maíz | 50 |
| Aceite de maíz | 6.8 |
| Salvado de Trigo | 0 |
| Agua | 250 |
| Hojas de Grifo Negro | 40 |

Es de hacer notar que la cantidad de hojas máxima que pudo aceptar la mezcla del alimento basado en hojas de Grifo Negro fue de 40 gramos, si éstas se añadían en una proporción mayor, no se lograba la formación de una pasta homogénea.

TABLA N° 4. FORMULACIÓN DEL ALIMENTO BASADO EN HOJAS DE GRIFO NEGRO AÑADIÉNDOLE BICARBONATO DE SODIO AL 1 %

| Ingrediente | Gramos |
|---|---|
| Almidón de maíz | 49 |
| Aceite de maíz | 6.8 |
| Salvado de trigo | 0 |
| Agua | 500 |
| Bicarbonato de Sodio | 1 |
| Hojas de Grifo Negro | 40 |

En la Figura Nº 10 se presentan las dos formulaciones preparadas teniendo como única fuente de proteínas a las hojas de *macrolobium bicuspidum.*

**Grifo Negro sin Bicarbonato de Sodio** **Grifo Negro con Bicarbonato de Sodio**

**Figura Nº 10. Alimento a base de hojas de Grifo Negro con y sin Bicarbonato de Sodio**

Para la preparación de las tres formulaciones en las cuales se sustituyó parcialmente la proteína de la caseína con proteína de las hojas de Grifo Negro, se siguió el criterio descrito para las formulaciones anteriores, tomándose en consideración la similitud con relación al alimento control en cuanto al contenido de humedad, cenizas, proteínas, fibra cruda y carbohidratos.

En la Tabla Nº 5 se presenta la composición de las muestras preparadas con sustitución parcial de la proteína utilizada como control.

TABLA Nº 5. FORMULACIÓN DE LOS ALIMENTOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA PROTEÍNA UTILIZADA COMO CONTROL

| Ingrediente | Sustitución 5 % | Sustitución 10 % | Sustitución 15 % |
|---|---|---|---|
| Almidón de maíz | 70 | 70 | 70 |
| Aceite de maíz | 8 | 8 | 8 |
| Agua | 100 | 100 | 100 |
| Caseína | 15,2 | 14.4 | 13.6 |
| Hojas de Grifo Negro | 0,8 | 1.6 | 2.4 |

Los tres alimentos obtenidos se presentan en la Figura Nº 11.

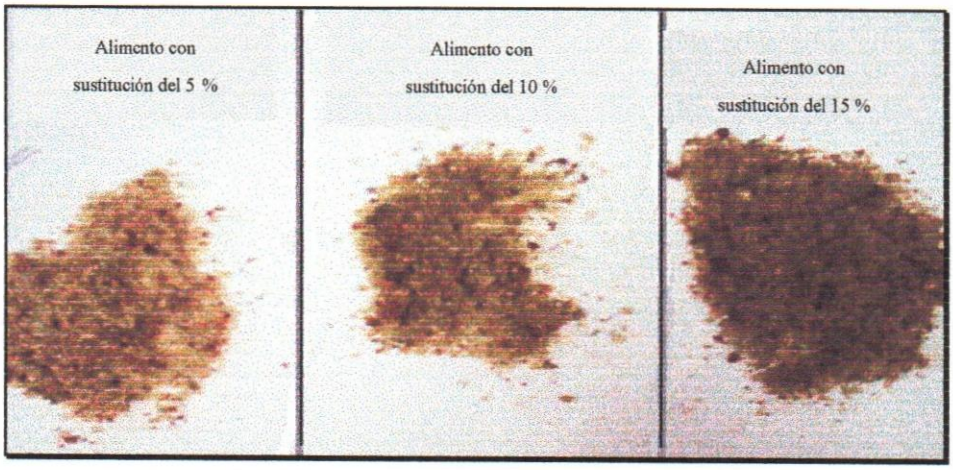



**Figura Nº 11. Alimentos preparados con sustitución de la proteína control por la harina de hojas de Grifo Negro.**

En cuanto a la mezcla de sales y vitaminas, se utilizó una formulación comercial, especialmente diseñada para aves, de Nombre Comercial PENTAVIVAL, elaborada por Veterinarias VALMORCA, Nº MF: 3682 la cual se agregó al agua de bebida de los pollitos en una proporción de 10 ml por cada dos litros del agua de bebida, durante el tiempo que duró el experimento; de esta manera se trató de darle a las aves una ingesta similar de minerales y vitaminas, a las proporciones indicadas en las tablas 6 y 7.

TABLA N° 6. REQUERIMIENTOS DE MINERALES Y ÁCIDO LINOLEICO DE LOS POLLOS DE ENGORDE ENTRE 0 Y 6 SEMANAS POR KG. DE ALIMENTO.

| Ingrediente | Cantidad |
|---|---|
| Ácido linoleico % | 1.00 |
| Calcio % | 0.80 |
| Fósforo disponible % | 0.40 |
| Potasio % | 0.40 |
| Sodio % | 0.15 |
| Cloro % | 0.15 |
| Magnesio mg | 600 |
| Manganeso mg | 60 |
| Zinc mg | 40 |
| Hierro mg | 80 |
| Cobre mg | 8 |
| Yodo mg | 0.35 |
| Selenio mg | 0.15 |

*Fuente: Merck & Co, INC (1988) Traducido por Centrum (1988)*

*Manual Merck de Veterinaria. 3era edición en español. Madrid. España.*

TABLA N° 7. REQUERIMIENTOS DE VITAMINAS DE LOS POLLOS DE ENGORDE ENTRE 0 Y 6 SEMANAS POR KG. DE ALIMENTO.

| Ingrediente | Cantidad |
|---|---|
| Vitamina A UI | 1500 |
| Vitamina D UIP | 200 |
| Vitamina E UI | 10 |
| Vitamina K mg | 0.50 |
| Vitamina B12 mg | 0.009 |
| Riboflavina mg | 3.60 |
| Ácido Pantoténico mg | 10 |
| Niacina mg | 27.0 |
| Colina mg | 1300 |
| Biotina mg | 0.15 |
| Folacina mg | 0.55 |
| Tiamina mg | 1.8 |
| Piridoxina mg | 3.0 |

*Fuente: Merck & Co, INC (1988) Traducido por Centrum (1988)*

*Manual Merck de Veterinaria. 3era edición en español. Madrid. España.*

### IV.B.1.a.10. Experimento Nº 2:

Este experimento se realizó teniendo como base una formulación comercial para aves en la etapa iniciadora, marca ENERPRO.

**Composición de la dieta.**

En este ensayo se prepararon tres tipos de alimentos: uno control, utilizando sólo el alimento comercial; otro con una sustitución del alimento comercial en un 2 % con la harina de las hojas del Grifo Negro, y otro con una sustitución del alimento comercial en un 4 % con la harina de las hojas de Grifo Negro. Estos porcentajes de sustitución fueron establecidos atendiendo a la máxima sustitución de la proteína de la caseína que pudo hacerse en el experimento Nº 1 y que fue de 15 % lo que equivale en la sustitución parcial de la proteína del alimento comercial a un 2,5 %; con lo cual y para fines comparativos se buscó mantener un rango de sustitución similar al del experimento Nº 1.

En la Tabla Nº 8 se presentan las formulaciones según las cuales se prepararon los alimentos con diferentes porcentajes de sustitución.

TABLA N° 8. COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS CON DISTINTOS NIVELES DE SUSTITUCIÓN DEL ALIMENTO COMERCIAL

| Ingrediente | Control | 2 % sustitución | 4 % sustitución |
|---|---|---|---|
| Alimento comercial | 100 % | 98 % | 96 % |
| Harina de hojas de grifo negro | 0 % | 2 % | 4 % |

En la Figura N° 12 se presentan los alimentos preparados con sustitución parcial del

**Alimento comercial** **Alimento 2 % sustitución** **Alimento 4 % sustitución**

**Figura N° 12. Alimentos preparados con sustitución parcial del alimento comercial**

## IV.B.2. *Pruebas efectuadas a las formulaciones*

### Análisis químico

Una vez elaborados los alimentos para las aves, se procedió a efectuarle los análisis de humedad y proteínas a cada una de ellos.

### Análisis sensorial

El análisis sensorial se utilizó para evaluar las diferencias organolépticas de las distintas dietas preparadas en el laboratorio, y con ella se intentó percibir si alguna dieta en particular sería susceptible al rechazo por parte de los animales; si el sabor era abiertamente desagradable (ácido, amargo), o el alimento presentaba algún tipo de dificultad para ser ingerido, en cuyo caso podría presentarse el problema de que los pollos se negasen a comerlo, y muriesen antes de concluir el experimento por inanición.

No se efectuó el análisis sensorial en los alimentos preparados con sustitución parcial del alimento comercial, pues éste ya está evaluado previamente en el momento de su desarrollo como producto alimenticio y las hojas no presentaron sabor desagradable.

Se empleó un ensayo con una escala hedónica de 5 puntos. En el Apéndice A, se presenta el modelo de la planilla entregada a los jueces.

Por otra parte, los distintos alimentos que se utilizaron para los experimentos fueron desarrollados para que tuvieran pequeños granos, en lugar de hacerlo polvoriento, pues en diversos estudios se ha demostrado que el alimento en forma de polvo no es apetecido por las aves, disminuyendo su consumo. (Montilla, et al, 1985; Fernández, 2004; Damron, Sloan y García, 1998)

**Ensayos biológicos**

Los ensayos biológicos efectuados a las hojas de Grifo Negro fue el de digestibilidad *in vivo*.

**Análisis Estadístico**

Se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de un factor utilizando un nivel de significancia de 0,05 para las variables de Ganancia de peso, PER, EA, CA.

Tal como lo señalan Miller y Miller (2002), en el libro Estadística y quimiometría para química analítica, con el análisis de varianza se separan y estiman las diferentes causas de variación que puedan estar presentes en diferentes valores medios, y se puede contrastar si una alteración del factor control conduce a diferencias significativas entre los valores obtenidos. Para los cálculos del Análisis de varianza de un factor se utilizó la hoja de cálculo de Excel del Programa Office XP para Windows XP.

**Experimento 1:**

La evaluación nutricional en este experimento, de las hojas bajo estudio, fue llevada a cabo utilizando 70 pollos Raza Ross de engorde machos y hembras, de un día de nacidos, provenientes de una incubadora comercial, vacunados contra Gumboro (Cuello, Perera, Noda y

Alonso, 2003), el moquillo, y el New Casttle. (Briones, Goyache y Domínguez, 2000; De Buen de A, Torre, Delgado, Juárez y Rodríguez 1996). Los mismos fueron mantenidos en jaulas (5 pollos por jaula distribuidos al azar, y los pollos se fueron separando, hasta llegar a un pollo por jaula.) provistas de bombillos de 100 watts para lograr una temperatura ambiental de 27,0 ± 0,6 °C, y una Humedad Relativa de 72 ± 4 %; las mismas contenían un bebedero y un comedero. Los pollos fueron alimentados hasta las tres semanas con un producto comercial de nombre POLLOS INICIADOR ENERPRO para pollos recién nacidos hasta las tres semanas de edad,producido por ALIMENTOS SUPER S, C.A. y a partir de este momento se dio inicio al experimento.

El análisis del alimento comercial, reportado por el fabricante es el siguiente:

TABLA N° 9. ANÁLISIS DEL ALIMENTO COMERCIAL REPORTADO POR EL FABRICANTE

| Ensayo | Porcentaje |
|---|---|
| Proteína Cruda | Mínimo 20.0 % |
| Grasa Cruda | Mínimo 4.0 % |
| Fibra Cruda | Máximo 4.5 % |
| Extracto Libre de Nitrógeno | Mínimo 53.5 % |
| Metionina | Mínimo 0.55 % |
| Lisina | Mínimo 1.20 % |

Los Ingredientes reportados de esa formulación son:

Maíz y/o Sorgo y/o Trigo y/o Avena; Subproductos de Trigo y/o Maíz, Harinas de Soya y/o ajonjolí y/o Girasol y/o Algodón y/o Pescado y/o Carne; Vitaminas: A, D3, K, B12, Riboflavina, Niacina, Colina, Ácido Pantoténico; Trazas minerales de Carbonato de Calcio, Fosfato dicalcico, Sal, Grasa Animal y/o Vegetal, Metionina, Lisina, Antibióticos, Coccidiostatos, Antioxidante.

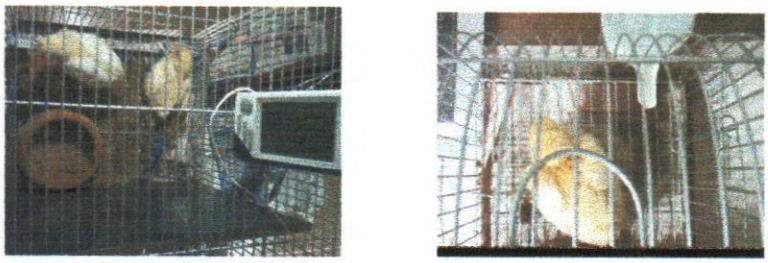
En la Figura N° 13 se presenta el alimento comercial utilizado.

**Figura N° 13. Alimento Comercial**

Una vez concluido el período de acondicionamiento, los 70 pollos fueron pesados y distribuidos al azar en 7 grupos con 10 pollos cada uno. Los pollos del **grupo 1** consumieron raciones preparadas con las hojas de *Macrolobium bicuspidum*, Tabla N° 3, el **grupo 2** consumió raciones preparadas con las hojas de *Macrolobium bicuspidum* con la incorporación de Bicarbonato de Sodio al 1 %, Tabla N° 4, los pollos del **grupo 3** consumieron una dieta con sustitución de un 5 % de la proteína de la caseína con harina de las hojas de Grifo Negro, los del **grupo 4** consumieron la dieta con sustitución del 10 %, los del **grupo 5** consumieron una dieta con sustitución del 15 %, Tabla N° 5, los pollos del **grupo 6**, control, Tabla N° 2, se sometieron a una dieta de caseína como fuente proteica y a los del **grupo 7**, se les dio la dieta aproteica, Tabla N° 1.

En la Figura N° 14 se muestran las jaulas desde diferentes vistas, conteniendo dos y un pollo.

**Vista superior**



**Vista lateral**

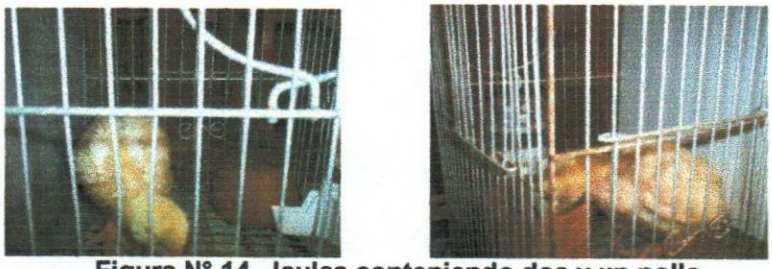


**Figura N° 14. Jaulas conteniendo dos y un pollo**

Los pollos fueron pesados al inicio del experimento y luego interdiariamente. En la Figura N° 15 se muestra la forma de pesar a los animales.

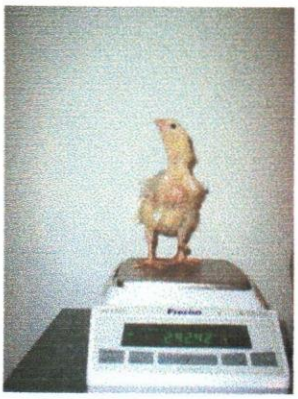


**Figura N° 15. Pesado de un pollo**

El experimento tuvo una duración de 10 días, en los cuales se pesaron Diariamente el alimento ofrecido y el rechazado y se recogieron las excretas de dichos pollos en los últimos 5 días del experimento. Finalmente a estas excreciones se les determinó el contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl.

En los diferentes grupos estudiados se evaluó:

Índice de mortalidad

Aumento de peso (datos en el anexo VIII. E)

Alimento consumido (datos en el anexo VIII. G)

Cociente de eficiencia de la proteína (PER)

Utilización Neta de las Proteínas (NPU)

Eficiencia Alimentaria (EA)

Conversión Alimentaria (CA)

Una vez finalizada la prueba, a los pollos se les cambió la dieta por alimento comercial para pollos en crecimiento y fueron enviados a un lugar apropiado para la cría de los mismos.

**Experimento 2.**

El propósito de este experimento fue evaluar la incidencia del porcentaje de sustitución del alimento comercial con la harina de las hojas de Grifo Negro.

Para ello, se prepararon dos formulaciones sustituyendo el 2 % y el 4 % del alimento comercial ENERPRO, con la harina de las hojas *de Macrolobium bicuspidum*, y se comparó con un grupo de animales a los cuales se les ofreció el alimento comercial sin sustitución.

El procedimiento para la preparación de las formulaciones fue el mezclar directamente la harina de *Macrolobium bicuspidum* con el alimento comercial.

Se utilizaron 3 grupos de experimentación con ocho pollos cada uno de tres semanas de nacidos, a los cuales se le ofreció el alimento bajo estudio, y no se le añadió la mezcla de vitaminas y minerales al agua de bebida.

Una vez concluido el período de acondicionamiento, los 24 pollos fueron pesados y distribuidos al azar en 3 grupos con 8 pollos cada uno. La Temperatura ambiental se mantuvo en 25,4 ± 0,6 °C y la Humedad Relativa en 81 ± 4 %. Los pollos del **grupo 1**, control, se sometieron a una dieta con el alimento comercial como fuente proteica. Los pollos del **grupo 2** consumieron raciones preparadas sustituyendo el 2 % del alimento comercial con la harina de las hojas de *Macrolobium bicuspidum*, el **grupo 3** consumió raciones preparadas sustituyendo el 4 % del alimento comercial con la harina con las hojas de *Macrolobium bicuspidum*. Tabla N° 8.

El experimento tuvo una duración de 10 días, en los cuales se pesaron los pollos interdiariamente y se evaluaron los siguientes parámetros:

Índice de mortalidad

Aumento de peso (datos en el anexo VIII. E)

Alimento consumido (datos en el anexo VIII. G)

Cociente de eficiencia de la proteína (PER)

Eficiencia Alimentaria (EA)

Conversión Alimentaria (CA)

# V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## V.A. EVALUACIÓN DE LA HOJA DE *MACROLOBIUM BICUSPIDUM*

### V.A.1. *Análisis químico.*

Los resultados obtenidos según los métodos descritos en la parte experimental para el análisis proximal de las hojas frescas de *Macrolobium bicuspidum*, recogidas los meses de agosto y septiembre de 2004, se presentan en la Tabla Nº 10

TABLA Nº 10. COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LA HOJA FRESCA DE *MACROLOBIUM BICUSPIDUM*

| Componente | Porcentaje Base húmeda | Porcentaje Base seca |
|---|---|---|
| Humedad | 71,3 ± 0.8 | 0 |
| Cenizas | 2,7 ± 0.2 | 9,3 ± 0.2 |
| Proteínas | 5,4 ± 0.8 | 18,6 ± 0.8 |
| Grasa Cruda | 0,9 ± 0.1 | 3.1 ± 0.1 |
| Fibra Cruda | 9,8 ± 0.5 | 34.3 ± 0.5 |
| Carbohidratos | 9,9 ± 1.3 | 34.6 ± 1.3 |

El contenido de proteínas de 18,6 % en la hoja (base seca) es un valor alentador como para considerar una posible utilización de esta hoja como fuente de proteínas.

### V.A.2. *Contenido de minerales de las hojas de Macrolobium bicuspidum*

En la Tabla Nº 11 se presenta el contenido de calcio, magnesio, sodio y potasio de las hojas de Grifo Negro, recolectadas en los meses de agosto y septiembre de 2004. En el Apéndice B, se muestra el cálculo para el análisis de metales.

TABLA Nº 11. CONTENIDO DE MINERALES DE LAS HOJAS DE *MACROLOBIUM BICUSPIDUM*

| Componente | Contenido en las hojas (mg/g muestra) ± incertidumbre | Contenido en las hojas (mg/100 g muestra) | Requerimientos en los pollos (mg/dia) |
|---|---|---|---|
| Calcio | 5.20 ± 0.03 | 520 ± 3 | 1000 |
| Magnesio | 1.88 ± 0.03 | 188 ± 3 | 60 |
| Sodio | 0.118 ± 0.002 | 11.8 ± 0.2 | 150 |
| Potasio | 4.62 ± 0.08 | 462 ± 8 | 400 |

*Tomado de: NRC 1984. Nutrein requirements of poultry. 8th Rev. Edition National Academy Press. Washington, DC*

Se puede observar que los valores obtenidos de calcio, magnesio y potasio son bastante elevados en las hojas de *Macrolobium bicuspidum*; si se comparan estos valores con los requerimientos nutritivos para aves reportado en NRC (1984), el calcio es aproximadamente la mitad de los requerimientos diarios, el magnesio es aproximadamente tres veces los valores requeridos, y en cuanto al potasio este se encuentra en una cantidad ligeramente mayor de las necesidades diarias de las aves. Estos valores hacen que la hoja bajo estudio sea interesante desde el punto de vista nutricional.

El bajo contenido de sodio presente en las hojas, es conveniente para la alimentación avícola pues un valor elevado de este mineral puede causar daños renales e hipertensión arterial a los animales.

## V.A.3. *Evaluación del alimento foliar de macrolobium bicuspidum*

### Experimento N° 1:

#### V.A.3.a.1. Análisis químico

El análisis químico realizado a los distintos alimentos estudiados fue el de la determinación de humedad y de proteína. Los resultados de los diversos análisis para las dietas utilizadas en la evaluación nutricional se muestran en la Tabla N° 12.

TABLA N° 12. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE HUMEDAD Y PROTEÍNAS EN LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS.

| ALIMENTO | % Humedad | % Proteína base húmeda | % Proteína base seca |
|---|---|---|---|
| Aprotéico | 4,5 ± 0,1 | 0.8 ± 0,1 | 0,84 ± 0.1 |
| Control | 10,1 ± 0,2 | 10.2 ± 0,6 | 11,35 ± 0.6 |
| Hojas de Grifo Negro | 8,3 ± 0,2 | 6.7 ± 0,7 | 7,31 ± 0.7 |
| Hojas de Grifo Negro más $NaHCO_3$ al 1 % | 9,6 ± 0,3 | 7,5 ± 0,9 | 8,3 ± 0.9 |
| Alimento con sustitución de un 5 % | 10,2 ± 0,3 | 13,4 ± 0,9 | 14,9 ± 0.9 |
| Alimento con sustitución de un 10 % | 5,9 ± 0,9 | 10,7 ± 0,6 | 11,4 ± 0.6 |
| Alimento con sustitución de un 15 % | 10,2 ± 0,2 | 10,7 ± 0,9 | 11,9 ± 0.9 |

### V.A.3.a.2. Análisis de nitrógeno en las excretas de los pollos

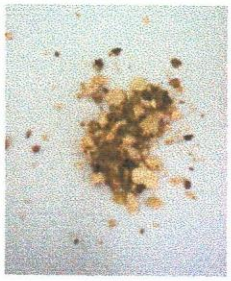
El resultado de nitrógeno en las excretas de los diferentes grupos de pollos estudiados que fueron alimentados según las dietas preparadas con las formulaciones reportadas en el capítulo IV, se muestra en la Tabla Nº 13.

TABLA Nº 13 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE NITRÓGENO EN LAS EXCRETAS DE LOS POLLOS ALIMENTADOS CON DIVERSAS DIETAS.

| Excretas | % Nitrógeno | % de proteína |
|---|---|---|
| Aprotéico | 1.4 ± 0,5 | 8,6 ± 0,9 |
| Control | 3,28 ± 0,08 | 20,5 ± 0,5 |
| Con hojas de Grifo Negro | 2.1 ± 0,2 | 13,4 ± 0,9 |
| Con hojas de Grifo Negro más Bicarbonato de Sodio al 1 % | 2.1 ± 0,2 | 12,9 ± 0,9 |
| Alimento con sustitución de un 5 % | 7,5 ± 0,9 | 46,9 ± 0,9 |
| Alimento con sustitución de un 10 % | 6,9 ± 0,2 | 43,1 ± 0,1 |
| Alimento con sustitución de un 15 % | 4,5 ± 0,2 | 27,9 ± 0,1 |

Estas excretas fueron recogidas a partir del quinto día de comenzado el experimento hasta la conclusión del mismo.

En la Figura N° 16 se muestran las excretas de los distintos grupos estudiados.



24.a Excreta de los pollos alimentados con el alimento con base de Caseína

24. b Excreta de los pollos alimentados con el alimento aproteico

24. c Excreta de los pollos alimentados con Grifo Negro con 1 % $NaHCO_3$

24. d Excreta de los pollos alimentados con Grifo Negro

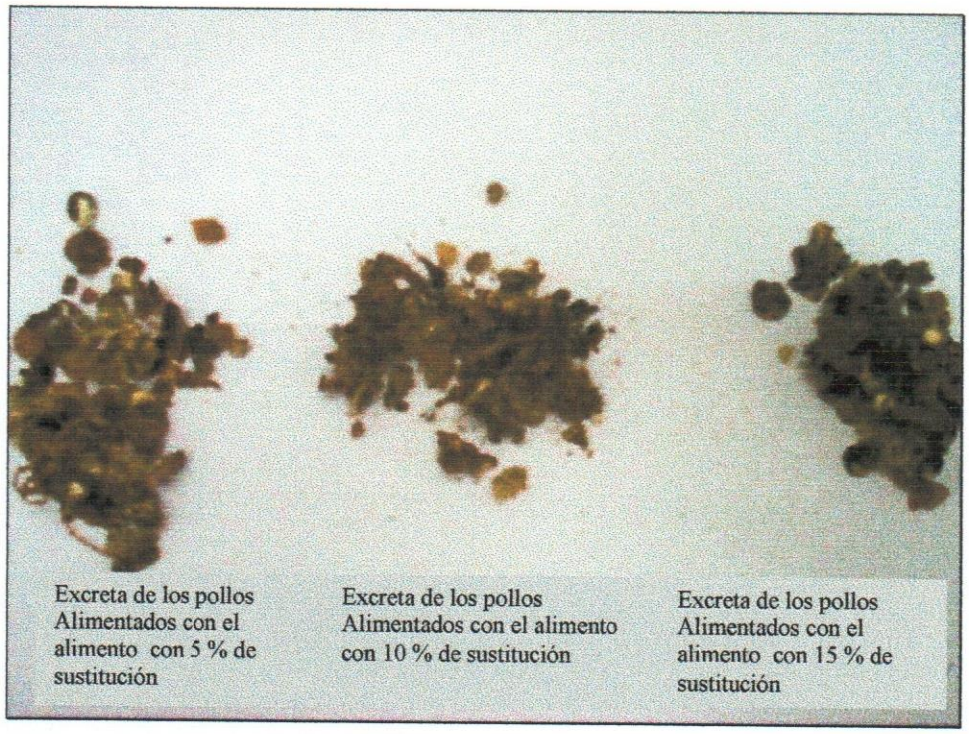



**Figura N° 16. Excretas de los distintos grupos estudiados**

### V.A.3.a.3. Análisis sensorial

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de las dietas estudiadas, calificadas por 15 panelistas se presentan en la Tabla N° 14

TABLA N° 14. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL EN LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS

| Muestra | Color | Uniformidad de la textura | Suavidad | Sabor | Desintegración |
|---|---|---|---|---|---|
| Aprotéico | Crema | 1.8 ± 1.4 | 4.1 ± 1.1 | 3.5 ± 1.1 | 3.5 ± 0.5 |
| Control | Blanco crema | 2.2 ± 1.0 | 3.4± 0.7 | 4.0 ± 0.9 | 3.8 ± 1.0 |
| Con hojas de Grifo Negro | Verde | 2.1 ± 0.9 | 3.2 ± 0.6 | 3.6 ± 1.4 | 3.5 ± 0.8 |
| Con hojas de Grifo Negro más Bicarbonato al 1 % | Verde | 1.8 ± 1.0 | 3.5 ± 1.3 | 3.1 ± 1.2 | 2.9 ± 1.1 |
| Alimento con sustitución de un 5 % | Amarillo no uniforme | 1.1 ± 0.4 | 3.9 ± 0.7 | 3.3 ± 0.5 | 1.9 ± 0.4 |
| Alimento con sustitución de un 10 % | Amarillo verdoso | 1.1 ± 0.4 | 3.6 ± 0.8 | 3.0 ± 0.8 | 1.9 ± 0.4 |
| Alimento con sustitución de un 15 % | verdoso | 1.1 ± 0.4 | 4.4 ± 1.0 | 3.4 ± 0.8 | 1.9 ± 0.4 |

Según los resultados reportados en la Tabla anterior, se puede observar lo siguiente:

Con relación a la uniformidad de la textura, todas las muestras estudiadas presentan valores que oscilaron entre 1,1 y 2,2 puntos; lo que indica que la textura de los alimentos evaluados no fueron en general del agrado de los jueces, presentando las dietas con porcentajes de sustitución de la caseína por harina de hojas de Grifo Negro en proporciones de 5, 10, y 15 % las de menor aceptación.

En lo que respecta a la suavidad del alimento, los jueces valoraron a las distintas muestras entre 3,2 y 4,4 puntos, indicando esto que en líneas generales, la suavidad de las muestras fue del agrado del grupo evaluador.

En cuanto al sabor, los alimentos estudiados fueron ligeramente agradables, observándose que los valores oscilaron entre 3,0 y 4,0 puntos.

Por último, los puntajes para la desintegración de los alimentos con sustitución parcial de la caseína por la harina de las hojas de Grifo Negro, fueron los más bajos, encontrándose que en todos los casos el valor obtenido fue de 1,9 puntos. Para los otros alimentos estudiados se encontraron valores mas altos que fueron desde 2,9 hasta 3,8 puntos, indicando esto que estos alimentos tuvieron mayor aceptación por el grupo evaluador.

Estos resultados parecen indicar que los diferentes alimentos no son ni completamente agradables ni completamente desagradables, esperándose con esto, que los pollos acepten los diferentes alimentos suministrados.

### V.A.3.a.4. Ensayos biológicos: digestibilidad *in vivo*

En la prueba de digestibilidad *in vivo*, luego del período de adaptación de tres semanas, los pesos promedios iniciales fueron similares. El experimento tuvo una duración de 10 días en los cuales se evaluó el incremento de peso de cada animal.

En la Tabla N° 15, se detallan los valores obtenidos para el peso inicial, peso final y peso ganado (o perdido) en los grupos control, aprotéico y con las diferentes dietas conteniendo hojas de Grifo Negro, así como del consumo promedio de alimentos y proteínas para las dietas estudiadas.

TABLA Nº 15. VALORES PROMEDIOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS DE LOS GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN.

| Variables | Aprotéico | Control | Harina de hojas de Grifo Negro | Harina de hojas de Grifo Negro + 1 % Bicarbonato de Sodio | Alimento con sustitución de un 5 % | Alimento con sustitución de un 10 % | Alimento con sustitución de un 15 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peso Inicial promedio (g) | 107.56 ± 24,68 | 124.09 ± 26,92 | 136.58 ± 22,75 | 118.68 ± 26,13 | 117.77 ± 22.34 | 139.16 ± 39.39 | 106.78 ± 32.36 |
| Peso Final promedio (g) | 81.26 + 19,35 | 148.08 + 37,87 | 103.60 + 17,10 | 89.63 + 14,17 | 129.12 + 31.81 | 144.01 + 49.16 | 109.29 + 36.37 |
| Peso ganado o perdido promedio (g) | -26,31± 9,92 | 23.99 ± 14,69 | -32,97 ± 9,00 | -29.05 ± 9,40 | 11.35 ± 13.74 | 4,85 ± 23.67 | 2.51 ± 16.23 |
| Consumo promedio de Alimento ingerido (g) | 114.12 ± 46.80 | 186.75 ± 89.14 | 176.36 ± 82.33 | 114.09 ± 44.01 | 160,61 ± 44.01 | 157,53 ± 44.00 | 157,96 ± 32.61 |
| Consumo total de alimento (g) | 1027,09 ± 0,06 | 1867,49 ± 0,06 | 1587,20 ± 0,06 | 1140,89 ± 0,06 | 1284,88 ± 0,06 | 1417,76 ± 0,06 | 1421,61 ± 0,06 |
| Consumo Total de Proteínas (g) | 7,7 ± 0,9 | 191,23 ± 11,2 | 105,87 ± 12,70 | 86,02 ± 8,98 | 171,79 ± 11,53 | 136,96 ± 7,68 | 151,97 ± 12,78 |
| Consumo de Alimento total durante NPU (g) | 297.01 ± 0,04 | 380.99 ± 0,04 | 398.58 ± 0,04 | 373.57 ± 0,04 | 42,52 ± 0,04 | 41,25 ± 0,04 | 34,23 ± 0,04 |
| Consumo de Nitrógeno durante NPU (g) | 2.23 ± 0,80 | 39.01 ± 0,95 | 26.59 ± 2,53 | 28,17 ± 2,68 | 5,69 ± 0,68 | 3,99 ± 0,48 | 3,66 ± 0,16 |
| Peso de excreta (g) | 37.17 ± 0,02 | 69.33 ± 0,02 | 169.90 ± 0,02 | 160.28 ± 0,02 | 52,07 ± 0,02 | 68,20 ± 0,02 | 55,24 ± 0,02 |
| Nitrógeno excretado (g) | 0.51 ± 0,18 | 2.27 ± 0,06 | 3.64 ± 0,34 | 3.33 ± 0,32 | 3,91 ± 0,47 | 4,71 ± 0,14 | 2,46 ± 0,11 |

Es importante destacar que los pollos alimentados con la dieta aproteica mostraron debilidad y falta de apetito a partir del cuarto día del experimento, mientras los animales alimentados con las otras dietas no presentaron estos síntomas.

**Tasa de Mortalidad**

En los diferentes grupos estudiados se encontró la siguiente tasa de mortalidad:

TABLA N° 16. TASA DE MORTALIDAD EN LOS GRUPOS ESTUDIADOS

| Tipo de Dieta | Animales muertos |
|---|---|
| Aproteica | 1 |
| Caseína | 0 |
| Grifo + Bicarbonato de Sodio | 0 |
| Grifo Negro | 1 |
| Sustitución de 5 % | 2 |
| Sustitución de 10 % | 1 |
| Sustitución de 15 % | 1 |

Se observa que en todos los grupos estudiados con excepción del grupo control y el de Grifo Negro con Bicarbonato, se presentó la muerte de por lo menos un (1) animal de experimentación.

## Crecimiento y Aumento de peso

La variación de peso promedio registrado en cada grupo estudiado se presenta en la Tabla Nº 17.

TABLA Nº 17. VARIACIÓN DE PESO PROMEDIO POR DIETA

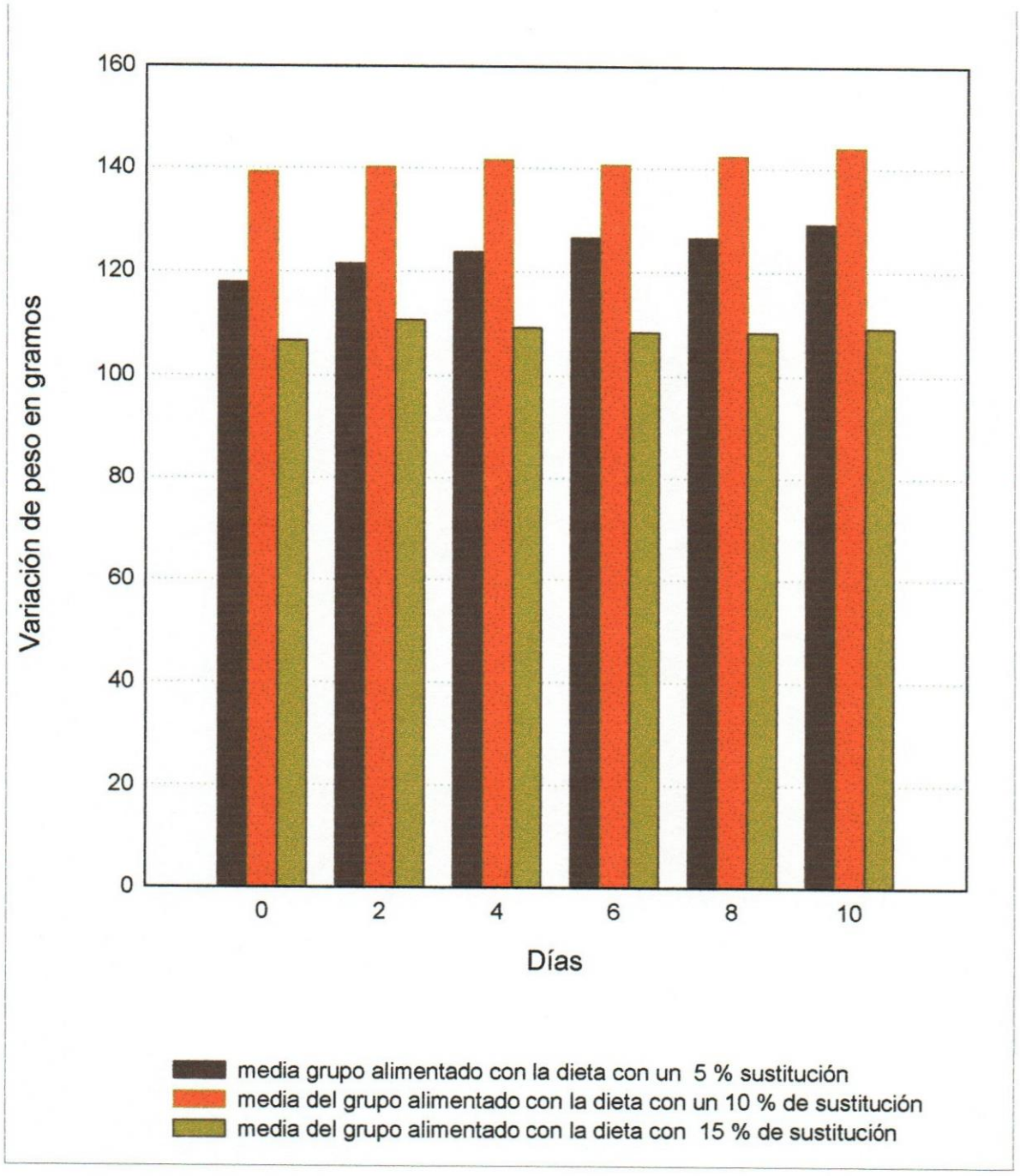
| Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 | Variación de Peso (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aproteica (g) | 0,00 | -9,94 ± 10.43 | -14,27 ± 9.83 | -19,04 ± 9.94 | -24,46 ± 9.78 | -26,31 ± 9.92 | -26,31 ± 9.92 |
| Caseína (g) | 0,00 | 5,13 ± 12.57 | 13,72 ± 13.01 | 17,66 ± 12.85 | 19,39 ± 14.88 | 23,99 ± 14.69 | 23,99 ± 14.89 |
| Grifo Negro +Bicarbonato (g) | 0,00 | -13,96 ± 11.29 | -8,94 ± 11.04 | -17,56 ± 10.67 | -16,21 ± 9.55 | -29,05 ± 9.40 | -29,05 ± 9.40 |
| Grifo Negro (g) | 0,00 | -15,60 ± 9.48 | -12,68 ± 9.67 | -22,40 ± 9.42 | -25,29 ± 9.19 | -32,97 ± 9.00 | -32,97 ± 9.00 |
| 5 % de Sustitución (g) | 0,00 | 3,68 ± 12.07 | 5,96 ± 11.92 | 6,70 ± 12.42 | 8,70 ± 13.18 | 11,34 ± 13.74 | 11,34 ± 13.74 |
| 10 % de Sustitución (g) | 0,00 | 1,00 ± 22.61 | 2,46 ± 22.89 | 1,45 ± 22.83 | 3,25 ± 23.18 | 4,85 ± 23.67 | 4,85 ± 23.67 |
| 15 % de sustitución (g) | 0,00 | 3,90 ± 16.71 | 2,44 ± 16.05 | 1,66 ± 16.03 | 1,62 ± 16.21 | 2,51 ± 16.23 | 2,51 ± 16.23 |

Estos resultados de variación de peso para los grupos de pollos alimentados con dieta aproteíca, Caseína, Grifo Negro y Grifo Negro con Bicarbonato de sodio son presentados en la Gráfica Nº 1.

alimentadas con harina de hojas de Grifo Negro con y sin Bicarbonato de Sodio, en tanto que los animales del grupo control lograron un buen crecimiento.

La pérdida de peso experimentada por las aves alimentadas con la harina de las hojas de Grifo Negro con y sin Bicarbonato de Sodio, fue de -29,05 y de -32,97 gramos. Esto pudiera indicar que hubo un efecto protector sobre la pérdida de peso proporcionada por la adición del Bicarbonato de Sodio. Sin embargo al analizar estadísticamente estos valores por medio del análisis de varianza (ANOVA) de un factor, se encontró que el valor calculado de $F_{(1,17)} = 0.30$, y el valor crítico de $F= 4.45$ para $p=0.05$, por lo que no se encontró una diferencia de pesos estadísticamente significativa. En el apéndice C, se muestra el cálculo del análisis de varianza ANOVA.

En la Gráfica N° 2 se muestra el aumento de peso experimentado para los grupos de pollos alimentados con las dietas con sustitución parcial de la caseína con 5 %, 10 % y 15 % de harina de hojas de grifo negro.




**GRÁFICA N° 2. AUMENTO DE PESO EN LOS POLLOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS CON SUSTITUCIÓN DE LA CASEÍNA CON 5 %, 10 % Y 15 % DE HOJAS DE GRIFO NEGRO.**

En lo que respecta a los pollos alimentados sustituyendo parcialmente la proteína de la dieta control con la proteína de las hojas de Grifo Negro, se observó que el mayor aumento de peso lo experimentó el grupo en el cual se sustituyó la proteína control en un 5 %, seguido por el

grupo en el cual la sustitución fue de un 10 %. EL grupo con sustitución de un 15 % fue el que experimentó el menor aumento de peso. Sin embargo, al someter los valores de aumento de peso de las tres muestras de alimentos al análisis de varianza, se encontró que el valor calculado para $F_{(2,23)} = 1.62$ y el valor crítico es $F = 3.42$, por lo tanto como el valor calculado es menor al valor crítico, por lo que no hubo una variación de pesos significativa para $p = 0,05$.

Cuando se compararon por medio de un Análisis de Varianza, los resultados obtenidos del aumento de peso de los pollos alimentados con la dieta a base de caseína con los alimentados con las tres dietas en las cuales se sustituyó parcialmente la caseína con harina de hojas de grifo Negro, se encontró un valor calculado de $F_{(3,32)} = 5.08$ y el valor crítico es de $F=2,90$, como el valor calculado es mayor al valor crítico, las diferencias entre los grupos son significativas para $p= 0.05$.

Al comparar el aumento de peso del grupo de pollos alimentados con la dieta a base de Caseína con la dieta en la cual se sustituyó la caseína con 5 % de harina de hojas de grifo negro, no se obtuvo resultados estadísticamente significativos, ya que el valor calculado de $F_{(1,16)} =2.96$ es menor al valor crítico, $F= 4.49$. Sin embargo, cuando se efectuó esta misma comparación con la dieta en la cual la caseína se sustituyó con en un 10 % de harina de hojas de grifo negro, el valor obtenido de $F_{(1,17)} = 6.64$ fue mayor al valor crítico $F= 4.45$, para $p= 0.05$, por lo que hay diferencias significativas entre ambos grupos de experimentación. De igual forma, al comparar el aumento de peso del grupo de pollos alimentados con la dieta a base de Caseína con la dieta en la cual la caseína se sustituyó con un 15 % de harina de hojas de grifo negro, el valor calculado de $F_{(1,17)} = 10.27$ mientras que el valor crítico de $F = 4.45$, por lo que hay diferencias significativas entre estos grupos para $p= 0.05$.

En relación con el consumo de alimento, revisando los valores promedios presentados en la Tabla Nº 15, se observa que estos van desde los 114 g hasta los 186 g, correspondiendo el valor menor a los pollos a los cuales se le suministró el alimento aproteico y el valor mayor a los alimentados con la ración a base de caseína. Cabe destacar que los animales pertenecientes al grupo aproteico presentaron falta de apetito a partir del cuarto día de experimentación, por lo que el consumo de alimentos en ese grupo es el más bajo.

En los alimentos preparados utilizando como fuente de proteínas exclusivamente las hojas de Grifo Negro, el valor calculado de $F_{(1,17)} = 4.36$ y el valor crítico de $F = 4.45$, como el valor calculado es menor al valor crítico, no hay diferencia significativa para $p = 0.05$, entre los 114,09 gramos promedio de alimento consumidos por el grupo que recibió el alimento preparado a partir de la harina de las hojas de Grifo Negro con Bicarbonato de Sodio y los 176,36 gramos consumidos por aquellos que recibieron el alimento con harina de hojas de Grifo Negro sin Bicarbonato de Sodio.

Con respecto a los grupos a los cuales se le suministraron raciones preparadas con sustitución parcial de la proteína control por harina de las hojas de Grifo Negro, los valores encontrados para el consumo de alimento son 160,61 gramos, 157,53 gramos y 157,96 gramos para los porcentajes de sustitución de 5, 10 y 15 % respectivamente. El valor calculado de $F_{(2, 23)} = 0.014$ y el valor crítico $F = 3.42$, como el valor calculado es menor al valor crítico, no existen diferencias significativas entre estos valores para un $p = 0.05$. Estos alimentos preparados sustituyendo la proteína de la dieta control con las hojas de Grifo Negro presentaron una compactación similar a la del grupo control.

**Cálculo de Eficiencia Alimentaria, Conversión Alimentaria, Coeficiente de Eficiencia Proteica y Utilización Neta de Proteínas.**

Los cálculos del PER, PER Corregido, EA y CA, se efectuaron según se indicó en las secciones III.G.2.b.3 hasta III. G.2.b.6 de este trabajo. Dentro de las variables estudiadas se encuentran el peso total ganado o perdido por cada grupo de experimentación, el consumo de alimento total, y el consumo total de proteína, se muestran en la Tabla Nº 18. Estas variables fueron obtenidas sumando los valores de cada variable en cada grupo de experimentación.

TABLA N° 18. PESO TOTAL GANADO O PERDIDO POR CADA GRUPO DE EXPERIMENTACIÓN, CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL, Y CONSUMO DE PROTEÍNA TOTAL

| Dieta | Peso total ganado o perdido (g) | Consumo total alimento (g) | Proteína total consumida (g) |
|---|---|---|---|
| Aproteico | -236,75 ± 0,02 | 1027,09 ± 0,06 | 7,7 ± 0,9 |
| Caseína | 239,93 ± 0,02 | 1867,49 ± 0,06 | 191,23 ± 11,2 |
| G + Bic | -290,45 ± 0,02 | 1140,89 ± 0,06 | 86,02 ± 12,70 |
| Grifo | -296,75 ± 0,02 | 1587,2 ± 0,06 | 105,87 ± 8,98 |
| 5 % sustitución | 90,81 ± 0,02 | 1284,88 ± 0,06 | 171,79 ± 11,53 |
| 10 % sustitución | 43,65 ± 0,02 | 1417,76 ± 0,06 | 151,13 ± 7,168 |
| 15 % sustitución | 22,57 ± 0,02 | 1421,61 ± 0,06 | 151,97 ± 12,78 |

En la Tabla Nº 19 se reportan los valores obtenidos para el Coeficiente de Eficiencia Proteica (PER), la Eficiencia Alimentaria (EA), la Conversión Alimentaria (CA), y la Utilización Neta de Proteínas (NPU) en los diferentes alimentos estudiados

TABLA N° 19. VALORES OBTENIDOS DE EA, CA, PER, PER CORREGIDO, NPU EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN.

| Dieta | PER | PER CORREGIDO | EA | CA | NPU |
|---|---|---|---|---|---|
| Aproteico | -34.07 | -55.30 | -25,56 | -4,77 | 100 |
| Caseína | 1.54 | 2,50 | 15,72 | 17.21 | 95 |
| G + Bicarbonato | -3,87 [b] | -6,28 | -29,22 [b] | -4.92 [b] | 90 |
| Grifo Negro | -3.57 [b] | -5,79 | -23,78 [b] | -6.75 [b] | 88 |
| 5 % sustitución | 0,42 [b] | 1,05 | 5,56 [b] | 8.23 [b] | 40 |
| 10 % sustitución | 0,14 [b] | 0,68 | 1,45 [b] | -3.59 [b] | 5 |
| 15 % sustitución | 0,12 [b] | 0,20 | 1,34 [b] | -4.08 [b] | 47 |

a = estadísticamente significativo; b= estadísticamente no significativo

Obsérvese que los valores de PER para los grupos de pollos a los cuales se les ofreció como alimento hojas de Grifo Negro con y sin Bicarbonato de Sodio, fueron negativos; indicando esto que la proteína de las hojas de Grifo Negro no puede ser utilizada como única fuente de aminoácidos pues no conlleva a un adecuado desarrollo del animal y su consecuente crecimiento. Al analizarse las varianzas de los dos valores obtenidos para el PER, se encontró que el valor calculado de $F_{(1, 17)} = 0.06$ es menor al valor crítico $F = 4.45$, como el valor calculado es menor al valor crítico, estos valores no difieren significativamente para $p = 0,05$.

En lo que respecta a los valores de PER y PER corregido, para los grupos de animales a los cuales se les suministró alimento preparado sustituyendo parcialmente la proteína control con la harina de las hojas de Grifo Negro, se encontró que el valor del PER fue disminuyendo a medida que se aumentó el porcentaje de incorporación. El análisis de varianza (ANOVA), arroja valores de $F_{(2, 23)} = 0.67$ y el valor crítico $F = 3.42$, por lo que no se encontró diferencias significativas para $p = 0,05$.

Los valores de PER corregido para las distintas dietas estudiadas, indican que las proteínas del Grifo Negro son de una calidad pobre.

La Eficiencia Alimentaria del grupo control fue de 15,72 %, sin embargo tanto para el grupo aproteico como para los grupos en los cuales se usó hojas de Grifo Negro con y sin Bicarbonato de Sodio se encontraron valores negativos, esto era lo esperado para el grupo aproteico pero no para los grupos en los cuales se utilizó las hojas de Grifo Negro; no obstante el resultado es consistente con la disminución de peso encontrada en este grupo de experimentación. Al aplicarle el análisis estadístico a los valores obtenidos para el grupo alimentado con grifo negro y el grupo alimentado con grifo mas bicarbonato de sodio, se observó que el valor calculado de $F_{(1,17)} = 0.36$ y el valor crítico es $F= 4.45$, como el valor calculado es menor al valor crítico, los resultados no difieren estadísticamente para $p = 0,05$.

Para los grupos a los cuales se les sustituyó parcialmente la proteína de la dieta control con la harina de las hojas de Grifo Negro se encontró que a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución de la proteína de las hojas en la dieta disminuía el valor de la Eficiencia

Alimentaria. Sin embargo al efectuar el análisis de varianza de los valores encontrados, se encuentra que el valor calculado de $F_{(2,23)} = 1.11$, y el valor crítico es F=3.42, estos valores no difieren significativamente desde el punto de vista estadístico para p =0,05.

Con relación a la Conversión Alimentaria el valor obtenido para el grupo control fue de 7,78 mientras que los grupos alimentados con raciones preparadas con harina de las hojas de Grifo Negro como única fuente de proteínas arrojaron valores negativos. El análisis de varianza no encontró diferencias significativas para p = 0,05, puesto que el valor calculado de $F_{(1,17)} = 1.04$ y el valor crítico F= 4.45.

En lo que respecta a los grupos a los cuales se les sustituyó parcialmente la proteína de la dieta control con la harina de las hojas de Grifo Negro se encontró que a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución de la proteína de las hojas en la dieta disminuyó el valor de la Conversión Alimentaria, sin embargo al aplicarse el análisis estadístico ANOVA, se encontró que el valor calculado de $F_{(2,20)} = 0.54$ y el valor crítico es F=3.49, por lo que estos valores no difieren significativamente para p = 0,05.

El índice del PER es un método que mide el crecimiento con relación a la proteína cruda y no discrimina si el crecimiento se debe a un aumento de proteína o grasa corporal, mientras que a través del NPU se mide la proteína retenida con relación a la proteína consumida. Al evaluar la proteína de las hojas de *Macrolobium bicuspidum* en lo que respecta a la Utilización Neta de las Proteínas (NPU), el valor obtenido para la dieta control reportó un valor de 95 %, lo cual se encuentra dentro del valor esperado para la caseína, los valores encontrados tanto para el alimento a partir de harina de hojas de Grifo Negro con la adición del 1 % de Bicarbonato de Sodio como del alimento basado en harina de hojas de Grifo Negro son bastante altos, indicando esto que la proteína ingerida fue utilizada en el organismo de los animales de experimentación en un porcentaje del 90 y del 88 % respectivamente.

Al evaluar los valores de NPU encontrados para los grupos a los que se le administró alimentos con sustitución parcial de la proteína utilizada como control, se encontró que los valores obtenidos para los grupos de 5 y 15 % están en 40 y 47 % respectivamente, indicando esto que la incorporación de la harina de la hoja en el alimento disminuyó la utilización neta de

la proteína si se compara con el grupo control. El valor encontrado para el alimento con un 10 % de sustitución, es muy bajo, y parece indicar un error experimental.

**Experimento Nº 2.**

### V.A.3.a.5. Análisis químico

Los resultados de humedad y proteínas de las dietas estudiadas se muestran en la Tabla Nº 20

TABLA Nº 20. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE HUMEDAD Y PROTEÍNAS EN LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS SUSTITUYENDO PARCIALMENTE EL ALIMENTO COMERCIAL CON HARINA DE HOJAS DE GRIFO NEGRO.

| ALIMENTO | % Humedad | % Proteína base húmeda |
|---|---|---|
| Alimento Comercial | 12,24 + 0,03 | 18,3 + 0,9 |
| Alimento con sustitución de un 2 % | 12,39 ± 0,04 | 18,31 ± 0,08 |
| Alimento con sustitución de un 4 % | 12,89 ± 0,03 | 18,59 ± 0,09 |

### V.A.3.a.6. Ensayos biológicos: digestibilidad *in vivo*

En la prueba de digestibilidad *in vivo*, luego del período de adaptación de tres semanas, los pesos promedios iniciales fueron similares.

El experimento tuvo una duración de 10 días en los cuales se evaluó el incremento de peso de cada animal.

En la Tabla Nº 21, se detallan los valores obtenidos para el peso inicial, peso final y peso ganado tanto en los grupos control, como en aquellos en los cuales se efectuó una sustitución del alimento comercial con un 2 % y un 4 % con harina de hojas de Grifo Negro, así como del consumo promedio de alimentos y proteínas para las distintas dietas estudiadas.

TABLA Nº 21. VALORES PROMEDIOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS DE LOS GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN.

| Variables | Control | Alimento con sustitución de un 2 % | Alimento con sustitución de un 4 % |
|---|---|---|---|
| Peso Inicial promedio (g) | 102,83 ± 12,90 | 138,43 ± 33,66 | 141,97 ± 40,60 |
| Peso Final promedio (g) | 245,14 ± 32,69 | 280,29 ± 59,28 | 260,08 ± 56,12 |
| Peso ganado promedio (g) | 142,31 ± 13,28 | 141,86 ± 24,10 | 118,1 ± 24,49 |
| Consumo promedio de Alimento ingeridlo (g) | 275,97 ± 53,90 | 292,23 ± 86,99 | 261,64 ± 77,74 |
| Alimento Total Consumido (g) | 1931,80 ± 0,06 | 2337,83 ± 0,06 | 2093,10 ± 0,06 |
| Consumo Total de Proteínas (g) | 352,55 ± 17,33 | 428,06 ± 1,87 | 388,69 ± 1,88 |
| Peso Total ganado (g) | 996,17 ± 0,02 | 1134,87 ± 0,02 | 944,83 ± 0,02 |

## Tasa de Mortalidad

En los diferentes grupos estudiados se encontró la siguiente tasa de mortalidad:

TABLA Nº 22. TASA DE MORTALIDAD EN LOS GRUPOS ESTUDIADOS

| Tipo de Dieta | Animales muertos |
|---|---|
| Alimento comercial | 1 |
| Sustitución de 2 % | 0 |
| Sustitución de 4 % | 0 |

Se observa que un solo animal murió y fue del grupo con el alimento comercial.

## Crecimiento y Aumento de peso

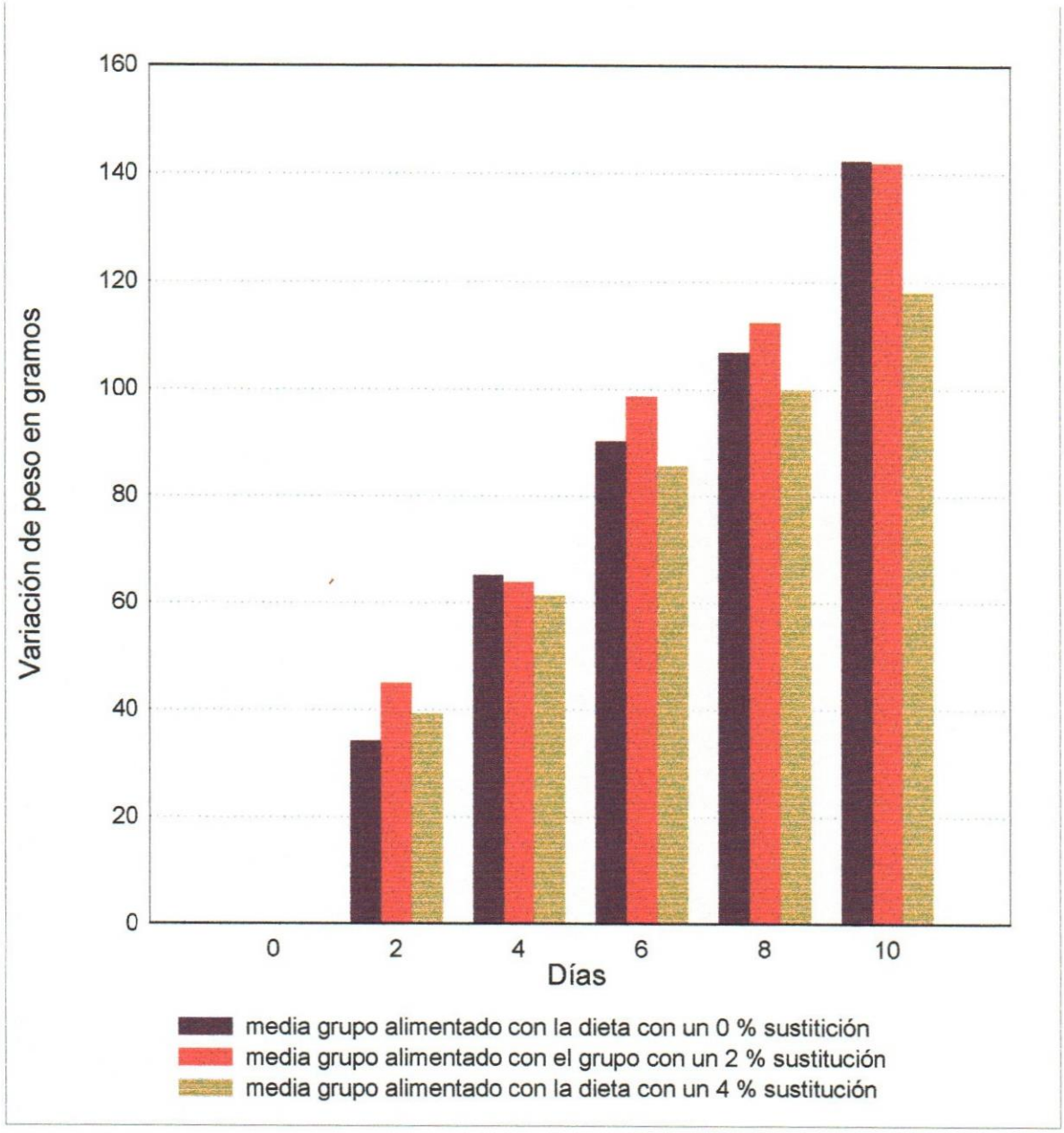
La variación de peso promedio registrado en cada grupo estudiado se presenta en la Tabla N° 23.

TABLA N° 23. VARIACIÓN DE PESO PROMEDIO POR DIETA

| Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 | Variación de Peso |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alimento Comercial (g) | 0,00 | 34,16 ± 2,40 | 65,10 ± 2,31 | 90,29 ± 3,99 | 106,92± 2,22 | 142,31 ± 2,44 | 142,31 ± 2,44 |
| 2 % Sustitución (g) | 0,00 | 44,92 ± 7,60 | 63,72 ± 7,47 | 98,66 ± 7,69 | 112,49 ± 7,78 | 141,86 ± 7,44 | 141,86 ± 7,44 |
| 4 % sustitución (g) | 0,00 | 39,18 ⊥ 7,54 | 61,22 ⊥ 7,43 | 85,63 ⊥ 7,63 | 99,93 ⊥ 7,34 | 118,10 ⊥ 7,32 | 118,10 ⊥7,32 |

El cálculo de error en la desviación estándar se presenta en el anexo VIII. I

En la Gráfica N° 3 se presenta la variación de peso por cada grupo de experimentación.




**GRÁFICA N° 3. AUMENTO DE PESO EN LOS POLLOS ALIMENTADOS CON LAS DIFERENTES DIETAS BAJO ESTUDIO.**

Con relación al crecimiento y al aumento de peso de los animales, se observó que los pollos alimentados con la dieta control y con un 2 % de sustitución con la harina de las hojas de Grifo Negro presentaron un crecimiento similar sin embargo los que recibieron el alimento con un 4 % de harina de hojas Grifo Negro, el aumento de peso fue menor. Al realizar el análisis de

varianza de un factor para estos valores, se encontró que el valor calculado de $F_{(2,20)} = 1.40$, mientras el valor crítico es F=3.49, por lo que esta diferencia de pesos se encontró que no fue significativamente diferente para $p = 0,05$.

En lo que respecta al consumo de alimento, se observó que hubo un consumo desigual de alimento en los grupos estudiados, con valores de 275,97 gramos, 292,23 gramos y 261,64 gramos para el grupo control, con 2 % de sustitución y 4 % de sustitución respectivamente. Al realizar el ANOVA de un factor, el valor calculado de $F_{(2,20)} = 0.33$ y el valor crítico fue F=3.49, por lo que no se encontró diferencia significativa para $p = 0,05$.

**Cálculo de Eficiencia Alimentaria, Conversión Alimentaria, Coeficiente de Eficiencia Proteica.**

Para el cálculo del PER, PER Corregido, EA y CA, se determinaron dentro de las variables estudiadas el peso total ganado o perdido por cada grupo de experimentación, el consumo de alimento total, y el consumo total de proteína.

Los valores obtenidos se muestran en la Tabla Nº 24.

TABLA Nº 24. PESO TOTAL GANADO O PERDIDO POR CADA GRUPO DE EXPERIMENTACIÓN, EL CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL, Y CONSUMO DE PROTEÍNA TOTAL

| Dieta | Peso total ganado (g) | Consumo total alimento (g) | Proteína total consumida (g) |
|---|---|---|---|
| Alimento Comercial | 996,17 ± 0,02 | 1931,80 ± 0,06 | 352,55 ± 17,33 |
| 2 % sustitución | 1134,87 ± 0,02 | 2337,83 ± 0,06 | 428,06 ± 1,87 |
| 4 % sustitución | 944,83 ± 0,02 | 2093,10 ± 0,06 | 388,69 ± 1,88 |

En la Tabla Nº 25 se reportan los valores obtenidos para la Eficiencia Alimentaria (EA), la Conversión Alimentaria (CA) y el Coeficiente de Eficiencia Proteica (PER).

TABLA N° 25. VALORES OBTENIDOS DE EA, CA, Y PER EN LOS DISTINTOS GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN.

| Dieta | PER | EA | CA |
|---|---|---|---|
| Alimento Comercial | 2,89 ± 0.55 | 52.77 ± 10.04 | 1,96 ± 0.40 |
| 2 % sustitución | 2,70 ± 0.53 | 49.46 ± 9.69 | 2,09 ± 0.40 |
| 4 % sustitución | 2,48 ± 0.59 | 46.07 ± 10.96 | 2,31 ± 0.69 |

La Eficiencia Alimentaria del grupo control fue de 52,77 %, para los grupos a los cuales se sustituyó parcialmente el alimento comercial con la harina de las hojas de Grifo Negro se encontró que en la medida que aumenta el porcentaje de sustitución el valor de la EA disminuyó. Esta variación no se encontró significativamente diferente desde el punto de vista estadístico, puesto que el valor calculado de $F_{(2,20)} = 0.80$ mientras que el valor crítico es F=3.49, para un valor de p = 0,05.

Con relación a la Conversión Alimentaria, los valores obtenidos para el grupo control y aquellos en los cuales se sustituyó parcialmente el alimento comercial con la harina de las hojas de *Macrolobium bicuspidum*, indican que el alimento control presenta el menor valor de conversión alimentaria, sin embargo a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución, también incrementa la CA. Esta variación no se encontró estadísticamente diferente para un valor de p = 0,05, ya que el valor calculado de $F_{(2,20)} = 0.87$ y el valor crítico es F=3.49.

Los valores de PER para los distintos alimentos estudiados, indican que a medida que aumenta el porcentaje de sustitución, disminuye el valor de la relación de la eficiencia proteica, sin embargo los valores encontrados de 2,89, 2,70 y 2,48 al realizar el análisis de varianza de un factor, dio valores de $F_{(2,20)} = 1.02$ el cual es menor al valor crítico F=3.49, por lo que no fueron estadísticamente diferentes para p = 0,05.

# VI. CONCLUSIONES

Tomando como base los resultados anteriores se puede concluir lo siguiente:

1. - Las Hojas de Grifo Negro tienen un alto contenido de proteínas así como de calcio, magnesio y potasio, lo que constituye un resultado alentador para que sean utilizadas como una fuente de estos nutrientes en alimentos preparados para animales.

2. - En este experimento hay buenos indicios que permitan pensar que el Bicarbonato de Sodio tuvo un efecto protector en la digestibilidad de las dietas al ser añadido al alimento cuya única fuente de proteínas fue *Macrolobium bicuspidum.*

3. - La proteína de las hojas de Grifo Negro no puede ser utilizada como única fuente de aminoácidos, pues no contribuye al crecimiento de los animales estudiados.

4.- Al evaluar y comparar la digestibilidad de tres dietas en las cuales se efectuó una sustitución parcial de la caseína con 5 %, 10 % y 15 %, con harina de hojas de Grifo Negro, se encontró que estas pueden utilizarse como una alternativa de sustitución en pequeñas cantidades en los alimentos preparados para animales.

5.- Al evaluar y comparar la digestibilidad de un alimento comercial con dos dietas en las cuales se efectuó una sustitución parcial de este alimento con un 2 % y un 4 % de harina de hojas de Grifo Negro, se encontró que estas pueden utilizarse como una alternativa de sustitución en pequeñas cantidades en los alimentos preparados para animales, puesto que su incorporación en los niveles estudiados no afectó significativamente el crecimiento de los animales estudiados.

# VII. BIBLIOGRAFÍA

A.O.A.C, "Official methods of Analysis" (1990). Washington, D.C: Association of Official Analytical Chemists.

Abreu, M, Hernández, M, Castillo, A, Sampere, E y Martín, M.( 1995). Evaluación nutricional y toxicológica de dos variedades de amaranto de semillas de color negro (*A. Uranguesis y A. Maurensis*). Revista Cubana Aliment Nutr. 9(2).

Acurero, G, Alvarado, A, Alvárez, R, Pérez, J, Capó, E y Garbati, S. (1992) .Efectos bioeconómicos de la sustitución parcial de los cereales por harina de batata en raciones para cerdos en crecimiento. Zootecnia tropical. XI .n°2

Acurero, G, Alvarado, L, Álvarez R, Capó, E y Garbati, S (1991). Determinación de los coeficientes de digestibilidad in vivo de las harinas de batata y de yuca y del sorgo en cerdos. Zootecnia Tropical, 9 (2), 145-163.

Agbede J.O.; Aletor V.A. (2004). Chemical characterization and protein quality evaluation of leaf protein concentrates from *GlyriciDia sepium* and *Leucaena leucocephala*. International Journal of Food Science & Technology, 39, no. 3, pp. 253-261.

Aldana, R. (1996) Utilización de Tres Concentrados Balanceados en Pollos Criollos y Mejorados. Revista Latinoamericana de Agricultura y Nutrición RELAN. Vol. 1.1 (Enero-Junio).

Angulo, I. (1991). Manejo Nutricional de Aves Bajo Condiciones de Estrés Térmicos. FONAIAP Divulga N° 37 Julio-Septiembre.

Anzaldúa, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Zaragoza. España. Ed. Acribia, S.A.

Arteaga, J y Ortiz de Bertorelli, L (1989). Evaluación nutricional de la proteína del grano de seis cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Rev. Fac Agron. (Maracay) 15: 213-224.

Avallone, R, Plessi, M, Baraldi, M, Monzani, A.( 1997). Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins. Journal of Food Composition and Analysis, 10, n2, Junio, p166-172,.

Aves del Corral (1983). México: Editorial Trillas.

Axel, R.(1995). The molecular logic of smell. Scientific American, 273, 154-159.

Bello-Pérez, L,. Sáyago-Ayerdi, S, Villagómez- Méndez, J y Montiel-Salas, L. (2000). Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas. .Agrociencia 34: 553-560.

Benneker, C y Vargas, J (1994).Estudio del consumo voluntario de cinco procedencias de matarratón (*Gliricidia sepium*) realizado con ovejas africanas alimentadas con tres dietas diferentes" Livestock Research for Rural Development, 6, Number 1.

Bochi-Brum, O.,Carro, M, Valdés, C, González J, y López, S. (1999 ). Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. Arch. Zootec. 48: 51-61.

Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales (1941) 7(48): 140-141.

Briones, V, Goyache, J, Domínguez, L. (2000) Situación actual y perspectivas de las enfermedades transmisibles de los animales salvajes. Información Veterinaria,° 219, Noviembre.

Brownsell, V, Griffith, J, Jones, E. (1993) La Ciencia aplicada al estudio de los alimentos. Editorial Diana, S. A., Primera edición, México, DF.

Buitrago, J, Gil, J, Ospina, B. (2001) La Yuca en la alimentación agrícola. Cuadernos Avícolas 14. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y el Desarrollo de la Yuca. Colombia, Octubre.

Cárdenas, H, Gómez, C, Diaz, J, y Camarena, F (2000). Evaluación de la Calidad de la Proteína de 4 Variedades Mejoradas de Frijol Rev Cubana Aliment Nutr, 14(1):22-7.

Carranco , M, Castillo, R, Escamilla , A, Martínez, M , Pérez-Gil, F y Stephan, E. (2002 ) Composicion química, extracción de proteína foliar y perfil de aminoácidos de siete plantas acuáticas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 36, No. 3, Página 247 septiembre.

Cerrate, S, Gómez, C (2002) Uso del Bicarbonato de Sodio en pollos de carne. Departamento de Nutrición UNA La Molina. Visión Veterinaria.

Chacón, M; Acosta, I y Monsalve, D. (1994) El mata ratón (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de pollos de engorde. Resúmenes del VIII Congreso venezolano de Zootecnia. Universidad Rómulo Gallegos. San Juan de Los Morros. Edo. Guárico. Venezuela.

Cockshott, I. (2004). Manejo del pollo de carne y de los reproductores en zonas de clima cálido. Poultry Middle East & North América, Marzo/abril .

Cruz-Suárez, L., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C. (2000) Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón" .Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, .Mérida, Yucatán.

Cuello, S, Perera, C, Noda, J y Alfonso, P. (2003) Enfermedad de Gumboro: Diagnóstico serológico por diferentes técnicas. Rev. Cubana de Ciencia Avícola, 27: 19-21.

Dale, N y Schutza, J (1993) La Industria del Pollo en Venezuela. Venezuela Avícola.

Damron, B, Sloan, D y Garcia, J. (1998) Nutrición para pequeñas parvadas de pollos. University of Florida. Extensión. Institute of Food and Agricultural Sciences Abril.

De Buen de A., Torres L., Delgado G, Juárez B, Rodríguez G. (1996) Causas de muerte en animales. Análisis de 934 casos de México. Memorias V Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Patologos Veterinarios pp 9-10, 4-8 junio.

Dias, B, Almeida,M, Vieira, C, Araújo, M, Brunoro , N, Namsser M, Alves M.( 2003) Protein quality and *in vivo* digestibility of different varieties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Braz. J. Food Technol., .6, .2, p. 157-162, jul./dez.

Diaz, D, Pacheco de Delahaye, E (2000) Evaluación físico - química de salsas de mango (*mangifera indica* l.) utilizando harina de plátano verde (musa sp., grupo aab) como agente espesante. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 26:53-65.

Diaz, I.(1998). Evaluación de cuatro métodos (fecal, ileal, *in situ* e *in vitro*) para determinar digestibilidad del follaje de batata (*Ipomoea batatas* l.) en cerdos. Trabajo de Ascenso Resúmenes de trabajos de grado y ascenso publicados en el área cerdos y recursos alternativos para alimentación. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.

Domínguez, M. J. Rosas Romero A. (1984) Mejoramiento de un concentrado de proteínas de hojas y tallos de la planta de arveja (*Pisum Sativum*) y su evaluación nutricional con pollos tipo HUBBARD de engorde". Acta Científica Venezolana.

Esminger, E. M. (1976). Producción avícola (Traducido por C. Rueda y M. Marino). Argentina: El Ateneo.

Fernández, N. (2004). Criando pollos en la Bretaña. Selecciones Avícolas. Marzo

Franco, A., y Franco, L. F. (1989) La gallina criolla, generalidades y perspectivas. Zootecnia (2). pp. 7-13.

Fugliee, L. (2000 ) Se estudian nuevos usos del marango en Nicaragua. EDN, Numero 68.Septiembre.

Furuya, V, Furuya, W, Hayashi, C, Soares, C. (2000) Niveles de inclusión de harina de girasol en la alimentación de la tilapia del nilo (*oreochromis niloticus*), en etapa juvenil. Zootecnia Tropical, 18 N°1 .

García de H M, Sánchez, C, Colmenárez, J, Monsalve, M y Sierralta, R. (1994) Suplementación a corte de *leucaena leucocephala* sobre la producción de leche en vacas mestizas de doble propósito en el Valle de Aroa, Venezuela. Zootecnia Tropical 12. N°2.

García García, J, González, C. (1995) Efectos del nivel de incorporación del follaje deshidratado de batata (*Ipomoea batatas* L.) en raciones para cerdas gestantes y lactantes sobre el comportamiento productivo y reproductivo. Resúmenes de trabajos de grado y ascenso

publicados en el área cerdos y recursos alternativos para alimentación. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.

Godoy, S y Chicco, C. (1997) Utilización de la paja de arroz con y sin amonificación en la alimentación de bovinos de carne. Zootecnia Tropical, 15, Nº 1.

González R., David A. González, C (1995) Incorporación de diferentes niveles de follaje deshidratado de batata (*Ipomoea batatas*) en raciones para evaluar características productivas en cerdos en la etapa de finalización" Resúmenes de trabajos de grado y ascenso publicados en el área cerdos y recursos alternativos para alimentación. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.

Gonzalvo, S, Nieves, D, Ly, J, Macías, M, Carón, M y Martínez,V, (2001). Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos. Livestock Research for Rural Development (13) 2.

Herrera, J. y Rosas Romero, A. (1990) Biological evaluation of Plantain (*Musa paradisiaca*) Leaf Protein Concentrate Italian . J. Food Sci, Vol. II, Nº 2, p 89-95.

Herrera, P; García, M; Birbe, B; Colmenares, O, Martínez. N. (2002) Aceptabilidad y consumo de bloques multinutricionales con follaje de frijol bayo (*vigna unguiculata* (I), walp) Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, Octubre, 494-496.

Jaramillo, M, Peña M, Angulo I, León A, y Obispo N, (1993) Valor nutricional de cultivares de sorgo granifero [*sorghum bicolor* (L) moench] altos en taninos producidos en Venezuela I. Composición Química" Zootecnia Tropical 11(2):129-150.

López V, .Morales S., Cabrera C., (2001) Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (*Lama glama*). II. heno de trébol rosado (*Trifolium pratense*), heno de ballica (*Lolium multiflorum*), paja de poroto (*Phaseolus vulgaris*) y paja de avena (*Avena sativa*): Intake and apparent digestibility of forages in llamas (*Lama glama*). II. clover hay (*Trifolium pratense*), riegrass hay (*Lolium multiflorum*), beans straw (*Phaseolus vulgaris*) and oat straw (*Avena sativa*)". Arch. med. vet..33, no.2, p.145-152.

Luzardo, M. (1999) Estudio de factibilidad económica de una planta de procesamiento para la elaboración de alimentos para animales con Grifo Negro". Tesis de Grado de Ingeniero Químico Universidad Metropolitana. Caracas, Venezuela .Dirigida por Soledad, B.

Marín, A, Carías, D, Cioccia, A y Hevia, P. (2003) Valor nutricional de los follajes de *musa paradisiaca* y *clitoria ternatea* como diluyentes de raciones para pollos de engorde, INCI Caracas v.28 n.1 ene.

Martínez de Acurero, M, Capó, E, Chicco, C, Godoy de León, S, Acurero, G y Quintana, H. (1993) Digestibilidad *in vitro* de la celulosa utilizando diferentes fuentes de fósforo. Zootecnia Tropical. Vol. 11(1):3-12.

Mattos, J , Chauca, L, San Martín, F Carcelén, F y Arbaiza , T (2003) Uso del ensilado biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados. Rev. investig. vet. Perú 14 no.2 Lima July/Dec.

Mazorra, C, Borges .G, Blanco, M, Marrero, P y Martínez, G (2002) Aceptabilidad relativa de las principales especies de plantas que componen las coberturas citrícolas de la CPA "José Martí. Zootecnia Tropical, 20(3):341-355.

Merck & Co, INC. (1988) Traducido por Centrum Manual Merck de Veterinaria. 3ra Edición en Español. Madrid, España.

Meschy, F .(1998) Balance electrolítico y productividad en animales monogástricos. XIV Curso de Especialización Avances en nutrición y alimentación animal. Laboratoire de Nutrition et d'Alimentation INRA-INA PG 16, rue Claude Bernard F-75231 Paris cedex France.

Miller, J y Miller, J (2002) Estadística y quimiometría para Química Analítica, Prentice Hall, 4 ta edición. España.

Monforte, J, Carías, D, Cioccia, A y Hevia, P (2002) Valor nutricional de las harinas *de Clitoria ternatea* y *Brachiaria humidicola* en la alimentación de pollos de engorde INCI Caracas v.27 n.1 ene.

Montilla J. Montaldo A. Angulo I. León H. Vargas R. Wielenhofer H. y Risco J. (1985) Harinas de raíz y follaje de yuca en raciones para ponedoras". Zootecnia tropical. Vol. 1 (1y2):82-98.

Montouto-Graña M, Romero-Rodríguez M, Vázquez-Odériz M, Femández-Femández E Pascualena J, Ritter E. (2000) Evaluación sensorial de la patata de Galicia con denominación específica (Ed). Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación desarrollo en Patata. Patata. 3-6 Julio, Vitoria–Gastéis, España. P. 397-402.

National Research Council (1975). Necesidades nutricionales de las aves. Argentina: Hemisferio Sur.

Norma del Codex para los productos a base de caseína alimentaria. (2001) Codex stan a-18-1995, Rev. 1.

NRC (1984) Nutrient requirements of poultry 8 Th. Rev. Edition. National Academy Press. Washington, DC.

Núñez, G, Cantú, J. (2000) Producción, composición química y digestibilidad del forraje de sorgo x sudán de nervadura café en la región norte de México. Téc. Pecu. Mex. 38 (3) 177 – 187.

Oke, O. (1973) Leaf protein research In Nigeria a review . Trop. Sci. 15: 139-155.

Oropeza, E y Ortiz de Bertorelli, L (1989) Evaluación nutricional de la proteína del grano de seis cultivares de maíz (*Zea mays* L.)". Rev. Fac Agron. (Maracay) 15: 225-234.

Osborne, T, Mendel, L y Ferry, E. (1919). A meted of expressing numerically the grow promoting value of proteins J. Biol. Chem., 37: 223-229.

Pacheco-Delahaye, E y Vivas, N. (2003). Efecto de la harina desgrasada de germen de maíz y del salvado de arroz en algunas propiedades químicas, físicas y sensoriales de salchichas Acta Científica Venezolana, 54: 274-283.

Rosthoj S, Branda de Paredes, N, (1998) Determinación de los nutrientes digestibles totales en ovinos a partir del *pennisetum purpureum* y variedades Revista de Ciencia y Tecnología.Dirección de Investigaciones – UNA Vol. 1 Nº 3.

Sánchez, C, García de H, M y Prays, R (1994) Mejoramiento del rendimiento y de las características organolépticas del queso blanco suave y crema elaborado con leche de cabra. Zootecnia Tropical Vol. 12 N°(1):115-131.

Sangronis, E. y Cabedo, M.(1991) Evaluación sensorial de alimentos. Laboratorios ACME. Caracas, Venezuela.

Sarria, P, Villavicencio P y Orejuela, L (1991) Utilización de follaje de Nacedero (*Trichantera gigantea*) en la alimentación de cerdos de engorde Livestock Research for Rural Development. 3, (2), June.

Sarria, P. (1994) Efecto del nacedero (*trichanthera gigantea*) como reemplazo parcial de la soya en cerdas en gestación y lactancia recibiendo una dieta básica de jugo de caña" Livestock research for rural development. 6,(1), marzo.

Sauveur, B., Mongin, P. (1978) Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 18, 87-98.

Soledad , B, Adames, J, Luzardo, M.(2004) Estudio Nutricional de las hojas de Grifo Negro *(Macrolobium bicuspidum)*. TEKHNE. Revista de la Facultad de Ingeniería UCAB,. N° 7. pp. 40-49.

Soledad, B, Adames, J. (1998) Evaluación nutricional de las hojas de Grifo Negro (*Macrolobium bicuspidum)* 48 ava. Convención anual de ASOVAC, Maracaibo, noviembre.

Souza, O. y. Dos Santos, I (2002) Digestibilidad in vivo, balance de nitrógeno e ingestión voluntaria en ovinos alimentados con paja Arch. Zootec. 51: 361-371.

Stampanoni, C.(1994) The use of standardized flavor language and the quantitative flavor profiling technique for dairy flavored products". Journal Sensory Studies, 9: 383-400.

Taehee, K, Pastuszyn, A, Vanderjagt, D, Glew, R, Millson, M, Glew, R . (1997) The Nutritional Composition of Seeds from *Boscia senegalensis* (Dilo) from the Republic of Niger Journal of Food Composition and Analysis, v 10, n 1, p73- 81. Marzo.

Trompiz, J, Ventura, M., Esparza, D. Alvarado, E, Betancourt, E., Padrón-Morales, S. (2002). Evaluación de la sustitución parcial del alimento balanceado por harina de grano de fríjol (*vigna unguiculata*) en la alimentación de pollos de engorde. Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, Octubre, 478-480.

Trompiz, J, Ventura, M, Gómez, A, Balzan, M, Silva, P, Barreto K. (2002) Evaluación de raciones con harina de follaje de yuca (*manihot esculenta crantz*) sobre el rendimiento productivo de cerdos en etapa de engorde Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, Octubre, 481-483.

Valéria R. Furuya, W, Furuya, M, Hayashi, C, Soares, C (2000) Niveles de inclusión de harina de girasol en la alimentación de la tilapia del nilo (*oreochromis niloticus*), en etapa juvenil. Zootecnia tropical, Vol.18 n°1.

Vásquez, P y Rosso, L (1996) Evaluación de la harina de mataraton (*gliricdia sepium*) sobre la ganancia de peso de cerdos en crecimiento". Zootecnia Tropical Vol. 14 (1): 99-104.

Vásquez, P.C. (1994) Uso de la harina de rabo de ratón (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de pollos de engorde. Resúmenes del VII Congreso venezolano de Zootecnia. Universidad Rómulo Gallegos. San Juan de Los Morros. Edo. Guárico. Venezuela.

Yescas- Yescas, R , Barcena R, Mendoza G, Gonzalez S, Cobos M, Ortega, M. (2004) Digestibilidad *in situ* de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas" Agrociencia. Vol 38, Número 1. Enero-Febrero.

# VIII. APENDICE

## VIII.A. MODELO DE LA PLANILLA ENTREGADA A LOS JUECES DEGUSTADORES DE LA PRUEBA ORGANOLÉPTICA

ENSAYO DE ESCALA HEDONICA

Instrucciones:

1.- Se le presentarán tres muestras de alimentos para ser evaluados en cuanto al color, sabor y textura.

(En el análisis de sabor incluya todas las sensaciones percibidas, incluyendo el sabor residual "after taste"

2.- Marcar para cada muestra el grado de aceptabilidad y/o preferencia según la siguiente escala propuesta

| Puntaje | Grado de Aceptabilidad o preferencia |
|---|---|
| 1 | Me disgusta mucho |
| 2 | Me disgusta moderadamente |
| 3 | Indiferente |
| 4 | Me gusta moderadamente |
| 5 | Me gusta mucho |

En cuanto a la uniformidad de la textura, el puntaje varía de 1 ( muy des-uniforme), hasta 5 (muy uniforme), y en lo que respecta a la suavidad, la variación va de 1 (muy suave), hasta 5 ( muy duro).

## 3.- Pasos a seguir para la degustación

Enjuagar la boca con agua
Degustar la muestra
Lavar la boca con agua después de cada degustación

EVALUACIÓN SENSORIAL

Método descriptivo de evaluación
Ensayo de Preferencia-Aceptabilidad
**Ensayo Tipo:** Escala Hedónica

Nombre: _____ Fecha: _____

| Muestra | Color | Textura Uniformidad | Textura Suavidad | Sabor | Desintegración |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

## VIII.B. ANÁLISIS PARA LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES EN LA HOJA DE *MACROLOBIUM BICUSPIDUM*

### VIII.B.1. *Análisis de humedad*

| N° Crisol | Crisol | Crisol + Muestra | Crisol+Muestra Seca | %$H_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| **C4** | 22,3877 | 23,3899 | 22,6770 | 71,1335 |
| | 22,3875 | 23,3893 | 22,6780 | 71,0022 |
| | 22,3875 | 23,3885 | 22,6843 | 70,3497 |
| x [ppm] | **22,3876** | **23,3892** | **22,680** | **70,828** |
| Inc [ppm] | **0,0001** | **0,0007** | **0,004** | **0,004** |
| | | | | |
| N° Crisol | Crisol | Crisol + Muestra | Crisol+Muestra Seca | %$H_2O$ |
| **C2** | 22,4474 | 23,4570 | 22,7449 | 70,5329 |
| | 22,4474 | 23,4565 | 22,7480 | 70,2111 |
| | 22,4472 | 23,4560 | 22,7579 | 69,2010 |
| x [ppm] | **22,4473** | **23,4565** | **22,750** | **69,982** |
| Inc [ppm] | **0,0001** | **0,0005** | **0,007** | **0,007** |
| | | | | |
| N° Crisol | Crisol | Crisol + Muestra | Crisol+Muestra Seca | %$H_2O$ |
| **C3** | 21,3793 | 22,3894 | 21,6636 | 71,8543 |
| | 21,3790 | 22,3891 | 21,6650 | 71,6860 |
| | 21,3792 | 22,3887 | 21,6717 | 71,0253 |
| x [ppm] | **21,3792** | **22,3891** | **21,667** | **71,522** |
| Inc [ppm] | **0,0002** | **0,0004** | **0,004** | **0,004** |
| | | | | |
| N° Crisol | Crisol | Crisol + Muestra | Crisol+Muestra Seca | %$H_2O$ |
| **C1** | 21,6912 | 22,5217 | 21,9103 | 73,6183 |
| | 21,6913 | 22,5213 | 21,9212 | 72,3012 |
| | 21,6913 | 22,5211 | 21,9207 | 72,3548 |
| x [ppm] | **21,6913** | **22,5214** | **21,917** | **72,758** |
| Inc [ppm] | **0,0001** | **0,0003** | **0,006** | **0,007** |

| **Resultado del Estudio del Grado de Humedad** | |
|---|---|
| Humedad | Incertidumbre (ISO 17025) |
| [%] | [%] |
| 71,27 | 0,01 |

## VIII.B.2. *Análisis del contenido de cenizas*

| N° Crisol | Crisol | Crisol + Muestra | Crisol+Cenizas | %Ceniza |
|---|---|---|---|---|
| **C4** | 22,3877 | 23,3899 | 22,4172 | 2,9435 |
| | 22,3875 | 23,3893 | 22,4117 | 2,4157 |
| | 22,3875 | 23,3885 | 22,4282 | 4,0659 |
| x [ppm] | **22,3876** | **23,3892** | **22,419** | **3,142** |
| Inc [ppm] | **0,0001** | **0,0007** | **0,008** | **0,008** |
| | | | | |
| N° Crisol | Crisol | Crisol + Muestra | Crisol+Cenizas | %Ceniza |
| **C2** | 22,4474 | 23,4570 | 22,4808 | 3,3082 |
| | 22,4474 | 23,4565 | 22,4850 | 3,7261 |
| | 22,4472 | 23,4560 | 22,4810 | 3,3505 |
| x [ppm] | **22,4473** | **23,4565** | **22,482** | **3,462** |
| Inc [ppm] | **0,0001** | **0,0005** | **0,002** | **0,002** |
| | | | | |
| N° Crisol | Crisol | Crisol + Muestra | Crisol+Cenizas | %Ceniza |
| **C3** | 21,3793 | 22,3894 | 21,4135 | 3,3858 |
| | 21,3790 | 22,3891 | 21,4132 | 3,3858 |
| | 21,3792 | 22,3887 | 21,4165 | 3,6949 |
| x [ppm] | **21,3792** | **22,3891** | **21,414** | **3,489** |
| Inc [ppm] | **0,0002** | **0,0004** | **0,002** | **0,002** |
| | | | | |
| N° Crisol | Crisol | Crisol + Muestra | Crisol+Ceniza | %Ceniza |
| **C1** | 21,6912 | 22,5217 | 21,7113 | 2,4202 |
| | 21,6913 | 22,5213 | 21,7221 | 3,7108 |
| | 21,6913 | 22,5211 | 21,7249 | 4,0492 |
| x [ppm] | **21,6913** | **22,5214** | **21,719** | **3,393** |
| Inc [ppm] | **0,0001** | **0,0003** | **0,007** | **0,009** |

| **Resultado del Estudio del Grado de Ceniza** | |
|---|---|
| Ceniza | Incertidumbre (ISO 17025) |
| [%] | [%] |
| 3,37 | 0,01 |

## VIII.B.3. *ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE SODIO (Na)*

| Concentración de sodio en la dilución final | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | C4 | C2 | C3 | C1 |
| x [ppm] | 0,580 | 0,370 | 0,535 | 0,339 |
| s [ppm] | 0,0030 | 0,0018 | 0,0022 | 0,0024 |

| | Concentración de sodio en la solución inicial | | | |
|---|---|---|---|---|
| | C4m | C2m | C3m | C1m |
| $x_1$ [ppm] | 2,90 | 1,85 | 2,68 | 1,70 |
| Inc ($s_1$) [ppm] | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |

| Cantidad de Sodio por cada gramo de muestra | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **C4** | **C2** | **C3** | **C1** |
| $x_2$ [mg] | 0,1448 | 0,0917 | 0,1324 | 0,1021 |
| Inc ($s_2$) [mg] | 0,0009 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0006 |

| Cantidad de Sodio [mg] / g de hojas de *Macrolobium bicuspidum* | | | |
|---|---|---|---|
| CANT. DE SODIO (Na) | | | Incertidumbre (ISO 17025) |
| | [mg] | | [mg] |
| 0,118 | | | 0,002 |

## VIII.B.4. *ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE POTASIO (k)*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Concentración de potasio en la dilución final** | | | |
| | C4 | C2 | C3 | C1 |
| x [ppm] | 0,772 | 0,770 | 0,724 | 0,586 |
| s [ppm] | 0,0056 | 0,0041 | 0,0094 | 0,0019 |
| | | | | |
| | **Concentración de potasio en la solución inicial** | | | |
| | C4m | C2m | C3m | C1m |
| $x_1$ [ppm] | 96,5 | 96,3 | 90,5 | 73,3 |
| Inc ($s_1$) [ppm] | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | | | | |
| | | | | |
| **Cantidad de Potasio por cada gramo de muestra** | | | | |
| | **C4** | **C2** | **C3** | **C1** |
| $x_2$ [mg] | 4,82 | 4,77 | 4,48 | 4,41 |
| Inc ($s_2$) [mg] | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| | | | | |
| | | | | |
| **Cantidad de Potasio [mg] / g de hojas de *Macrolobium bicuspidum*** | | | | |
| CANT. DE POTASIO (Na) | | | Incertidumbre (ISO 17025) | |
| | [mg] | | [mg] | |
| 4,62 | | | 0,08 | |

## VIII.B.5. *ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE CALCIO ( Ca)*

| | Concentración de Calcio en la dilución final | | | |
|---|---|---|---|---|
| | C4 | C2 | C3 | C1 |
| x [ppm] | 4,039 | 4,662 | 4,045 | 3,312 |
| s [ppm] | 0,0098 | 0,0149 | 0,0087 | 0,0092 |
| | | | | |
| | **Concentración de Calcio en la solución inicial** | | | |
| | C4m | C2m | C3m | C1m |
| $x_1$ [ppm] | 101,0 | 116,6 | 101,1 | 82,8 |
| Inc ($s_1$) [ppm] | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| | | | | |
| **Cantidad de Calcio por cada gramo de muestra** | | | | |
| | **C4** | **C2** | **C3** | **C1** |
| $x_2$ [mg] | 5,04 | 5,77 | 5,01 | 4,99 |
| Inc ($s_2$) [mg] | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| | | | | |
| **Cantidad de Calcio [mg] / g de hojas de *Macrolobium bicuspidum*** | | | | |
| CANT. DE CALCIO (Ca) | | | Incertidumbre (ISO 17025) | |
| | [mg] | | [mg] | |
| 5,20 | | | 0,03 | |

## VIII.B.6. *ANALISIS DE LA CONCENTRCION DE MAGNESIO (Mg)*

| | Concentración de Magnesio en la dilución final | | | |
|---|---|---|---|---|
| | C4 | C2 | C3 | C1 |
| x [ppm] | 0,361 | 0,424 | 0,363 | 0,303 |
| s [ppm] | 0,0017 | 0,0038 | 0,0027 | 0,0025 |

| | Concentración de Magnesio en la solución inicial | | | |
|---|---|---|---|---|
| | C4m | C2m | C3m | C1m |
| $x_1$ [ppm] | 36,1 | 42,4 | 36,3 | 30,3 |
| Inc ($s_1$) [ppm] | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |

| | Cantidad de Magnesio por cada gramo de muestra | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **C4** | **C2** | **C3** | **C1** |
| $x_2$ [mg] | 1,80 | 2,10 | 1,80 | 1,83 |
| Inc ($s_2$) [mg] | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |

| **Cantidad de Magnesio [mg] / g de hojas de *Macrolobium bicuspidum*** | |
|---|---|
| CANT. DE MAGNESIO (Mg) | Incertidumbre (ISO 17025) |
| [mg] | [mg] |
| 1,88 | 0,03 |

**Ejemplo cálculos crisol 3:**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Na: | Dilución: | 1,0099 g hojas frescas/10 ml | | % humedad: | 71,24 |
| | 1 ml:5 ml | | | | |
| ppm curva: | 0,535 | | | g hojas secas : | 0,2876 |
| mg/ 5 ml | 0,002675 | | | | |
| mg/ml | 0,013375 | | | | |
| mg/10 ml | 0,13375 | | | | |
| mg/g hojas frescas | 0,1324 | | | | |
| mg/100 g hojas frescas = | 13,24 | | | | |
| mg/g hojas secas | 0,46 | | | | |
| mg/100 g hojas secas = | 46,05 | | | | |
| | | | | | |
| K: | Dilución: | 1,0099 g hojas frescas/10 ml | | % humedad: | 71,24 |
| | 1 ml:25 ml y 1:5 (v/v) | | | | |
| ppm curva: | 0,7324 | | | g hojas secas : | 0,2876 |
| mg/ 5 ml (2ª dil) | 0,003662 | | | | |
| mg/25 ml (1ª dil) | 0,09155 | | | | |
| mg/ml | 0,45775 | | | | |
| mg/10 ml | 4,5775 | | | | |
| mg/g hojas frescas | 4,5326 | | | | |
| mg/100 g hojas frescas = | 453,26 | | | | |
| mg/g hojas secas | 15,76 | | | | |
| mg/100 g hojas secas = | 1575,91 | | | | |
| | | | | | |
| Ca: | Dilución: | 1,0099 g hojas frescas/10 ml | | % humedad: | 71,24 |
| | 1 ml: 25 ml | | | | |
| ppm curva: | 4,05 | | | g hojas secas : | 0,2876 |
| mg/ 25 ml | 0,10 | | | | |
| mg/ml | 0,51 | | | | |
| mg/10 ml | 5,06 | | | | |
| mg/g hojas frescas | 5,0067 | | | | |
| mg/100 g hojas frescas = | 500,67 | | | | |
| mg/g hojas secas | 17,41 | | | | |
| mg/100 g hojas secas = | 1740,73 | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mg: | Dilución: | 1,0099 g hojas frescas/10 ml | | % humedad: | 71,24 |
| | 1 ml: 100 ml | | | | |
| ppm curva: | 0,363 | | | g hojas secas : | 0,2876 |
| mg/ 100 ml | 0,0363 | | | | |
| mg/ml | 0,1815 | | | | |
| mg/10 ml | 1,815 | | | | |
| mg/g hojas frescas | 1,7972 | | | | |
| mg/100 g hojas frescas = | 179,72 | | | | |
| mg/g hojas secas | 6,25 | | | | |
| mg/100 g hojas secas = | 624,86 | | | | |

## VIII.C. CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA ENTRE LAS MEDIAS (ANOVA) DE UN FACTOR

Pesos:

| PESOS | Caseína | G + B | G | 5% | 10% | 15% | Control | 2% | 4% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15,32 | -16,19 | -42,65 | 13,56 | 7,22 | | 158,74 | 218,74 | 144,04 |
| | 33,04 | -57,98 | -60,33 | | -15,35 | -2,60 | 173,98 | 173,94 | 92,84 |
| | 2,94 | -25,44 | -33,12 | 12,50 | 7,77 | 12,78 | 166,00 | 95,13 | 153,01 |
| | 66,05 | -10,19 | -17,04 | | 21,14 | 0,02 | 122,47 | 139,52 | 138,98 |
| | 14,85 | -25,00 | | 21,20 | 16,21 | 12,78 | 121,63 | 123,00 | 152,93 |
| | 35,68 | -53,31 | -49,98 | 15,69 | -4,20 | 6,73 | | 142,36 | 75,73 |
| | 2,35 | -23,65 | -35,04 | -7,19 | -1,85 | 7,28 | 123,43 | 133,01 | 78,46 |
| | 22,03 | -18,66 | -16,62 | 20,08 | 19,61 | -6,32 | 129,92 | 109,50 | 108,83 |
| | 30,17 | -33,27 | -21,68 | -0,50 | -6,90 | -0,15 | | | |
| | 17,50 | -26,76 | -20,29 | 15,38 | | -7,95 | | | |

**Grupo Grifo Con Bicarbonato y Grifo Sin Bicarbonato.**

| RESUMEN | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* | | |
| Columna 1 | 10 | -290,45 | -29,045 | 237,3522 | | |
| Columna 2 | 9 | -296,75 | -32,97222 | 243,1566 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | | |
| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
| Entre grupos | 73,056668 | 1 | 73,056 | 0,304296 | 0,588379 | 4,451322 |
| Dentro de los grupos | 4081,4240 | 17 | 240,083 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 4154,4806 | 18 | | | | |
| | | | | | | |
| **F calculado es menor a F crítico: NO hay diferencia significativa.** | | | | | | |

**Grupo 5, 10 y 15 % sustitución**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 8 | 90,72 | 11,34 | 99,8102571 |
| Columna 2 | 9 | 43,65 | 4,85 | 162,4137 |
| Columna 3 | 9 | 22,57 | 2,5077777 | 59,7844194 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 349,75385 | 2 | 174,87692 | 1,624294 | 0,218852 | 3,422132 |
| Dentro de los grupos | 2476,256 | 23 | 107,66333 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 2826,0106 | 25 | | | | |

**F calculado es menor a F crítico: NO hay diferencia significativa.**

**Grupo 0, 2 y 4 % sustitución**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 7 | 996,17 | 142,31 | 527,56 |
| Columna 2 | 8 | 1135,2 | 141,9 | 1515,751 |
| Columna 3 | 8 | 944,82 | 118,1025 | 1090,177 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 3003,0490 | 2 | 1501,5245 | 1,402841 | 0,269072 | 3,492828 |
| Dentro de los grupos | 21406,904 | 20 | 1070,3452 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 24409,953 | 22 | | | | |

**F calculado es menor a F crítico: NO hay diferencia significativa.**

**Comparación de la variación de pesos entre la dieta control y las tres dietas con sustitución parcial**

| RESUMEN | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* | | |
| Columna 1 | 10 | 239,93 | 23,993 | 349,09520 | | |
| Columna 2 | 8 | 90,72 | 11,34 | 99,810257 | | |
| Columna 3 | 9 | 43,65 | 4,85 | 162,413 | | |
| Columna 4 | 9 | 22,57 | 2,507777 | 59,784419 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | | |
| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
| Entre grupos | 2678,547 | 3 | 892,84910 | 5,085545 | 0,005428 | 2,901119 |
| Dentro de los grupos | 5618,1135 | 32 | 175,5660 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 8296,6608 | 35 | | | | |

**F calculado es mayor a F crítico: hay diferencia significativa.**

**Caseína y 5 %**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Análisis de varianza de un factor | | | | | | |
| | | | | | | |
| RESUMEN | | | | | | |
| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* | | |
| Columna 1 | 10 | 239,93 | 23,993 | 349,0952 | | |
| Columna 2 | 8 | 90,72 | 11,34 | 99,81025 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | | |
| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
| Entre grupos | 711,5484 | 1 | 711,54848 | 2,964377 | 0,104390 | 4,493998 |
| Dentro de los grupos | 3840,528 | 16 | 240,03303 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 4552,077 | 17 | | | | |

**F calculado es menor a F crítico: NO hay diferencia significativa.**

**Caseína y 10 %**

| RESUMEN | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* | | |
| Columna 1 | 10 | 239,93 | 23,993 | 349,095 | | |
| Columna 2 | 9 | 43,65 | 4,85 | 162,413 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | | |
| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
| Entre grupos | 1735,836 | 1 | 1735,8368 | 6,64447 | 0,01956 | 4,45132 |
| Dentro de los grupos | 4441,166 | 17 | 261,2450 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 6177,0032 | 18 | | | | |

**F calculado es mayor a F crítico: hay diferencia significativa.**

**Caseína y 15 %**

| RESUMEN | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* | | |
| Columna 1 | 10 | 239,93 | 23,993 | 349,0952 | | |
| Columna 2 | 9 | 22,57 | 2,507777 | 59,78441 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | | |
| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
| Entre grupos | 2186,596 | 1 | 2186,596 | 10,26817 | 0,00519 | 4,45132 |
| Dentro de los grupos | 3620,1321 | 17 | 212,9489 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 5806,7284 | 18 | | | | |

**F calculado es mayor a F crítico: hay diferencia significativa.**

PER

| PER | Caseína | G + B | G | 5% | 10% | 15% | Control | 2% | 4% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,80 | -1,51 | -8,32 | 0,51 | 0,35 | | 2,48 | 2,93 | 2,70 |
| | 1,01 | -10,41 | -4,69 | | -1,00 | -0,16 | 3,30 | 3,36 | 1,40 |
| | 0,21 | -1,52 | -2,61 | 0,54 | 0,41 | 0,49 | 3,22 | 2,38 | 3,12 |
| | 2,78 | -1,86 | -1,23 | | 1,00 | 0,00 | 3,28 | 3,49 | 3,27 |
| | 0,75 | -3,22 | | 0,81 | 0,77 | 0,83 | 2,13 | 2,07 | 2,62 |
| | 1,71 | -7,91 | -5,90 | 0,64 | -0,40 | 0,44 | | 2,13 | 2,18 |
| | 0,15 | -2,88 | -1,71 | -0,63 | -0,14 | 0,47 | 2,35 | 2,70 | 2,26 |
| | 0,71 | -2,61 | -0,90 | 0,82 | 0,96 | -0,42 | 3,48 | 2,55 | 2,29 |
| | 1,45 | -3,29 | -2,36 | -0,04 | -0,72 | -0,01 | | | |
| | 4,80 | -3,54 | -4,37 | 0,67 | | -0,53 | | | |

**I.- Grupo G y G+B**

RESUMEN

| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 10 | -38,74671 | -3,874671 | 8,61841 |
| Columna 2 | 9 | -32,08766 | -3,56529 | 6,042692 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 0,453378 | 1 | 0,45337 | 0,061215 | 0,807549 | 4,45132 |
| Dentro de los grupos | 125,9072 | 17 | 7,40630 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 126,3606 | 18 | | | | |

**F calculado es menor que F crítico, NO difiere significativamente.**

## II.- Grupo 5, 10 y 15 %

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 8 | 3,32981935 | 0,416227 | 0,25178 |
| Columna 2 | 9 | 1,22747723 | 0,136386 | 0,54315 |
| Columna 3 | 9 | 1,12483905 | 0,124982 | 0,21038 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 0,452163 | 2 | 0,22608 | 0,66743 | 0,52268 | 3,42213 |
| Dentro de los grupos | 7,790829 | 23 | 0,33873 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 8,242992 | 25 | | | | |

**F calculado es menor que F crítico, NO difiere significativamente.**

## III.- Grupo 0, 2 y 4 %

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 7 | 20,241136 | 2,891590 | 0,302930 |
| Columna 2 | 8 | 21,611522 | 2,701440 | 0,279913 |
| Columna 3 | 8 | 19,847266 | 2,480908 | 0,348338 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 0,634016 | 2 | 0,317008 | 1,020081 | 0,37857 | 3,49282 |
| Dentro de los grupos | 6,215350 | 20 | 0,310767 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 6,849367 | 22 | | | | |

**F calculado es menor que F crítico, NO difiere significativamente.**

Eficiencia Alimentaria:

| EA | Caseína | G + B | G | 5% | 10% | 15% | Control | 2% | 4% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 18,40 | -11,38 | -55,46 | 6,86 | 3,69 | | 45,30 | 53,71 | 50,20 |
| | 10,31 | -78,47 | -31,30 | | -10,68 | -1,67 | 60,25 | 61,60 | 26,02 |
| | 2,16 | -11,48 | -17,40 | 7,27 | 4,36 | 5,29 | 58,83 | 43,52 | 58,00 |
| | 28,45 | -14,05 | -8,24 | | 10,67 | 0,01 | 59,85 | 63,83 | 60,68 |
| | 7,64 | -24,24 | | 10,86 | 8,26 | 8,80 | 38,85 | 37,92 | 48,58 |
| | 17,50 | -59,61 | -39,38 | 8,61 | -4,23 | 4,67 | | 39,04 | 40,54 |
| | 1,52 | -21,74 | -11,39 | -8,44 | -1,48 | 5,05 | 42,84 | 49,44 | 42,00 |
| | 7,24 | -19,67 | -5,97 | 10,93 | 10,22 | -4,45 | 63,47 | 46,64 | 42,55 |
| | 14,88 | -24,80 | -15,72 | -0,52 | -7,72 | -0,11 | | | |
| | 49,14 | -26,72 | -29,16 | 8,93 | | -5,64 | | | |

**I.- Grupo G y G+B**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 10 | -292,1501 | -29,2150198 | 489,9704 |
| Columna 2 | 9 | -214,0246 | -23,7805217 | 268,8327 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 139,8968 | 1 | 139,896804 | 0,362515 | 0,555058 | 4,451322 |
| Dentro de los grupos | 6560,395 | 17 | 385,905645 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 6700,292 | 18 | | | | |

**El valor de F calculado es menor al F crítico, NO hay diferencia significativa**

**II.- Grupo 5, 10 y 15 %**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 8 | 44,51968 | 5,56496058 | 45,00810 |
| Columna 2 | 9 | 13,08490 | 1,45387859 | 61,72152 |
| Columna 3 | 9 | 11,96258 | 1,32917616 | 23,91508 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 96,53637 | 2 | 48,2681899 | 1,110002 | 0,346577 | 3,422130 |
| Dentro de los grupos | 1000,149 | 23 | 43,484767 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 1096,686 | 25 | | | | |

**El valor de F calculado es menor al F crítico, NO hay diferencia significativa**

**II.- Grupo 0, 2 y 4 %**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 7 | 369,3970 | 52,771003 | 100,8691 |
| Columna 2 | 8 | 395,7069 | 49,463372 | 93,84283 |
| Columna 3 | 8 | 368,5637 | 46,070466 | 120,1227 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 167,9853 | 2 | 83,992662 | 0,798798 | 0,46370 | 3,492829 |
| Dentro de los grupos | 2102,974 | 20 | 105,14871 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 2270,959 | 22 | | | | |

**El valor de F calculado es menor al F crítico, NO hay diferencia significativa**

Conversión Alimentaria

| CA | Caseina | G + B | G | 5% | 10% | 15% | Control | 2% | 4% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5,43 | -8,79 | -1,80 | 14,57 | 27,09 | | 2,21 | 1,86 | 1,99 |
| | 9,70 | -1,27 | -3,20 | | -9,36 | -59,73 | 1,66 | 1,62 | 3,84 |
| | 46,24 | -8,71 | -5,75 | 13,75 | 22,94 | 18,90 | 1,70 | 2,30 | 1,72 |
| | 3,52 | -7,12 | -12,14 | | 9,37 | 8422,50 * | 1,67 | 1,57 | 1,65 |
| | 13,08 | -4,13 | | 9,21 | 12,11 | 11,27 | 2,57 | 2,64 | 2,06 |
| | 5,72 | -1,68 | -2,54 | 11,61 | -23,65 | 21,41 | | 2,56 | 2,47 |
| | 65,87 | -4,60 | -8,78 | -11,85 | -67,64 | 19,81 | 2,33 | 2,02 | 2,38 |
| | 13,81 | -5,08 | -16,75 | 9,15 | 9,79 | -22,48 | 1,58 | 2,14 | 2,35 |
| | 6,72 | -4,03 | -6,36 | -193,85 * | -12,95 | -939,60 * | | | |
| | 2,04 | -3,74 | -3,43 | 11,19 | | -17,73 | | | |

* Datos anómalos, eliminados al aplicarse el contraste de Grubbs

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | Valor sospechoso =-193,85 | | | | | |
| | G= \| valor sospechoso - $\overline{x}$ \| /s | | | | | |
| G= | -2,4578459 | | | | | |
| *G crítico =2,126 (p=0,05; tamaño de muestra = 8) como G calculado es mayor a G crítico, se rechaza el valor* | | | | | | |
| 10% | Valor sospechoso =-67,64 | | | | | |
| G= | -2,1865969 | | | | | |
| *G crítico =2,215 (p=0,05; tamaño de muestra =9) como G calculado es menor a G crítico, se acepta el valor* | | | | | | |
| 15% | Valor soopechoso = 8422,50 | | | | | |
| G= | 2,65095424 | | | | | |
| *G crítico =2,215 (p=0,05; tamaño de muestra = 9) como G calculado es mayor a G crítico, se rechaza el valor* | | | | | | |
| 15% | Valor sospechoso = -939,60 | | | | | |
| G= | -4,9608849 | | | | | |
| *G crítico =2,126 (p=0,05; tamaño de muestra = 8) como G calculado es mayor a G crítico, se rechaza el valor* | | | | | | |

## I.- Grupo G y G+B

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 10 | -49,155043 | -4,91550434 | 6,76881772 |
| Columna 2 | 9 | -60,740261 | -6,74891793 | 25,0147982 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 15,9224466 | 1 | 15,9224466 | 1,03694427 | 0,32280736 | 4,45132287 |
| Dentro de los grupos | 261,037745 | 17 | 15,3551615 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 276,960191 | 18 | | | | |

**F calculado es menor a F crítico, NO difieren significativamente.**

## II.- Grupo 5 %, 10 % y 15 %

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 7 | 57,6264689 | 8,23235269 | 82,66275 |
| Columna 2 | 9 | -32,296387 | -3,58848745 | 858,0266 |
| Columna 3 | 7 | -28,5550018 | -4,07928598 | 934,3384 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 706,328436 | 2 | 353,164218 | 0,544745 | 0,58835462 | 3,49282848 |
| Dentro de los grupos | 12966,2205 | 20 | 648,311027 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 13672,549 | 22 | | | | |

**F calculado es menor a F crítico, NO difieren significativamente**

**III.- Grupo 0, 2 y 4%**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 7 | 13,7211949 | 1,9601707 | 0,16119726 |
| Columna 2 | 8 | 16,7147047 | 2,08933809 | 0,15941179 |
| Columna 3 | 8 | 18,4641989 | 2,30802486 | 0,47549939 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 0,46831245 | 2 | 0,23415623 | 0,86539241 | 0,43605959 | 3,49282914 |
| Dentro de los grupos | 5,41156181 | 20 | 0,27057809 | | | |
| Total | 5,87987427 | 22 | | | | |

**F calculado es menor a F crítico, NO difieren significativamente.**

Consumo de Alimentos

| Consumo de alimentos | Caseína | G + B | G | 5% | 10% | 15% | Control | 2% | 4% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 83,25 | 142,27 | 76,90 | 197,55 | 195,59 | | 350,39 | 407,26 | 286,92 |
| | 320,53 | 73,89 | 192,76 | | 143,72 | 155,30 | 288,77 | 405,51 | 356,82 |
| | 135,95 | 221,67 | 190,36 | 171,85 | 178,28 | 241,52 | 282,18 | 220,58 | 200,53 |
| | 232,19 | 72,54 | 206,87 | | 198,14 | 168,45 | 204,62 | 216,54 | 229,02 |
| | 194,25 | 103,13 | | 195,20 | 196,29 | 145,16 | 313,05 | 282,36 | 390,39 |
| | 203,93 | 89,44 | 126,90 | 182,15 | 99,33 | 143,99 | | 364,64 | 189,95 |
| | 154,79 | 108,80 | 307,59 | 85,23 | 125,13 | 144,22 | 288,10 | 206,12 | 183,79 |
| | 304,19 | 94,85 | 278,32 | 183,77 | 191,94 | 142,10 | 204,70 | 234,78 | 255,78 |
| | 202,80 | 134,16 | 137,92 | 96,93 | 89,36 | 139,98 | | | |
| | 35,61 | 100,15 | 69,58 | 172,17 | | 141,01 | | | |

**I.- Grupo G y G+B**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| *Grupos* | *Cuenta* | *Suma* | *Promedio* | *Varianza* |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 10 | 1140,891 | 114,0891 | 1937,09247 |
| Columna 2 | 9 | 1587,2 | 176,355556 | 6779,0158 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| *Origen de las variaciones* | *Suma de cuadrados* | *Grados de libertad* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Probabilidad* | *Valor crítico para F* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 18365,2649 | 1 | 18365,2649 | 4,35645472 | 0,05223555 | 4,45132287 |
| Dentro de los grupos | 71665,9586 | 17 | 4215,64462 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 90031,2235 | 18 | | | | |

**F calculado menor a F crítico, NO Difieren significativamente**

**II.- Grupo 5, 10 y 15 %**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 8 | 1284,84 | 160,605 | 1937,14819 |
| Columna 2 | 9 | 1417,77 | 157,53 | 1936,24043 |
| Columna 3 | 9 | 1421,725 | 157,957222 | 1063,09497 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 46,02192489 | 2 | 23,01096245 | 0,0140910 | 0,9860162 | 3,4221301 |
| Dentro de los grupos | 37559,39772 | 23 | 1633,017292 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 37605,41965 | 25 | | | | |

**F calculado menor a F crítico, NO Difieren significativamente**

**III.- Grupo 0, 2 y 4 %**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|---|---|---|---|---|
| Columna 1 | 7 | 1931,8 | 275,971429 | 2905,74371 |
| Columna 2 | 8 | 2337,78 | 292,2225 | 7569,20753 |
| Columna 3 | 8 | 2093,2 | 261,65 | 6043,9696 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Entre grupos | 3743,2 | 2 | 1871,615 | 0,3320666 | 0,72132 | 3,4928291 |
| Dentro de los grupos | 112727 | 20 | 5636,2639 | | | |
| | | | | | | |
| Total | 116468,5 | 22 | | | | |

**F calculado menor a F crítico, NO Difieren significativamente**

## VIII.D. FOTOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS QUÍMICOS:

Análisis de Humedad:

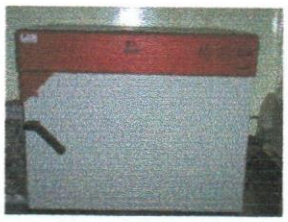


***Figura Nº 17. Estufa WTB Binder.***

Análisis de cenizas:

***Figura Nº 18. Mufla Felisa***

Análisis de grasas

***Figura Nº 19. Extractor de grasas Labconco***

Análisis de proteínas

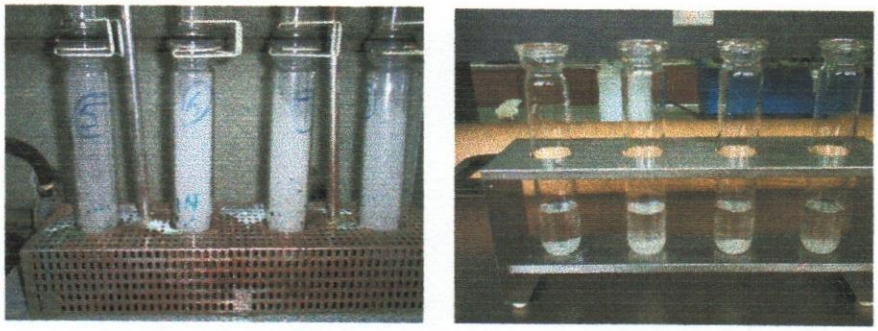


***Figura Nº 20. Unidad de digestión de proteínas***

***Figura Nº 21. Unidad de destilación de proteínas Buchi 315***

Análisis de Fibra Cruda

***Figura Nº 22. Analizador de Fibra Cruda Labconco***

***Figura Nº 23. Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer.***

## VIII.E. VARIACIÓN DE PESOS POR POLLO, MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR POR DIETA, EN LAS DISTINTAS DIETAS ESTUDIADAS

Experimento Nº 1:

| Variación de Peso por pollo para la dieta aproteica (Peso en gramos) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 3 | Aproteica | 98,11 | 82,12 | 78,46 | 78,90 | 67,15 | 65,80 |
| 4 | Aproteica | 100,82 | 98,85 | 92,38 | 91,42 | 80,40 | 88,76 |
| 17 | Aproteica | | | | murió | | |
| 20 | Aproteica | 98,75 | 88,75 | 85,33 | 74,48 | 74,25 | 71,87 |
| 24 | Aproteica | 94,61 | 86,73 | 85,02 | 79,48 | 74,22 | 72,82 |
| 25 | Aproteica | 71,77 | 73,23 | 74,04 | 71,98 | 67,25 | 64,35 |
| 26 | Aproteica | 96,36 | 77,85 | 82,79 | 72,95 | 67,02 | 62,16 |
| 30 | Aproteica | 108,50 | 105,62 | 95,59 | 86,77 | 85,15 | 84,73 |
| 31 | Aproteica | 157,53 | 141,59 | 136,07 | 127,60 | 121,23 | 119,86 |
| 34 | Aproteica | 132,61 | 117,88 | 110,09 | 113,10 | 102,22 | 100,96 |
| | **Media** | **107,56** | **96,96** | **93,31** | **88,52** | **83,10** | **81,26** |
| | **Desv. Std.** | **24,69** | **21,88** | **19,21** | **19,46** | **18,66** | **19,35** |

| Variación de Peso por pollo para la dieta a base de caseína (peso en gramos) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 6 | Caseína | 131,56 | 133,64 | 144,87 | 141,70 | 143,36 | 146,88 |
| 7 | Caseína | 151,37 | 160,56 | 166,18 | 172,33 | 181,59 | 184,41 |
| 9 | Caseína | 103,32 | 100,50 | 106,22 | 110,20 | 100,48 | 100,20 |
| 14 | Caseína | 170,07 | 182,51 | 200,17 | 202,78 | 234,21 | 236,12 |
| 16 | Caseína | 119,50 | 119,60 | 124,67 | 130,16 | 132,47 | 134,35 |
| 21 | Caseína | 102,18 | 112,22 | 124,89 | 135,84 | 134,36 | 137,86 |
| 27 | Caseína | 157,54 | 161,65 | 166,89 | 170,21 | 146,42 | 159,89 |
| 28 | Caseína | 97,28 | 102,79 | 108,81 | 113,10 | 114,68 | 119,31 |
| 36 | Caseína | 99,98 | 102,11 | 109,14 | 119,76 | 127,99 | 130,15 |
| 39 | Caseína | 108,11 | 116,61 | 126,29 | 121,37 | 119,26 | 120,61 |
| | **Media** | **124,09** | **129,22** | **137,91** | **141,75** | **143,48** | **148,08** |
| | **Desv. Std** | **26,92** | **29,23** | **31,13** | **30,46** | **38,59** | **37,97** |

| Variación de Peso por pollo para la dieta a base de Grifo más bicarbonato de Sodio al 1 % (peso en gramos) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 1 | G+Bic | 88,29 | 75,47 | 82,50 | 77,52 | 83,55 | 72,10 |
| 5 | G+Bic | 169,70 | 154,55 | 157,16 | 143,15 | 122,37 | 111,72 |
| 8 | G+Bic | 116,17 | 105,61 | 112,95 | 95,58 | 103,61 | 90,73 |
| 11 | G+Bic | 100,76 | 92,20 | 100,10 | 102,57 | 100,42 | 90,57 |
| 13 | G+Bic | 130,65 | 127,08 | 128,39 | 115,19 | 119,33 | 111,65 |
| 15 | G+Bic | 140,43 | 122,29 | 128,92 | 126,60 | 124,41 | 96,12 |
| 18 | G+Bic | 101,20 | 88,19 | 91,45 | 85,38 | 87,89 | 77,55 |
| 23 | G+Bic | 92,31 | 79,02 | 84,40 | 78,25 | 84,84 | 73,65 |
| 37 | G+Bic | 114,04 | 97,36 | 104,55 | 96,04 | 99,51 | 80,77 |
| 40 | G+Bic | 118,20 | 104,77 | 106,92 | 90,90 | 98,77 | 91,44 |
| | **Media** | **119,68** | **104,72** | **109,73** | **101,12** | **102,47** | **89,63** |
| | **Dest** | **26,13** | **24,31** | **23,14** | **21,36** | **15,17** | **14,17** |

| Variación de Peso por pollo para la dieta a base de Grifo Negro (peso en gramos) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 2 | Grifo | 141,21 | 129,04 | 126,93 | 116,42 | 113,97 | 98,56 |
| 10 | Grifo | 150,23 | 130,97 | 140,59 | 120,11 | 104,31 | 95,90 |
| 12 | Grifo | 145,98 | 130,63 | 133,60 | 121,76 | 114,29 | 112,86 |
| 19 | Grifo | 151,66 | 133,36 | 144,03 | 135,67 | 139,94 | 134,62 |
| 22 | Grifo | | | | | murió | |
| 29 | Grifo | 154,75 | 129,53 | 130,95 | 124,60 | 120,02 | 104,77 |
| 32 | Grifo | 153,93 | 130,56 | 135,12 | 127,29 | 130,42 | 118,89 |
| 33 | Grifo | 94,40 | 83,03 | 87,13 | 79,46 | 82,47 | 77,76 |
| 35 | Grifo | 107,82 | 92,40 | 93,09 | 87,06 | 90,81 | 80,14 |
| 38 | Grifo | 123,20 | 112,44 | 112,77 | 106,14 | 105,31 | 102,91 |
| | **Media** | **136,58** | **119,77** | **122,76** | **113,83** | **111,28** | **103,60** |
| | **Dest** | **22,75** | **19,52** | **20,43** | **19,21** | **18,08** | **17,10** |

| Variación de peso por pollo dieta 5 % sustitución (peso en gramos) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 42 | 5% | 130,99 | 136,08 | 137,91 | 143,85 | 143,59 | 144,55 |
| 45 | 5% | | murió | | | | |
| 48 | 5% | 133,20 | 138,07 | 138,01 | 139,00 | 144,52 | 145,70 |
| 51 | 5% | | murió | | | | |
| 55 | 5% | 130,15 | 134,93 | 137,98 | 138,21 | 143,97 | 151,35 |
| 58 | 5% | 128,18 | 132,89 | 137,05 | 136,17 | 142,1 | 148,87 |
| 60 | 5% | 81,89 | 81,06 | 86,23 | 80,7 | 75,07 | 74,7 |
| 62 | 5% | 129,18 | 136,06 | 137,95 | 137,08 | 141,89 | 149,26 |
| 65 | 5% | 81,51 | 78,42 | 79,63 | 80,69 | 81,44 | 81,01 |
| 68 | 5% | 126,99 | 134,06 | 135,09 | 139,97 | 139,16 | 142,37 |
| | **Media** | **117,77** | **121,45** | **123,73** | **124,47** | **126,47** | **129,11** |
| | **Desv. std** | **22,34** | **25,80** | **25,26** | **27,11** | **29,85** | **31,81** |

| Variación de peso por pollo dieta 10 % sustitución (peso en gramos) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 43 | 10% | 143,29 | 142,55 | 144,45 | 145,96 | 150,91 | 150,51 |
| 46 | 10% | 136,52 | 138,93 | 133,22 | 128,17 | 125,22 | 121,17 |
| 49 | 10% | 152,01 | 155,34 | 159,71 | 155,91 | 158,12 | 159,78 |
| 52 | 10% | 187,98 | 188,89 | 198,87 | 197,66 | 201,12 | 209,12 |
| 54 | 10% | 141,27 | 138,37 | 142,05 | 141,87 | 156,07 | 157,48 |
| 57 | 10% | 77,57 | 80,28 | 76,13 | 76,09 | 73,69 | 73,37 |
| 59 | 10% | 150,05 | 153,1 | 157,66 | 153,75 | 146,98 | 148,2 |
| 63 | 10% | 185,78 | 186,83 | 190,45 | 195,84 | 199,07 | 205,39 |
| 66 | 10% | 77,93 | 77,11 | 71,97 | 70,21 | 70,43 | 71,03 |
| 70 | 10% | | | murió | | | |
| | **Media** | **139,16** | **140,16** | **141,61** | **140,61** | **142,40** | **144,01** |
| | **Desv. Std.** | **39,39** | **39,56** | **43,97** | **44,74** | **46,61** | **49,16** |

| | Variación de peso por pollo dieta 15 % sustitución (peso en gramos) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 41 | 15% | | | | | | |
| 44 | 15% | 130,11 | 164,66 | 138,05 | 131,56 | 128,4 | 127,51 |
| 47 | 15% | 143,19 | 139,90 | 145,52 | 148,00 | 153,73 | 155,97 |
| 50 | 15% | 147,62 | 150,15 | 158,16 | 154,18 | 151,31 | 147,64 |
| 53 | 15% | 141,15 | 135,88 | 143,31 | 146,47 | 149,33 | 153,93 |
| 58 | 15% | 82,26 | 83,66 | 83,19 | 83,38 | 83,55 | 88,99 |
| 61 | 15% | 77,52 | 79,76 | 81,94 | 83,78 | 84,06 | 84,8 |
| 64 | 15% | 79,73 | 80,9 | 79,78 | 75,41 | 72,44 | 73,41 |
| 67 | 15% | 80,64 | 78,28 | 80,74 | 80,15 | 80,24 | 80,49 |
| 69 | 15% | 78,78 | 73,84 | 72,27 | 72,38 | 72,54 | 70,83 |
| | **Media** | **106,78** | **110,68** | **109,22** | **108,44** | **108,40** | **109,29** |
| | **Desv. Std.** | **32,36** | **38,30** | **35,66** | **35,56** | **36,32** | **36,37** |

Experimento 2:

| | Variación de peso por pollo dieta Control ( 0 % sustitución) (peso en gramos) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 1 | Control | 98,27 | 136,14 | 162,70 | 199,55 | 223,27 | 257,01 |
| 6 | Control | 114,02 | 172,19 | 190,13 | 220,19 | 242,12 | 288,00 |
| 7 | Control | 120,58 | 164,38 | 203,75 | 219,73 | 238,08 | 286,58 |
| 17 | Control | 99,57 | 117,62 | 141,40 | 168,20 | 183,05 | 222,04 |
| 19 | Control | 84,51 | 109,14 | 138,39 | 166,33 | 183,22 | 206,14 |
| 20 | Control | | | muriò | | | |
| 22 | Control | 111,11 | 138,48 | 171,40 | 196,78 | 214,69 | 234,54 |
| 23 | Control | 91,76 | 120,98 | 161,78 | 176,04 | 183,86 | 221,68 |
| | Media | 102,83 | 136,99 | 167,94 | 193,12 | 209,76 | 245,14 |
| | Desv. std | 12,90 | 23,60 | 24,94 | 24,23 | 26,26 | 32,69 |

| Variación de peso por pollo dieta 2 % sustitución (peso en gramos) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 2 | 2% | 167,87 | 261,37 | 275,80 | 332,70 | 347,43 | 386,61 |
| 3 | 2% | 102,70 | 138,31 | 176,70 | 225,76 | 238,49 | 276,64 |
| 4 | 2% | 90,47 | 110,37 | 129,67 | 151,15 | 158,42 | 185,60 |
| 5 | 2% | 125,96 | 171,25 | 197,12 | 228,28 | 240,82 | 265,48 |
| 8 | 2% | 178,09 | 210,04 | 226,12 | 264,07 | 284,36 | 301,09 |
| 9 | 2% | 152,46 | 207,19 | 218,25 | 240,28 | 268,58 | 294,82 |
| 10 | 2% | 172,09 | 212,09 | 228,10 | 262,04 | 278,37 | 305,10 |
| 21 | 2% | 117,76 | 156,21 | 166,41 | 192,45 | 190,92 | 227,00 |
| | media | 138,43 | 183,35 | 202,15 | 237,09 | 250,92 | 280,29 |
| | Desv. estd | 33,55 | 48,45 | 45,02 | 53,57 | 58,44 | 59,28 |

| Variación de peso por pollo dieta 4 % sustitución (peso en gramos) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pollo Nº | Dieta | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 | Día 10 |
| 11 | 4% | 162,16 | 202,29 | 231,04 | 272,82 | 286,58 | 306,20 |
| 12 | 4% | 206,48 | 242,70 | 255,85 | 282,20 | 292,41 | 299,32 |
| 13 | 4% | 168,31 | 225,28 | 247,71 | 275,44 | 291,50 | 321,32 |
| 14 | 4% | 91,22 | 119,25 | 146,06 | 173,68 | 210,44 | 230,20 |
| 15 | 4% | 164,26 | 221,24 | 241,66 | 273,42 | 289,37 | 317,21 |
| 16 | 4% | 138,44 | 169,95 | 182,73 | 190,24 | 203,13 | 214,17 |
| 18 | 4% | 108,26 | 138,90 | 143,73 | 161,06 | 167,32 | 180,72 |
| 24 | 4% | 96,64 | 120,57 | 176,70 | 185,08 | 194,51 | 205,47 |
| | Media | 141,97 | 181,16 | 203,20 | 227,61 | 241,91 | 260,08 |
| | Desv. estd | 40,60 | 48,09 | 46,18 | 52,73 | 52,86 | 56,12 |

## VIII.F. GANANCIA O PÉRDIDA DE PESO DE LOS POLLOS POR DIETA

| Variación de peso (peso final – peso inicial) por dieta estudiada Peso (g) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nº | Caseína | G + B | G | 5% | 10% | 15% | Control | 2% | 4% |
| 1 | 15,32 | -16,10 | -42,65 | 13,56 | 7,22 | | 158,74 | 218,74 | 144,04 |
| 2 | 33,04 | 57,98 | 60,33 | | 15,35 | 2,60 | 173,98 | 173,94 | 92,84 |
| 3 | 2,94 | -25,44 | -33,12 | 12,50 | 7,77 | 12,78 | 166,00 | 95,13 | 153,01 |
| 4 | 66,05 | -10,19 | -17,04 | | 21,14 | 0,02 | 122,47 | 139,52 | 138,98 |
| 5 | 14,85 | -25,00 | | 21,20 | 16,21 | 12,78 | 121,63 | 123,00 | 152,93 |
| 6 | 35,68 | -53,31 | -49,98 | 15,69 | -4,20 | 6,73 | | 142,36 | 75,73 |
| 7 | 2,35 | -23,65 | -35,04 | -7,19 | -1,85 | 7,28 | 123,43 | 133,01 | 78,46 |
| 8 | 22,03 | -18,66 | -16,62 | 20,08 | 19,61 | -6,32 | 129,92 | 109,50 | 108,83 |
| 9 | 30,17 | -33,27 | -21,68 | -0,50 | -5,90 | -0,15 | | | |
| 10 | 17,50 | 26,76 | 20,29 | 15,38 | | 7,95 | | | |

## VIII.G. CONSUMO DE ALIMENTO DE LOS POLLOS POR DIETA

| Consumo de alimentos por pollo por dieta (cantidad en gramos) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nº | Caseína | GN + B | GN | 5% | 10% | 15% | Control | 2% | 4% |
| 1 | 83,25 | 142,27 | 76,90 | 197,55 | 195,59 | | 350,39 | 407,26 | 286,92 |
| 2 | 320,53 | 73,89 | 192,76 | | 143,72 | 155,30 | 288,77 | 405,51 | 356,82 |
| 3 | 135,95 | 221,67 | 190,36 | 171,65 | 178,28 | 241,52 | 282,16 | 220,58 | 200,53 |
| 4 | 232,19 | 72,54 | 206,87 | | 198,14 | 168,45 | 204,62 | 216,54 | 229,02 |
| 5 | 194,25 | 103,13 | | 195,20 | 190,29 | 145,16 | 313,05 | 282,30 | 390,39 |
| 6 | 203,93 | 89,44 | 126,90 | 182,15 | 99,33 | 143,99 | | 364,64 | 189,95 |
| 7 | 154,79 | 108,80 | 307,59 | 85,23 | 125,13 | 144,22 | 288,10 | 206,12 | 183,79 |
| 8 | 304,19 | 94,85 | 278,32 | 183,77 | 191,94 | 142,10 | 204,70 | 234,78 | 255,78 |
| 9 | 202,80 | 134,16 | 137,92 | 96,93 | 89,35 | 139,98 | | | |
| 10 | 35,61 | 100,15 | 69,58 | 172,17 | | 141,01 | | | |

## VIII.H. NITRÓGENO EXCRETADO POR GRUPO DE POLLOS.

| Dieta | % | g Heces | g N excretado |
|---|---|---|---|
| Aproteico | 1,38 | 37,17 | 0,51 |
| Caseína | 3,28 | 69,33 | 2,27 |
| G + Bicarbonato | 2,08 | 160,28 | 3,33 |
| Grifo | 2,14 | 169,90 | 3,64 |
| 5 % sustitución | 7,51 | 52,07 | 3,91 |
| 10 % sustitución | 6,91 | 68,20 | 4,71 |
| 15 % sustitución | 4,46 | 55,24 | 2,46 |

## VIII.I. EJEMPLO DE CÁLCULO DE ERROR PARA LA VARIACIÓN DE PESOS POR DIETA.

$\mu_1, \sigma_1$ ; $\mu_2, \sigma_2$

$$\frac{\mu_1 - \mu_2 \quad \mu x_1 - \mu x_2 \quad 141.86}{\sigma_{\overline{x_1}} - \sigma_{\overline{x_2}} - \sqrt{\sigma_1^2 / N_1 + \sigma_2^2 / N_2} \quad = 24.10}$$

Los promedios de las muestras con sus respectivas desviaciones estándar son.

$\overline{X}_1 = 280.29 \pm 59.28$ $\qquad$ $\overline{X}_2 = 138.43 \pm 33.66$

Variación de peso = 141.86 + 24.10