

LE
41
176
181
12518

DIGESTIBILIDAD Y ENERGIAS DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DEL AZUCAR

Y EL NAVE EN CERDOS

T E S I S

**PRESENTADA AL PROGRAMA DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
UNIVERSIDAD NACIONAL - INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO**

P O R

HERNANDO MARIN

Como requisito parcial para optar ~~el~~ el grado de


MAGISTER SCIENTIAE

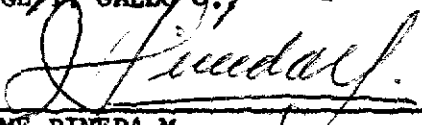
Bogotá, Colombia

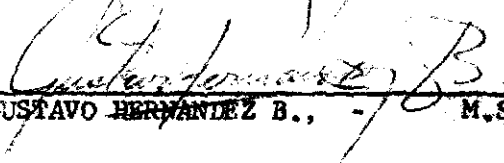
1972

TESIS APROBADA POR

COMITE CONSEJERO:


Dr. JORGE T. GALLO C., - Ph - D


Dr. JAIME PINEDA M., Ph - D


Dr. GUSTAVO HERNANDEZ B., - M.S.

" El presidente de tesis y el consejo
examinador de grado, no serán respon-
sables de las ideas emitidas por el
candidato ".

(Artículo 217 de los estatutos de la
Universidad Nacional)

A G R A D E C I M I E N T O

El autor expresa sinceros agradecimientos a los doctores JORGE TULIO GALLO, JAIME PINEDA, GUSTAVO HERNANDEZ, IVAN JIMENEZ; al personal de la sección de Porcinos y Laboratorio de Nutrición Animal del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá; y a todas las personas que directa o indirectamente hicieron posible la terminación del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Energía	3
2.1.1. Energía bruta	4
2.1.2. Energía bruta del alimento ingerido	4
2.1.3. Energía fecal	4
2.1.4. Energía digestible aparente	4
2.1.5. Energía de la orina	4
2.1.6. Energía de gases de la digestión	5
2.1.7. Energía metabolizable	5
2.1.8. Incremento de calor	5
2.1.9. Calor de fermentación	6
2.1.10. Calor de metabolismo de nutrientes	6
2.1.11. Energía neta	6
2.1.12. Energía neta para mantenimiento	6
2.1.13. Energía neta para producción	7
2.1.14. Evaluación de la energía	7
2.1.15. Relación energía proteína	9
2.2. El azúcar	10
2.2.1. Composición	10
2.2.2. Estudios de alimentación	11
2.2.3. Influencia de la clase de azúcar	12
2.2.4. Estudios metabólicos	14

2.3. El fiame	16
2.3.2. Requerimientos ecológicos y de suelos ...	17
2.3.3. Producción	18
2.3.4. Almacenamiento	20
2.3.5. Composición	20
2.4. Métodos de óxido crómico (Cr_2O_3)	25
3. MATERIALES Y METODOS	27
3.1. Zona de ejecución	27
3.2. Jaulas metabólicas	27
3.3. Grupos experimentales	29
3.4. Alimentación	29
3.5. Tipo de azúcar y fiame empleados	32
3.6. Procedimiento	33
3.7. Toma de muestras	36
3.8. Análisis de las muestras	36
3.8.1. Bromatológico	36
3.8.2. Determinación de cromo	36
3.8.3. Calorimetría	38
3.9. Diseño	38
4. RESULTADOS	39
4.1. Experimento 1	39
4.2. Experimento 2	45
5. DISCUSION	52
5.1. Experimento 1	52
5.2. Experimento 2	54

6. CONCLUSIONES	58
7. RESUMEN	60
8. BIBLIOGRAFIA	62
9. APENDICE	71

LISTA DE TABLAS

Número	Página
1 Producción y precio del ñame en Colombia	19
2 Producción mundial de ñame	19
3 Composición proximal de ñames del Oeste Africano	21
4 Composición del ñame	22
5 Efecto de la fuente de muestra sobre el contenido de - proteína del tubérculo de <u>Dioscorea alata</u>	23
6 Aprovechabilidad estimada del ñame consumido en el Afri- ca Occidental	24
7 Composición de la dieta basal utilizada en los experi- mentos 1 y 2	30
8 Premezclas vitamínicas y mineral empleados en los experi- mentos 1 y 2	30
9 Grupos experimentales y suministro diario de alimento a cada animal en los experimentos 1 y 2	32
10 Análisis proximal del ñame (<u>Dioscorea alata</u>)	33
11 Acostumbramiento de los cerdos a las dietas	35
12 Valores promedios del TND obtenidos para las dietas del experimento 1	40
13 Energías brutas, digestibilidad, energías fecales y di- gestibles en el experimento 1	41
14 Digestibilidad del azúcar obtenida con niveles de 35,5 y 46,82% de azúcar en la dieta	43

15	Energía digestible del azúcar y porcentaje de la energía bruta que se digiere	44
16	Valores promedios del TND en las dietas del experimento 2	46
17	Energías brutas, digestibilidades, energías fecales y digestibles en el experimento 2	47
18	Cálculos del TND de fñame	48
19	Digestibilidad del fñame, obtenida con niveles de 33,3 y 43,56% de fñame en la dieta	49
20	Energía digestible del fñame y porcentaje de energía bruta que se digiere	50
21	Análisis proximal en base seca de las dietas y heces del experimento 1	71
22	Análisis proximal en base seca de las dietas y heces del experimento 2	72
23	Consumo de alimento, aumento de peso y eficiencia alimenticia en el experimento 1	73
24	Consumo de alimento, aumento de peso y eficiencia alimenticia en el experimento 2	74
25	Valores guías de transmitancia y absorvancia obtenidos en la digestión de Cr_2O_3 puro, para determinar su concentración en las muestras de los experimentos 1 y 2	75
26	Determinación de Cr_2O_3 en dietas y heces del experimento 1	76

27	Determinación de Cr_2O_3 en dietas y heces del experimento 2	77
28	Digestibilidad de los nutrientes en las dietas del experimento 1	78
29	Digestibilidad de los nutrientes en las dietas del experimento 2	79

LISTA DE GRAFICAS

1	Curva patrón para determinación de Cr en las muestras del experimento 1	80
2	Curva patrón para determinación de Cr en las muestras del experimento 2	81

LISTA DE ANEXOS

Número	Página
1 Energía bruta en heces del experimento uno	82
2 Contenido de Cr_2O_3 en las heces del experimento uno ..	82
3 Digestibilidad total de las dietas del experimento uno.	83
4 Energía fecal en dietas del experimento uno	83
5 Energía digestible en las dietas del experimento uno .	84
6 Porcentaje de energía bruta que se digiere en las dietas del experimento uno.	84
7 Energía digestible del azúcar	85
8 Porcentaje que se digiere de la energía bruta del azúcar	85
9 Digestibilidad del azúcar	86
10 Energía bruta de las heces del experimento dos	86
11 Contenido de Cr_2O_3 en las heces del experimento dos ..	87
12 Energía fecal en las dietas del experimento dos	87
13 Digestibilidad de las dietas en el experimento dos ...	88
14 Energía digestible de las dietas del experimento dos .	88
15 Porcentaje de la energía bruta que se digieren en las dietas del experimento dos	89
16 Energía digestible del fíame	89
17 Porcentaje que se digiere de la energía bruta del fíame	90
18 Digestibilidad del fíame	90
19 Cálculo de la energía bruta y digestibilidad del fíame.	91

1. INTRODUCCION

En la fabricación de concentrados para animales, es común el empleo de maíz para llenar buena parte de los requerimientos energéticos y protéicos. Sin embargo, la producción de este grano en los países tropicales no alcanza a satisfacer la demanda; a la vez que es manifiesta la competencia por este producto en la alimentación humana y animal. La situación anterior exige la pronta evaluación nutritiva de una amplia gama de materias primas que se producen en el país, y que en el presente son utilizadas como alimento ó cuyo uso pueda ser viable en el futuro.

No basta conocer los porcentajes de nutrientes de un alimento, es necesario saber qué porcentaje de esos nutrientes es aprovechable por el animal. La utilización que hace el animal de la energía proporcionada por un alimento, es quizás la mejor forma de evaluar las dietas. Se ha sugerido que la determinación de los valores de energía digestible y metabolizable, es el medio más aconsejable de estimar la energía aportada por un alimento para cerdos.

Para el presente estudio se seleccionaron los productos: el azúcar de caña (Saccharum, Officinarum) y el ñame (Dioscorea L.), con el fin de determinarles la digestibilidad total, la cantidad de nutrientes digestibles y energía digestible, en la alimentación de cerdos.

El azúcar y algunos subproductos resultantes de su elaboración, se han empleado en estudios de comportamiento con animales de diferentes especies, habiéndose encontrado ventajas en su utilización.

Con relación al nane, se tiene poca información acerca de su valor nutritivo. Es frecuentemente utilizado por los pueblos del oeste africano, áreas del caribe y sureste asiático; en Colombia es de amplia aceptación por los habitantes de los departamentos de la Costa Atlántica. En el país la investigación sobre sus aspectos agronómicos y nutricionales apenas se inicia.

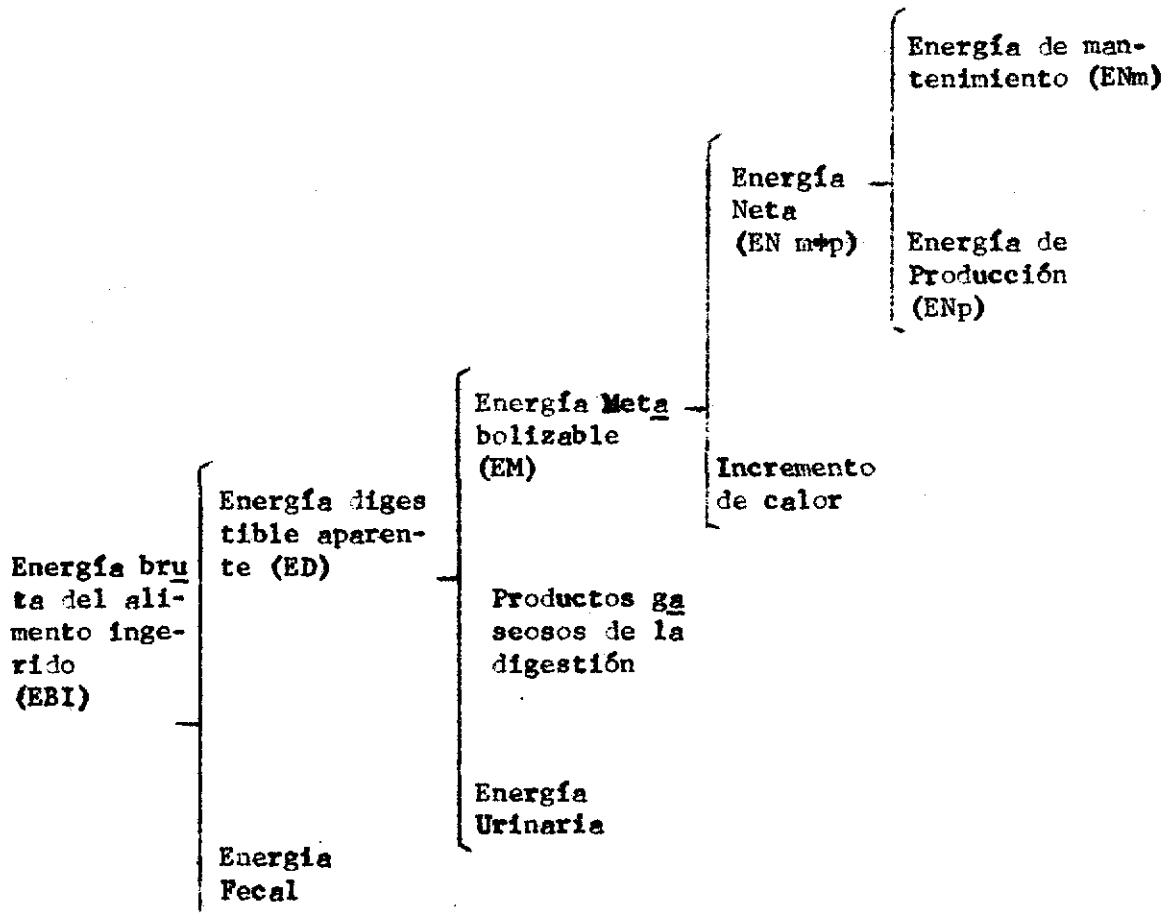
2. REVISION DE LITERATURA

2.1. ENERGIA.

La mayor proporción de una dieta es aportada por la energía. Algunos nutrientes requieren una relación específica con energía, NRC (1968).

La figura 1 muestra un esquema convencional de la distribución común para la determinación de las energías digestible, metabolizable y neta.

FIGURA 1. PARTICION DE LA ENERGIA (ESQUEMA CONVENCIONAL)



La definición de los términos de la figura 1 de acuerdo con Harris (1966), es la siguiente:

2.1.1. Energía Bruta (EB).

Una propiedad físico-química de las sustancias. Es igual a la cantidad de calor, medida en calorías, liberada por una sustancia cuando es sometida a combustión en una bomba calorimétrica que contiene entre 25 a 30 atmósferas de oxígeno.

2.1.2. Energía Bruta del alimento ingerido (EBI).

Es la energía bruta del alimento consumido.

$EBI = \text{Peso seco del alimento consumido} \times EB \text{ por unidad de peso seco de alimento.}$

2.1.3. Energía Fecal (EF).

Es la energía bruta de las heces. Incluye la energía del alimento indigerido y la fracción metabólica (corporal) de las heces.

$EF = \text{Peso seco de las heces} \times EB \text{ por unidad de peso seco de heces.}$

2.1.4. Energía digestible aparente (ED).

Es la energía bruta del alimento ingerido menos la energía fecal

$ED = EBI - EF.$

2.1.5. Energía de la orina (EO).

Es la energía bruta de la orina. Incluye la energía de los nutrien

tes absorbidos que no son utilizados y la energía contenida en la fracción endógena (corporal) de la orina.

2.1.6. Energía de gases de la digestión (EGD).

Es la energía bruta de los gases combustibles, producidos en el tracto digestivo por fermentación de la ración. La mayor proporción de estos gases está dada por metano. Los conocimientos actuales sugieren que estas pérdidas sólo son significativas en rumiantes.

2.1.7. Energía metabolizable (EM).

Es la energía bruta de alimento digerido menos la energía fecal, menos la energía de la orina; en rumiantes se debe también restar la energía de los gases de la digestión.

$$EM = EBI - EF - ED - EGD$$

2.1.8. Incremento de calor (IC).

Es el aumento en la producción de calor que sigue al consumo de alimento cuando el animal está en un ambiente térmico neutro.

Incluye los aumentos de calor por fermentación y del metabolismo de nutrientes. Este calor es desperdiciado, excepto cuando la temperatura ambiental está por debajo de la temperatura crítica; tal calor puede entonces ser utilizado para ayudar a mantener el cuerpo caliente.

Cuando se usa en esta forma, entra a hacer parte de la energía neta de mantenimiento.

Un método que da resultados consistentes en la determinación del IC es el siguiente:

$$\text{IC del alimento ingerido} = \text{Producción de calor del animal en alimentación} - \text{Producción de calor del animal en ayuno.}$$

2.1.9. Calor de fermentación (CF).

Es el calor producido en el tracto digestivo como resultado de la acción microbial.

2.1.10. Calor de metabolismo de nutrientes (CMN).

Es el calor producido como resultado de la utilización de los nutrientes absorbidos.

2.1.11. Energía Neta (EN).

Es la diferencia entre la energía metabolizable y el incremento de calor. Incluye la cantidad de calor usada para mantenimiento sólo ó para mantenimiento y producción. La EN también se puede expresar como energía bruta de la ganancia en tejido ó de los productos sintetizados, más la energía requerida para mantenimiento.

2.1.12. Energía neta para mantenimiento (EN_m).

Es la fracción de la energía neta gastada en mantener al animal en equilibrio de energía. En éste estado, no hay pérdida ni ganancia de energía en los tejidos del cuerpo.

2.1.13. Energía neta para producción (ENp).

Es la fracción de la energía neta en adición a la ENm, la cual es usada para trabajo y para ganancia de tejido, ó síntesis, (leche, huevos, lana, piel, plumas, etc.).

2.1.14. Evaluación de la energía.

La EB indica el contenido total de energía de una sustancia, más no su aprovechabilidad por el animal; por lo tanto no es lógico usarla como base en la formulación de raciones para animales. Las mayores pérdidas de la energía bruta ingerida por el animal ocurren como energía fecal, (Sibbald et al., 1960).

Lofgreen (1951), sugiere que el valor de ED calculado por métodos calorimétricos, podría ser más adecuado como medida del valor energético del alimento, que el total de nutrientes digestibles (TND), obtenido por el método convencional. Según Nehering et al., (1965), la ED de los alimentos varía con la especie del animal; obtuvieron diferencias significativas para algunos ingredientes entre ruminantes y no ruminantes. El cálculo de la energía digestible ha sido un procedimiento bastante empleado como base para el estudio de los suministros energéticos en cerdos y ruminantes (Maynard 1953, Crampton 1956, Sibbald et al. 1956).

Según Crampton (1956), en nutrición de cerdos una libra de TND podría equivaler a 2037 Kcal de ED. Swift (1957), en un estudio de 312 experimentos sobre digestión, en los cuales se

determinó ED y TND, encontró que una libra de TND correspondía a 1966 Kcal de ED en bovinos alimentados con forraje, 1982 Kcal en bovinos con suministro de concentrado y forraje y 2007 en ovej^uas con sólo forraje. Zivkovic y Bowland (1963), calcularon que una libra de TND equivalía a 2000 Kcal. Según Boenker (1969), de las medidas de energía utilizadas para evaluar dietas y materias primas, el TND ha sido la más empleada. El TND considera la pérdida de energía en la digestión y asume igual producción de energía por gramo de carbohidrato y/o proteína; es por ello que los valores de ED y EM, se han sugerido como más exactos para medir la energía de los alimentos ya que expresan valores en términos energéticos (calorías), en vez de porcentaje como lo hace el TND.

La respuesta de un animal a un alimento depende de la EM, que es la medida más significativa del valor de un alimento para satisfacer los requerimientos energéticos del animal. La eficiencia de utilización depende del proceso para el cual se usa y el género de nutrientes absorbidos, la primera demanda es para mantenimiento, (Mitchell, 1942). Según Sibbald et al. (1960), los datos de EM aún cuando se obtienen experimentalmente, pueden tener aplicabilidad limitada; bajo ciertas circunstancias los valores no son aditivos; ellos observaron que la EM del maíz en aves, presentó variaciones significativas cuando se obtuvo con diferentes dietas basales.

Tollet et al. (1961), encontraron que en cerdos alimentados

a voluntad, las ED y EM fueron independientes de la edad; sin embargo a 35 y 90 días de edad, los valores de ED y EM aumentaron con el consumo de alimento; pero con animales de 160 días, los valores de energía más altos se obtuvieron con el consumo para mantenimiento. De acuerdo con Diggs et al. (1965), la EM de alimentos altos en energía tales como: almidón, dextrina, maíz, avena, trigo y millo, es casi igual en cerdos y pollos; sin embargo, en otros ingredientes, los valores reportados para pollos son más bajos que para cerdos, lo que podría deberse a una menor habilidad del pollo para digerir fibra. En cerdos y aves en crecimiento, la eficiencia de utilización de la EM parece ser la misma, (Brown, 1968).

Según Kriss (1943), la concepción de EN es una base correcta de expresión del valor esencial de la energía de una ración y es aplicable para propósitos de investigación, bajo condiciones de control experimental intensivas y adecuadas. El valor de EN de la ración no es constante, está sujeta a variaciones, dependiendo de las condiciones experimentales y de los métodos de determinación.

2.1.15. Relación Energía-Proteína.

Existen evidencias de que la digestibilidad aparente de la proteína está influenciada por el nivel de proteína del alimento (Mitchell, 1942; Lloyd et al. 1956; Likuski et al. 1961; Zivkovic y Bowland, 1963). Según Yoshida et al. (1957), la ganancia total y la ganancia

cia por caloría consumida aumentó gradualmente con el aumento de la relación proteína por caloría, sobre el nivel de 60 mgr de proteína por Kcal. Sibbald et al. (1956), en un estudio con ratas, observaron que 69% de variación en la retención de nitrógeno estuvo asociada con la ED, cuando los efectos iniciales de peso fueron corregidos. En pollos sólo se presentaron pequeñas diferencias entre los valores de energía metabolizable obtenidos con niveles altos de proteína y aquellos resultantes de niveles normales (Sibbald et al., 1960). Zivkovic et al. (1963) en un experimento con 20 cerdos, no obtuvieron variaciones significativas en la digestibilidad de la proteína, cuando suministraron diferentes niveles energéticos en la ración. Greeley et al. (1964), reportaron que la digestibilidad aparente de la energía aumentaba con un mayor nivel de proteína en la dieta. Según Crampton (1964), la proteína digestible es requerida en animales adultos en relación con la ED, de acuerdo con la especie y tamaño. Novillos alimentados con dietas altas en proteína, 22 a 23%, necesitaron más alimento para mantener el equilibrio de la energía que cuando consumieron una dieta basal de 12 a 13% de proteína; la ENp fué 1,28 Mcal/kg para la dieta basal y 1,26 Mcal/kg para la ración alta de proteína, lo que indica una utilización equivalente del alimento sobre mantenimiento, (Garret, 1970).

2.2. EL AZUCAR.

2.2.1. Composición.

El azúcar es el principal derivado del procesamiento industrial

de la caña de azúcar (Saccharum officinarum), cuyos jugos contienen entre 8 a 23% de sucrosa. Según Cox y Pearson (1962), a 20 grados centígrados la composición del azúcar refinada es: sucrosa 99,965%, azúcares invertidos 0,010%, cenizas 0,0007%, compuestos inorgánicos 0,010% y agua 0,013%. Nehring et al. (1965), reportaron 3,943 cal de energía bruta por gm de sucrosa. Berglum (1965), obtuvo para el azúcar crudo 95,5% de carbohidratos, agua 3%, cenizas 1,2% y 3,745 cal de energía bruta por gm.

2.2.2. Estudios de alimentación.

El azúcar es un ingrediente empleado para aumentar la palatabilidad de raciones de iniciación para cerdos entre uno y ocho semanas de edad; se ha suplementado hasta 60% en dietas de lactancia y preiniciación para lechones sin ocasionar problemas de salud a los animales, obteniéndose pesos significativamente mayores al destete, (Páez, 1971; Obando et al., 1971). La eficiencia alimenticia y la ganancia de peso mejoraron significativamente ($P < 0,05$) a medida que se aumentaba el nivel de azúcar refinada de 0 a 15%, en cerdos de una a ocho semanas de edad (Lewis et al., 1955; Díaz et al., 1955; Páez, 1971). Se han reportado mejores ganancias de peso cuando el azúcar constituyó del 20 a 40% de dietas para cerdos, (Lewis et al., 1955; Combs et al., 1959). Maner et al., (1969), al sustituir con azúcar 0, 15, 30, 45 y 60%, del maíz de una dieta para cerdos en crecimiento y acabado, obtuvieron un aumento significativo en las ganancias de peso y eficiencia de conver -

si3n con niveles de azúcar hasta de 45%. Utilizando niveles de 0 a 60% de azúcar en dietas para cerdas lactantes, Obando et al., (1971), encontraron que las cerdas suplementadas con 60% de azúcar aumentaron un promedio de 6.8 kg durante la lactancia, mientras aquellas que recibieron la dieta control a base de maiz-soya perdieron 9,1 kg, la dieta de lactancia con alto nivel de azúcar (60%) produjo aumentos de peso de los lechones superiores (16,3 kg) a los producidos por la dieta sin azúcar (14,3 kg). Con el mismo 60% de azúcar, Páez (1971), en dos experimentos realizados simultáneamente en Bogotá y Palmira, obtuvo aumentos de 15,1 y 11,9 kg en el peso de cerdas lactantes, sobre el peso de las hembras control.

Fromageot (1966), al remplazar por sucrosa 45 y 54% del cereal en dietas para pollos, obtuvo resultados similares a aquellos de los tratamientos sin azúcar, cuando el nivel de proteína era de 21 a 22%, resultados semejantes fueron obtenidos por Pérez et al. citados por Preston et al. (1968)- en dietas para pollos con 50% de sucrosa. Preston et al. (1968), encontraron que se podía utilizar con resultados satisfactorios 74,7% de melazas de alta calidad en dietas para cerdos y que se puede utilizar un 57% de melazas finales, incluyendo 20% de azúcar cruda.

2.2.3. Influencia de la clase de azúcar.

Cerdos alimentados con azúcar de caña no refinada, alcanzaron ganancias y eficiencias de conversi3n similares a las obtenidas con azúcar refinada, cuando se suministraron a un nivel de 15%

de la ración, por lo cual la utilización de azúcar no refinada podría representar una mejor economía para los productores de cerdos (Díaz et al., 1955). Velásquez y Preston (1969), al utilizar azúcar en combinación con melazas en dietas para cerdos, encontraron una mejor utilización de estas últimas. MacCleod et al. (1968), citados por Páez, afirman que el efecto benéfico del azúcar en dietas con melaza, se debe que éste no contiene cenizas, actuando como diluyente en los componentes de la melaza final que provocan las diarreas; además al diluir las melazas con azúcar se puede hacer un mayor uso de aquellos y obtener mejor eficiencia alimenticia (Preston et al., 1968).

En los no rumiantes el principal producto final de la digestión de carbohidratos es la glucosa, la cual es fácilmente absorbida, pudiéndose almacenar como glicógeno en el hígado y en el músculo, empleada para procesos de síntesis, u oxidada a CO_2 y H_2O con desprendimiento de energía. Algunos ácidos grasos volátiles pueden originarse en la primera fase del metabolismo de la glucosa absorbida, (Ford, 1965).

Kidder et al., (1968), al suministrar diferentes azúcares a cerdos de una a tres semanas de edad, encontraron que la mayor parte de la sucrosa se desdobló en el intestino delgado, la glucosa tendió a desaparecer entre la tercera y cuarta parte del mismo, la xilosa y fructosa desaparecieron más lentamente, especialmente en los lechones muy jóvenes, pero no se encontraron trazas de ellas en la cuarta parte del intestino delgado; la remoción

de la sucrosa fué más eficiente cuando integró un cinco por ciento de la dieta, que con un quince por ciento y menos en el cerdo joven que en el adulto. Según Aherne et al. (1969), la glucosa y la lactosa son carbohidratos satisfactorios para lechones en la primera semana de vida, no así la sucrosa y fructosa que son pobres fuentes de energía hasta los seis días de edad. La inadecuada utilización de la sucrosa en cerdos recién nacidos, puede atribuirse a la incapacidad del lechón para romper el enlace glicosídico existente entre la glucosa y la fructosa, posiblemente por deficiencias de la enzima sucrasa (Becker et al., 1954). La fructosa, se absorbió como tal en los primeros días de vida del cerdo, sin conversión a glucosa en la pared intestinal. La actividad de la fructoquinasa del hígado del cerdo se eleva entre los seis y nueve días de vida del cerdo (Aherne et al., 1969).

2.2.4. Estudios metabólicos.

Diggs et al., (1965), reportan que la energía metabolizable del azúcar es de 3,710 Kcal/kg. Según Berglum (1965) el azúcar de caña posee una mayor densidad energética que el maíz, 3,750 contra 3,420 Kcal de energía metabolizable por kg. Wahl (1968), citado por Páez, obtuvo para el azúcar de caña una digestibilidad de 95% y un contenido energético de 3,900 Kcal de energía metabolizable por kg.

En novillos y ovejas, Nehring et al., (1965), reportaron una energía digestible de 93,3% para la sucrosa; los valores fueron

3,664 y 3,690 cal/gm respectivamente. En la energía metabolizable de la sucrosa hubo una diferencia de 10% con desventaja para los novillos, los valores fueron 3,992 cal/gm en ovejas y 3,573 cal/gm en novillos que corresponden respectivamente al 100,9 y 90,9% de la energía bruta de la sucrosa.

Anderson et al., (1958), en pollos en crecimiento, obtuvieron 3,640 cal/gm de energía metabolizable para la glucosa, la cual correspondió al 97% de la energía bruta. La rata de consumo de alimento no tuvo efecto sobre el valor de la energía metabolizable. La desviación standard nunca superó el 1%.

En cerdos, al incluir 16% de sucrosa en una dieta a base de cebada, Skipitaris et al., (1957), observaron que la digestibilidad aparente de la proteína cruda y fibra cruda disminuyó en aproximadamente 5 y 38 por ciento respectivamente; la menor digestibilidad de la proteína, fué más acentuada de lo que pudiera esperarse como aumento en la excreción de la proteína ligada a la fibra. La depresión en la digestibilidad de la fibra y de la proteína parece ser similar a la observada en rumiantes.

La adición de 15% ó más de azúcar ó de melaza a una ración para ovejas, disminuyó la digestibilidad de la proteína y fibra crudas, (Hamilton, 1942). El valor de la energía neta de las melazas disminuye cuando el nivel de éstas pasó de 10 a 15% en la ración (Lofgreen, 1965).

Velásquez y Preston (1969), no encontraron diferencias en la ener

gía digestible de dietas para cerdos que contenían 75,5% de melaza o combinaciones de 55,5/20, 39,5/36 y 23,5/52 de melazas finales y azúcar; pero la energía metabolizable fué significativamente más alta (3,52 Mcal/kg de materia seca), para las dietas con melaza de alta calidad, que para aquellos que contenían melazas finales y azúcar (3,35 - 3,46 Mcal/kg de materia seca); el contenido de energía metabolizable de la dieta estuvo relacionada positivamente con el porcentaje de materia seca fecal.

2.3. EL ÑAME.

2.3.1. Generalidades.

El término ñame ha sido aplicado indistintamente a varias raíces y tubérculos tropicales entre ellos, la papa dulce (Ipomea batatas L.), coco-ñames (Colassia esculenta y Xanthosoma sagittifolium) y el arrurruz (Maranta sp.). Sin embargo, lo correcto es considerar como ñame las plantas del género Dioscorea, familia Dioscoreaceae, orden Liliiflorales, subclase Monocotiledonea; su forma y tamaño son bastante irregulares. Existen entre 600 y 800 variedades, pero en la alimentación humana y animal sólo se utilizan unas pocas.

El ñame tiene gran importancia como alimento en los países tropicales, es abundantemente empleado en la dieta de los pueblos del África Occidental, Sureste Asiático, Área del Caribe y Oceanía.

Las tres variedades principales cultivadas para el consumo humano y

animal son: Dioscorea rotundata, ó ñame blanco, Dioscorea cayenensis ó ñame amarillo y Dioscorea alata ó ñame asiático, (Coursey, 1965). En Colombia se cultivan las variedades "pelado", "espino" y "baboso", llamadas criollas; las cuales son en realidad variedades de la Dioscorea alata; también se cultiva "papa área" ó Dioscorea bulbifera (Sierra et al., 1971).

Martín (1969), encontró que de un total de 168 variedades de ñame, 64 contenían entre 0,1 a 15% de sustancias sapogénicas, de éstos algunos se aprovechan para la elaboración industrial de esteroides; las principales variedades usadas para este fin y su correspondiente contenido de compuestos sapogénicos son: Dioscorea Composita 13%; Dioscorea Floribunda 10%; Dioscorea deltoidea 8% y Dioscorea Sylvática 6%.

2.3.2. Requerimientos Ecológicos y de Suelos.

Según Coursey (1967), el ñame se cultiva en climas tropicales con temperaturas que varían de 25 a 30°C y con precipitaciones de 1,200 a 3,000 milímetros anuales; es afectado por inundaciones, sequías prolongadas y temperaturas bajas; requiere humedad abundante, especialmente en el período de crecimiento. Los suelos deben ser sueltos, profundos, fértiles y bien drenados; en terrenos planos requiere suelos franco-arenosos como son los aluviones de los ríos. En las condiciones colombianas se obtiene buenos rendimientos en suelos ligeramente pesados (Sierra et al., 1971).

2.3.3. Producción.

El cultivo comercial del ñame se caracteriza por la laboriosidad que exige, lo cual es aceptado como el factor más limitante para su producción. El período vegetativo es de aproximadamente ocho meses. La producción por hectárea es bastante variable, dependiendo del clima, variedad, sistema de cultivo y suelo. Coursey (1967), reporta los siguientes rendimientos en toneladas por hectárea: Africa Occidental 7,5 a 18, Sureste Asiático 12,5 a 25, Area del Caribe 20 a 30.

Haynes (1970), con variedades mejoradas, obtuvo un rendimiento de 50 toneladas por hectárea, en tanto que con variedades comerciales las producciones variaron de 12 a 25 toneladas por hectárea. La producción actual de Colombia se estima en 250,000 toneladas anuales, con rendimientos de 10 a 12 toneladas por hectárea en los cultivos tradicionales y 30 bajo condiciones experimentales con prácticas culturales sólomente. La extensión cultivada es aproximadamente de 17,000 hectáreas. En 1970 se exportaron 1,000 toneladas por un valor de US \$ 235.000; los mercados son EE.UU., Francia e Inglaterra (Proexpo 1972).

Las producciones de ñame y el precio por tonelada para los años comprendidos entre 1965 y 1969 se presentaron en la tabla No. 1

TABLA No. 1 PRODUCCION Y PRECIO DEL NAME EN COLOMBIA (1)

Año	1965	1966	1967	1968	1969
Miles de toneladas	133,2	137	220,5	227,5	234,8
\$/Tn.	815	800	687	790	822

(1) FUENTE: Banco de la República (Información personal).

Coursey (1965) estimó la producción mundial de name entre 20 y 25 millones de toneladas cúbicas, correspondiendo a Nigeria la mitad de tal cifra. En la tabla No. 2 se detallan los datos de producción estimados por la FAO para 1967.

TABLA No. 2 PRODUCCION MUNDIAL DE NAME EN 1967

	Z O N A					
	Europa	Centro América	Sur América	Asia	Africa	Ocea nia
AREA						
(En miles de Has).	3	242	294	1,667	3,324	16
PRODUCCION						
(En miles de Tn).	43	1,587	3.276	16,059	23,950	159

2.3.4. Almacenamiento.

El almacenamiento más comúnmente practicado es dejarlo en el terreno hasta que se requiera para el consumo ó mercado, siempre y cuando haya humedad suficiente, pero no inundación. El producto cosechado puede ser almacenado por largo tiempo; con buena ventilación y temperaturas de 12 a 16°C. Las pérdidas por almacenamiento pueden llegar a 10% a los tres meses y 20% a los cinco meses, ello ocurre por respiración de los tubérculos, con el correspondiente desdoblamiento de almidones y pérdida de energía en forma de CO₂ (Coursey, 1965). En ñame almacenado a temperaturas altas, 25°C, García (1967), obtuvo una mejor conservación que la obtenida para otros tubérculos tropicales, apio y ocurno, almacenados a 3°C; las pérdidas totales del ñame a las dos semanas fueron 6% y 10%, a las cuatro semanas. Según Campell (1962), el ñame se conserva en condiciones aceptables de consumo durante cuatro ó cinco meses, pasados los cuales su calidad se deteriora rápidamente.

2.3.5. Composición.

Según Coursey (1965), la humedad del ñame fresco es altamente variable, lo cual obviamente afecta su contenido calórico, la humedad oscila entre 50 y 80%; sin embargo la mayoría de los ñames contienen entre 60 y 70% de agua. Análisis próximos de las variedades más importantes cultivadas en el Oeste Africano, son presentados en las tablas Nos. 3 y 4.

TABLA No. 3 COMPOSICION PROXIMAL DE ÑAMES DEL OESTE AFRICANO,
 COMO PORCENTAJE DE MATERIA SECA (Coursey, 1965)

Variedad	Humedad	Almidón	Grasa	Proteína	Fibra	Cenizas
Alata	65,8-65,0	83,3	0,82	6,2-8,1	1,65-2,58	5,2-5,9
Rotundata	62,8-73,8	87,9	0,46	4,3-5,9	1,80-2,38	4,3-6,9
Cayenensis	83,3	87,8	0,39	6,2	2,44	3,2
Varios	60,3	-	-	3,6	2,00	3,3

Ketiku et al., (1971), encontraron que en la yuca y el ñame la sucrosa constituía la mayor parte del azúcar presente, siendo li rsamente más alto el contenido en el tubérculo entero, que en una preparación de ñame pelado, pero los azúcares sólo representaron una pequeña fracción de los carbohidratos totales (expresados como E.N.N. ó carbohidratos solubles). El almidón constituyó la parte principal del E.N.N., tanto en yuca como en ñame. Los gra nos de almidón del ñame son grandes y de forma irregular, mediante el calentamiento se hinchan y forman masas gelatinosas (Gar -
 cía, 1967).

TABLA No. 4 COMPOSICION POR 100 GRAMOS DE ÑAME FRESCO (Daku, 1967).

Humedad (%)	73,0
Energía Bruta (kcal/100 gm)	104,0
Proteína (gm)	2,0
Grasa (gm)	0,2
Carbohidratos totales	24,0
Fibra (%)	0,5
Ca (mg)	10,0
P (mg)	-
Fe (mg)	1,2
K (mg)	-
Vitamina A (U.I.)	20,0
Tiamina (mg)	0,1
Riboflavina (mg)	0,03
Niacina (mg)	0,4
Acido ascórbico (mg)	10,0

En determinaciones realizadas en cuatro tubérculos de la variedad "morada", (Dioscorea alata), Martín y Thompson (1971), encontraron que exceptuando la cáscara, el contenido proteico varió poco en las diferentes partes del ñame (Tabla No. 5).

TABLA No. 5 EFECTO DE LA FUENTE DE MUESTRA SOBRE EL CONTENIDO
DE PROTEINA DEL TUBERCULO DE Dioscorea alata

FUENTE DE LA MUESTRA	PROTEINA CRUDA % PROMEDIO
CORTE HORIZONTAL	
Tercio superior (viejo)	7,38
Tercio medio	7,07
Tercio inferior	6,83
CORTE VERTICAL	
Cáscara	10,60
Tercio inferior	8,11
Tercio medio	7,71
Tercio exterior	7,72
Promedio de cuatro tubérculos	7,92

Deficiencias protéicas especialmente "Kwashiorkor" (desnutrición protéico-calórica), son de ocurrencia común en áreas donde el ñame integra la mayor parte de la dieta; sin embargo, todo parece indicar que el ñame es más rico en proteína que las demás raíces y tubérculos cultivados comercialmente, (Coursey, 1967).

Según Coursey (1965), el consumo promedio por persona en el Africa Occidental es de 0,5 a 1 kg diario. En la zona rural de Costa de Marfil, el consumo promedio alcanza 1,05 kg, el cual equivale al 49% del consumo energético de la población. Una estimación de la aprovechabilidad del fíame en cinco países del Africa Occidental, realizada por el mismo Coursey; se presenta en la tabla No. 6, asumiendo una Kcal por gramo de fíame fresco.

TABLA No. 6 APROVECHABILIDAD ESTIMADA DE FÍAME CONSUMIDO EN EL
AFRICA OCCIDENTAL

PAIS	A P R O V E C H A B I L I D A D	
	kg PERSONA DIA	Kcal PERSONA DIA
Costa de Marfil	0,71	710
Ghana	0,38	380
Togo	0,98	980
Dahomey	0,58	580
Nigeria	0,58	580

No fué posible para el autor encontrar estudios de digestibilidad del fíame. Igualmente falta información sobre la aprovechabilidad del fíame por el pueblo colombiano.

2.4. METODO DE OXIDO CROMICO (Cr_2O_3). PARA LA DETERMINACION DE LA DIGESTIBILIDAD

El Cr_2O_3 es el indicador usado con mayor frecuencia en estudios de digestibilidad, siendo tan confiable como el método de colección total. Cumple con los requisitos que debe llenar un buen indicador: fácil determinación química, totalmente indigestible, no produce efectos dañinos al animal y una rata de paso uniforme, a través del tracto digestivo, (Sibbald et al., 1960).

Schured et al. (1952), empleando 1% de Cr_2O_3 , para determinar coeficientes de digestibilidad en dietas para cerdos, durante un período de colección de tres días, no encontraron diferencias significativas con los valores promedios obtenidos por el método de colección total. Resultados semejantes fueron reportados por Clawson et al. (1955), con 0,5% de Cr_2O_3 . La concentración de Cr_2O_3 en las heces de cerdos alimentados a voluntad se normalizó entre el tercero y cuarto día de su inclusión en la dieta; aún cuando las tasas de recuperación de Cr_2O_3 fueron diferentes de acuerdo a la hora de colección de la muestra, el promedio de los coeficientes de la digestión obtenido de las muestras de cuatro días, sólo se diferenció 1% del obtenido mediante la colección total. La inclusión de Cr_2O_3 no afectó el consumo de alimento, ni la tasa de ganancia de peso.

Zivkovic et al. (1963), suministraron 1% de Cr_2O_3 con cuatro días de anticipación al período de toma de muestras, el cual fué de tres días; realizaron colecciones de aproximadamente 100 gm de heces dos veces al día.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. ZONA DE EJECUCION.

Los dos experimentos del presente estudio, efectuados para determinar las digestibilidades y energías digestibles y metabolizables del azúcar y el fieno, fueron realizados en la Sección de Porcinos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias - Tibaitatá; situado a una altura de 2.640 metros sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 13.2°C, precipitación pluviométrica media de 624.9 mm y humedad relativa de 72%.

Los análisis bromatológicos, las determinaciones de energía y cromo se realizaron en el laboratorio Nacional de Nutrición, localizado en el mismo Centro.

3.2. JAULAS METABOLICAS.

Se utilizaron jaulas metálicas individuales, su estructura se observa en las fotos 1 y 2; constan de:

- Enrejado ó malla de hierro que sirve de piso y permite el paso de heces y orina, sus dimensiones son 60 cm de ancho y 80 cm de largo.
- Cedazo ó anjeo que permite el paso de la orina, más no el de las heces.
- Embudo para la colección de la orina. El espacio útil fué de 0,48 metros cuadrados por animal.



FOTO 1. DETALLE EXTERIOR DE JAULAS METABOLICAS PARA PORCINOS.



FOTO 2. DETALLE DEL INTERIOR DE UNA JAULA METABOLICA.



FOTO 3. TUBERCULOS DE ÑAME, Dioscorea
alata.

3.3. GRUPOS EXPERIMENTALES.

En cada experimento se utilizaron 15 lechones (Duroc X Landrace), de 56 días de edad, distribuidos en tres grupos de cinco animales cada uno, bajo un diseño de bloques al azar. Los pesos promedios fueron 16,0 kg, para los lechones del primer experimento y 15,0 kg para los del segundo.

Los grupos experimentales fueron:

Grupo 1. Dieta basal con 39% de proteína, a base de maíz-soya.

Grupo 2. Dieta basal más 33,33% de azúcar ó hame para los experimentos uno y dos respectivamente.

Grupo 3. Dieta basal más 44,44% de azúcar ó hame para los experimentos uno y dos respectivamente.

3.4. ALIMENTACION.

La composición de la dieta basal y de las premezclas vitamínicas y mineral utilizadas en ambos experimentos se presentan en las tablas Nos. 7 y 8.

TABLA No. 7 COMPOSICION DE LA DIETA BASAL UTILIZADA EN LOS EXPERIMENTOS UNO Y DOS.

INGREDIENTE	PORCENTAJE
Torta de soya	72,0
Maíz amarillo	13,1
Azúcar	5,0
Harina de hueso	8,0
Vitaminas	1,0
Minerales	0,4
DL-Metionina	0,5
	100,0

TABLA No. 8 PREMEZCLAS VITAMINICA Y MINERAL EMPLEADAS EN LOS EXPERIMENTOS UNO Y DOS.

PREMEZCLA VITAMINICA	GRAMOS
Vitamina A (325.000 U.I./gm)	0.600
Vitamina D (850.000 U.I./gm)	0.024
Ribiflavina al 40%	1.700
Niacina al 50%	10.000
Pantotenato de Ca	2.400

Continuación tabla No. 8

PREMEZCLA VITAMINICA	GRAMOS
Colina del 25%	800.000
Vitamina B-12 (52,8 mg/kg)	70.000
Aurofac "10" (10 gm/lb)	92.000
Maíz molido	23.276
	<hr/>
	1.000 gm*
 PREMEZCLA MINERAL	
Sulfato de Mn (32,5% Mn)	12.00
Sulfato de Cu (25,46% Cu)	3,50
Oxido de Zn (80,00% Zn)	6,30
Acetato de Co (24,78% Co)	1,00
Sal yodada	377,20
	<hr/>
	400 gm*

* Cantidades de premezcla empleadas para 100 kg de alimento.

En la tabla No. 9 se detallan las raciones que previamente mezcladas y divididas en dos cantidades iguales se suministraron diariamente a cada animal a las 9:00 a.m. y a las 4:30 p.m.

TABLA No. 9 GRUPOS EXPERIMENTALES Y SUMINISTRO DIARIO DE ALI
 MENTO A CADA ANIMAL EN LOS EXPERIMENTOS UNO Y DOS.

E X P E R I M E N T O 1	
Grupo 1	= 500 gm basal
Grupo 2 <u>a/</u>	= 500 gm basal + 250 gm de azúcar
Grupo 3 <u>b/</u>	= 500 gm basal + 400 gm de azúcar

E X P E R I M E N T O 2	
Grupo 1	= 500 gm basal
Grupo 2 <u>a/</u>	= 500 gm basal + 250 gm de ñame
Grupo 3 <u>b/</u>	= 500 gm basal + 400 gm de ñame

a/ Los 250 gm de azúcar ó ñame equivalen a 33,33 por ciento de la dieta.

b/ Los 400 gm de azúcar ó ñame equivalen al 44,44 por ciento de la dieta.

El agua se suministró dos veces diariamente antes de suministrar el alimento, durante un período de media a una hora.

3.5. TIPO DE AZUCAR Y ÑAME EMPLEADOS.

En el experimento uno se utilizó como material de prueba azúcar refinada, con 97% de materia seca. En el experimento dos el material empleado fué el ñame de la variedad Dioscorea alata; su

análisis proximal se detalla en la tabla No. 10.

TABLA No. 10 ANALISIS PROXIMAL DEL ÑAME (Dioscorea alata)

NUTRIENTE	FRESCO	HUMEDAD LABORATORIO	MATERIA SECA
Agua	71,77	10,54	-
Proteína	1,58	5,00	5,58
Grasa	0,14	0,46	0,51
Fibra	0,92	2,90	3,24
Ceniza	1,17	3,70	4,15
ENN	24,42	77,40	86,52
T o t a l :	100,00	100,00	100,00

3.6. PROCEDIMIENTO.

Manejo del ñame: El ñame, después de cosechado, se lavó con agua corriente y se cortó en rodajas delgadas (fotos 3 y 4); posteriormente se colocó durante 48 horas aproximadamente en un horno con corriente de aire circulante (foto 5) graduado a una temperatura de 60°C, hasta obtener materia seca con peso constante; por último, se molió en un micromolino y se mezcló con la dieta basal para formar las dietas que se suministraron a los grupos dos y tres.



FOTO 4. CORTE DEL ÑAME, ANTERIOR AL PROCESO DEL SECADO.



FOTO 5. HORNO UTILIZADO PARA EL SECADO DEL ÑAME.

La duración de cada prueba fué de 13 días distribuidos así: los cinco primeros corresponden al período de acostumbramiento de los cerdos a las dietas y jaulas, el procedimiento se explica en la tabla No. 11; en la mañana del sexto día se inició el suministro de 0,5% de Cr_2O_3 adicionado a las dietas hasta terminar el experimento. Para una mejor distribución en las dietas el Cr_2O_3 se mezcló previamente, en una micromezcladora, con una porción de dieta basal finamente molida en la proporción de 1:2, tal cantidad de dieta basal se tuvo en cuenta para ajustar el contenido de Cr_2O_3 a 0,5% en cada una de las dietas. El día 10 se inició la recolección de heces y orina, la cual se realizó hasta el día 14.

TABLA No. 11 ACOSTUMBRAMIENTO DE LOS CERDOS A LAS DIETAS

DIA	CANTIDAD SUMINISTRADA (gm)		
	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3
1	500 B + 0 M	500 B + 100 M	500 B + 100 M
2	500 B + 0 M	500 B + 200 M	500 B + 200 M
3	500 B + 0 M	500 B + 250 M	500 B + 300 M
4 y 5	500 B + 0 M	500 B + 250 M	500 B + 400 M

B = Dieta basal

M = Material de prueba: azúcar ó fiamel.

3.7. TOMA DE MUESTRAS.

La colección de las heces se practicó dos veces por día, a mañana y tarde, tomando aproximadamente 100 gm en cada ocasión, se hizo en frascos oscuros de boca ancha, a los cuales previamente se les había adicionado 3 ml de tolueno y se mantuvieron herméticamente sellados a temperatura ambiente. Una vez terminado el período de colección, las heces se secaron sobre papel de aluminio en un horno con aire circulante a 60°C, durante aproximadamente 48 horas, hasta obtener materia seca con peso constante. Luego las heces se molieron en un micromolino Willey Mill usando malla de un milímetro. Se tomaron muestras representativas para las determinaciones de energía bruta, cromo y análisis bromatológico.

Durante el período de toma de muestras se recolectaron los residuos de alimento a los cuales se les calculó su peso en materia seca, con el fin de determinar el verdadero consumo de alimento de cada animal.

3.8. ANALISIS DE LAS MUESTRAS.

3.8.1. Bromatológico.

Los análisis próximos de dietas y heces, se realizaron de acuerdo a la metodología empleada por el Laboratorio Nacional de Nutrición Animal del I.C.A., con sede en Tibaitatá y que están basados en el A.O.A.C. 1965.

3.8.2. Determinación de Cromo.

Se empleó el método colorimétrico descrito por Hill y Anderson (1958).

Se pesa una muestra que contenga aproximadamente 10 mg de Cr_2O_3 y se transfiere a un balón kjeldahl calibrado a 110 ml, a continuación se adicionan 10 ml de ácido nítrico concentrado; la mezcla se deja en posición vertical durante la noche (éste paso no es necesario), luego se hace la digestión de la mezcla. Una vez destruida la materia orgánica se adicionan al balón 15 ml de mezcla de digestión; la cual se ha preparado por disolución de 10 gm de molibdato de sodio en 150 ml de H_2O destilada, a esto se agrega lentamente 150 ml de H_2SO_4 concentrado, luego se enfría en un baño de agua y por último se agregan 200 ml de ácido perclórico al 70%, con agitación; la muestra digerida se mantiene sobre la llama hasta que cambie de color verde a amarillo, naranja ó rojo, dependiendo de la concentración del cromo. Es aconsejable un calentamiento adicional de 15 minutos después de la aparición del color para obtener la disolución completa del cromo en el medio ácido (Czarnocki et al., (1961); luego se enfría la solución, lo cual puede hacerse en un baño de agua fría y se diluye aproximadamente con 90 ml de agua destilada desmineralizada; una vez fría la mezcla disuelta se lleva a un volumen de 110 ml y se deja en reposo durante la noche para precipitar el material inorgánico. Se decanta ó se filtra y se mide la densidad óptica a 430 $m\mu$ en un espectrofotómetro. El conte

nido de Cr_2O_3 se determina de una curva de referencia, que cubre un rango de 0 a 150 μg de Cr_2O_3 por ml, preparados por diluciones de alícuotas de la solución de digestión de 50 mg de Cr_2O_3 puro, como se indicó anteriormente; cuya línea de regresión está representada por la ecuación: $X = 0.3454 Y$.

3.8.3. Calorimetría.

Se siguieron las indicaciones del Manual Parr No. 130, de 1966, para el funcionamiento y manejo de la bomba calorimétrica.

3.9 DISEÑO.

Se utilizó el diseño completamente al azar. Los análisis estadísticos realizados fueron de varianza simple. Se empleó la prueba de Duncan, para determinar los tratamientos que diferían significativamente.

4 RESULTADOS

Los análisis próximos de las dietas y heces de los dos experimentos se presentan en las tablas Nos. 21 y 22 del apéndice. Todos los valores están expresados en base a materia seca. Las tablas 23 y 24 muestran los promedios de aumento de peso y eficiencia alimenticia por tratamiento, durante 7 días a partir de la iniciación del suministro de óxido crómico (Cr_2O_3).

4.1. EXPERIMENTO 1.

Los valores guías para la elaboración de la curva patrón de Cr_2O_3 (gráfica 1), se detallan en la tabla No. 25 del apéndice. Las determinaciones de Cr_2O_3 en dietas y heces se observan en la tabla No. 26. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de Cr_2O_3 de las heces de los tratamientos 1 y 2; altamente significativas ($P < 0,01$) entre los tratamientos 1 y 3; pero no se observaron diferencias significativas cuyo contenido de Cr_2O_3 en las heces de los tratamiento 2 y 3.

El resumen de la digestibilidad de la proteína, fibra, grasa, extracto no nitrogenado (ENN) y cenizas de las tres dietas de este experimento, se detallan para cada animal en la tabla No. 28; se aprecia poca variación entre los valores promedios para las digestibilidades de fibra y proteína de las tres dietas. La digestibilidad de la grasa fué significativamente menor ($P < 0,01$) en las dietas 2 y 3 comparada con aquella de

la dieta 1. En la dieta 1 se obtuvo un valor de 86,06% para la digestibilidad del ENN que resultó significativamente menor ($P < 0,01$), con relación al 94,88 y 96,18% obtenidos en las dietas 2 y 3 respectivamente, entre estas dos últimas dietas no hubo diferencias significativas para la digestibilidad del ENN. Los valores promedios del TND se presentaron en la tabla No. 12; en ella se observa que el aporte de la proteína y el ENN al TND fué proporcional al contenido de estos nutrientes en las tres dietas del experimento. Los aportes de la fibra y grasa al TND fueron bajos, disminuyendo sensiblemente con la inclusión del azúcar en las dietas 2 y 3.

TABLA No. 12 VALORES PROMEDIOS DEL TND OBTENIDOS PARA LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO 1.

DIETA	PROTEINA	FIBRA	ENN	GRASA	TND
1	35,97	1,86	34,31	0,97	73,12
2	23,62	1,09	58,02	0,29	83,02
3	15,79	1,15	69,23	0,28	86,45

Los valores de energía bruta en las dietas y heces, las relaciones del Cr_2O_3 dieta / Cr_2O_3 heces, digestibilidad, energía fecal y energía digestible, se resumen en la tabla No. 13. Los análisis

TABLA No. 13 ENERGIAS BRUTAS, DIGESTIBILIDAD, ENERGIAS FECALES
Y DIGESTIBLES EN EL EXPERIMENTO UNO (CON AZUCAR)

	ENERGIA BRUTA	$\frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ DIETA}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ HECES}} \times 100$	DIGESTI BILIDAD	ENERGIA FECAL	ENERGIA DIGESTIBLE
TRATAMIENTO	cal/gm	%	%	cal/gm	cal/gm
1	4.359,97	23,66	76,34	860,71	3.499,26
2	4.164,92	13,28	86,72	512,03	3.652,89
3	4.110,48	11,25	88,75	439,75	3.670,73
ANIMAL	HECES				
1	3.642,38	24,62	75,38	896,75	3.463,22
2	3.661,34	24,91	75,09	912,04	3.447,21
3	3.689,53	23,81	76,19	878,48	3.481,49
4	3.477,43	20,48	79,52	712,18	3.647,79
5	3.690,19	24,50	75,50	904,10	3.455,87
6	3.931,78	13,27	86,73	521,75	3.643,17
7	3.782,40	13,63	86,37	515,74	3.649,38
8	3.941,32	13,31	86,65	526,17	3.638,75
9	3.915,97	13,65	86,35	534,53	3.630,39
10	3.701,85	12,48	87,52	461,99	3.702,93
11	3.960,02	10,66	89,34	422,14	3.688,34
12	3.969,82	12,00	88,00	476,38	3.634,10
13	4.033,76	11,71	88,29	472,35	3.638,13
14	3.764,96	11,76	88,24	442,76	3.667,72
15	3.801,74	10,13	89,87	385,12	3.725,36

estadísticos de los anteriores parámetros se reportan en los anexos 1, 3, 4 y 5 del apéndice. Los valores de energía bruta de las heces del tratamiento 1 mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$), con relación a aquellas de los tratamientos 2 y 3; entre estos dos últimos tratamientos no hubo diferencias significativas para los valores de energía bruta. El análisis estadístico para la relación Cr_2O_3 dieta / Cr_2O_3 heces, muestra que las dietas 2 y 3 fueron significativamente más digestibles ($P < 0,01$) que la dieta 1, 86,72 y 88,75% respectivamente contra 76,34%. Con la dieta 3 que contenía 46,82% de azúcar se obtuvo una mayor digestibilidad ($P < 0,05$) que con la dieta 2 con 35,5% de azúcar. Los valores hallados para la energía fecal con la dieta fueron mayores ($P < 0,01$) que aquellos obtenidos con las dietas 2 y 3.

La energía digestible y el porcentaje de energía bruta que se digiere fueron superiores ($P < 0,01$) en las dietas con azúcar que en la dieta 1; cuando se compararon las dietas 2 y 3 para tales variables, no se observaron diferencias significativas aún cuando sí se presentó una ligera superioridad en la digestibilidad de la dieta 3.

La energía bruta del azúcar usado en este experimento, determinada por combustión en la bomba calorimétrica fué de 4.035,91 cal/gm en términos de materia seca.

La digestibilidad del azúcar obtenida en cada animal y por tratamiento se resumen en la tabla No. 14.

TABLA No. 14 DIGESTIBILIDAD DEL AZUCAR OBTENIDA CON NIVELES DE 35,5 Y 46,82% DE AZUCAR EN LA DIETA

35,5% DE AZUCAR		46,86% DE AZUCAR	
ANIMAL	DIGESTIBILIDAD	ANIMAL	DIGESTIBILIDAD
6	105,61	11	104,14
7	104,50	12	101,28
8	105,33	13	101,89
9	104,54	14	101,79
10	107,77	15	105,27
\bar{x}	105,54	\bar{x}	102,87
s	1,32	s	1,73
c.v.	1,25	c.v.	1,69

Cuando se incluyó 35,5% de azúcar en la dieta 2 la digestibilidad fué 105,54% que de acuerdo a la prueba de Duncan, fué significativamente más alta ($P < 0,05$) que el valor 102,87% obtenido con 46,82% de azúcar en la dieta 3. El promedio de digestibilidad del azúcar obtenido de las 2 dietas fué 104,17%.

Cuando el azúcar constituyó 35,5 y 46,82 de la dieta en base seca, se obtuvieron 3.932,13 y 3.865,48 cal/gm de energía digestible respectivamente, valores que representan 97,43 y 95,78% de la energía bruta del azúcar (4.035,91 cal/gm).

En la tabla No. 15 se detallan los valores de energía digestible

del azúcar por animal y tratamiento, con el respectivo porcentaje de la energía bruta que se digiere; el análisis estadístico de estos valores no mostró diferencias significativas entre los tratamientos con los diferentes niveles de azúcar.

TABLA No. 15 ENERGIA DIGESTIBLE DEL AZUCAR Y PORCENTAJE DE LA ENERGIA BRUTA QUE SE DIGIERE

	AZUCAR EN LA DIETA	ENERGIA DIGESTIBLE	ENERGIA BRUTA QUE SE DIGIERE
TRATAMIENTO 2	35,5%	cal/gm	%
Animal 6		3.904,65	96,75
Animal 7		3.922,14	97,18
Animal 8		3.892,20	96,44
Animal 9		3.868,65	95,86
Animal 10		4.072,99	100,92
TRATAMIENTO 3	46,82%		
Animal 11		3.903,10	96,70
Animal 12		3.787,24	93,84
Animal 13		3.795,86	94,05
Animal 14		3.859,05	95,62
Animal 15		3.982,16	98,67
\bar{x}		3.898,80	96,60

La energía metabolizable del azúcar no fué posible determinarla experimentalmente, debido a que no se dispuso de licofilizador ni de celulosa para el secado de la orina; pero si se consideran las determinaciones realizadas por Diggs et al., (1965), quién reportó que la energía metabolizable de una serie de productos comunes en la alimentación del cerdo equivalía a 94,7% de la energía digestible, se tendría que el valor calculado para la energía metabolizable del azúcar en este experimento es de 3.692,16 cal/gm.

4.2. EXPERIMENTO 2.

Los valores guías para la elaboración de la curva patrón del Cr_2O_3 (gráfica 2), se resumen en la tabla No. 25 del apéndice. El contenido de Cr_2O_3 en las dietas y heces se detallan en la tabla No. 27; tales valores no presentaron diferencias significativas al ser comparados mediante la prueba de Duncan. Los valores de digestibilidad de los nutrientes de las tres dietas utilizadas en este experimento se observan en la tabla No. 29; se aprecia una marcada depresión en las digestibilidades de la proteína y fibra en las dietas 2 y 3, que contenían 33,3 y 43,56% de fime respectivamente, la cual se hace más pronunciada para la grasa, cuya digestibilidad fué negativa en todos los animales del tratamiento 2; y para los animales 13 y 14 del tratamiento 3, para las digestibilidades del ENN no representaron diferencias significativas entre las 3 dietas.

En la tabla No. 16 se presenta el resumen de los valores del TND

obtenidos para las 3 dietas en base a la suma de los productos del contenido de los nutrientes proteína, fibra, grasa y ENN por su digestibilidad; en ella se aprecia que las dietas 2 y 3 que contenían 33,3 y 43,56% de fieno respectivamente, tuvieron un TND menor que la dieta 1 sin fieno; sin embargo tal diferencia no fue significativa. El aporte del ENN al TND aumentó de la dieta 1 a la 3 al inverso de los aportes realizados por la proteína, fibra

TABLA No. 16 VALORES PROMEDIOS DEL TND EN LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO 2.

DIETA	PROTEINA	FIBRA	GRASA	ENN	TND
1	36,28	2,43	1,95	31,34	72,00
2	21,66	1,90	0,55	45,91	70,02
3	17,25	1,59	0,13	50,53	69,24

y grasa que disminuyeron de la dieta 1 a la 3. En la tabla No. 17 se detallan los valores de energía bruta de las dietas y heces, las relaciones del contenido de Cr_2O_3 dieta / Cr_2O_3 heces, los valores de digestibilidad, energía fecal y energía digestible obtenidos en cada animal. Los análisis estadísticos para estas tablas con su correspondiente prueba de Duncan, se reportan en los anexos 10, 12, 13 y 14 del apéndice. Los resultados muestran diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en la energía bruta,

TABLA No. 17 ENERGIAS BRUTAS, DIGESTIBILIDADES, ENERGIAS FECA
LES Y DIGESTIBLES EN EL EXPERIMENTO DOS (CON NAME)

	ENERGIA BRUTA	$\frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ DIETA}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ HECES}} \times 100$	DIGESTI BILIDAD	ENERGIA FECAL	ENERGIA DIGESTIBLE
TRATAMIENTO	cal/gm	%	%	cal/gm	cal/gm
1	4.46395	24,01	75,99	925,63	3.538,32
2	4.346,17	26,23	73,77	1160,51	3.185,66
3	4.278,72	27,28	72,72	1179,25	3.099,37
ANIMAL	HECES				
1	3.817,92	25,23	74,77	963,96	3.500,00
2	3.900,84	25,74	74,26	1004,08	3.459,87
3	3.750,12	21,98	78,02	824,28	3.639,67
4	4.034,49	24,99	75,01	1008,22	3.455,73
5	3.741,55	22,12	77,88	827,63	3.636,32
6	4.408,70	26,34	73,66	1161,25	3.184,92
7	4.600,49	26,76	73,24	1231,10	3.115,07
8	4.282,73	26,80	73,20	1147,77	3.198,40
9	4.432,00	26,36	73,64	1168,28	3.177,89
10	4.392,36	24,91	75,09	1094,14	3.252,02
11	4.394,98	29,88	70,12	1221,03	3.057,69
12	4.430,82	23,88	76,12	1058,08	3.220,64
13	4.577,40	28,95	71,05	1215,83	3.062,89
14	4.556,91	28,90	71,10	1316,95	2.961,77
15	4.370,67	24,81	75,19	1084,36	3.193,86

energía fecal, energía digestible y porcentaje de la energía bruta que se digiere, entre el tratamiento 1 y los tratamientos 2 y 3; entre estos dos últimos tratamientos no hubo diferencias significativas. Para las relaciones de Cr_2O_3 dieta / Cr_2O_3 heces y en las digestibilidades de las dietas no se presentaron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos. El cálculo del TND del fíame se reporta en la tabla No. 18; se aprecia que el valor de TND obtenido (66,47), está por debajo del aporte de 73,24 hecho por la digestibilidad del ENN, lo que se debe al efecto negativo que ejercen la proteína, la grasa y aún la fibra sobre el TND.

TABLA No. 18 CALCULO DEL TND DEL FÍAME

	DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES DEL FÍAME			
	PROTEINA	FIBRA	GRASA	ENN
DIETA 2	-110	29	-379	84,62
DIETA 3	- 90	28	-393	84,61
PROMEDIO	-100	23,5	-386	84,65
% DE NUTRIENTE	5,58	3,24	0,51	86,52
CONTRIBUCION AL TND	-5.58	0,78	-1,97	73,24
TND	----- 66,47 -----			

Los valores de digestibilidad del fíame obtenidos por el método de Crampton se presentan por tratamiento y animal en la tabla No. 19.

Según el análisis de varianza (anexo 18), no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con 33,3 y 43,56% de fñame en la dieta. La digestibilidad promedio fué 68,89%.

TABLA No. 19 DIGESTIBILIDAD DEL ÑAME OBTENIDA CON NIVELES DE 33,3 Y 43,56% DE ÑAME EN LA DIETA.

ANIMAL	DIGESTIBILIDAD	ANIMAL	DIGESTIBILIDAD
DIETA 2		DIETA 3	
6	68,99	11	62,51
7	67,73	12	76,29
8	67,91	13	64,65
9	68,64	14	64,76
10	73,29	15	74,16
\bar{x}	69,31	\bar{x}	68,47

La energía bruta del ñame en base seca obtenida por combustión en la bomba calorimétrica, fué 4.101,49 cal/gm. Un resumen de la energía digestible del ñame determinada en los animales de los tratamientos 2 y 3, con el respectivo porcentaje de energía bruta que se digiere, se presentan en la tabla No. 20. Los valores de energía digestible fueron 2.479,29 y 2.530,62 cal/gm en los tratamientos 2 y 3 respectivamente, valores que corresponden al 60,45 y 61,70% de la energía bruta del ñame, cuando éste constituyó el 33,3 y 43,56% de la materia seca de las dietas 2 y 3. Para los valores de

energía digestible y porcentaje de la energía bruta del fieno que se digiere, no hubo diferencias significativas entre los dos tratamientos (anexos 16 y 17).

TABLA No. 20 ENERGIA DIGESTIBLE DEL FIEÑO Y PORCENTAJE DE ENERGIA BRUTA QUE SE DIGIERE.

	NAME EN LA DIETA	ENERGIA DIGESTIBLE	ENERGIA BRUTA QUE SE DIGIERE
TRATAMIENTO 2	33,30%	cal/gm	%
6		2.477,06	60,39
7		2.267,30	55,28
8		2.517,54	61,38
9		2.455,95	59,88
10		2.678,59	65,31
TRATAMIENTO 3	43,56%		
11		2.434,94	59,37
12		2.809,02	68,49
13		2.446,88	59,66
14		2.214,74	64,00
15		2.747,54	66,99
		2.504,95	61,07

La energía metabolizable del fieno, calculada como el 94,7% de la

energía digestible, valor obtenido por Diggs (1965) para una serie de productos, sería 2.447,34, que representa el 59,67% de la energía bruta del fieno.

5. DISCUSION

5.1. EXPERIMENTO 1.

Los resultados incluidos en la tabla No. 23, indican que la adición de 35,5 y 46,82% de azúcar a una dieta basal que contenía 43,38% de proteína, resultó en eficiencias alimenticias significativamente superiores ($P < 0,01$), para las dietas con azúcar. Ello posiblemente se debió a una mejor relación energía-proteína en las dietas con azúcar; o al menor consumo energético de los animales de la dieta 1, el cual no estaría llenando los requerimientos totales del animal, que si serían copados con los mayores consumos energéticos de las dietas 2 y 3.

El mayor contenido de Cr_2O_3 , determinado en las heces de los animales que consumieron las dietas 2 y 3, se manifestó en una digestibilidad superior ($P < 0,01$) de tales dietas con relación a la dieta 1. Este hecho se reflejó en TND superior para las dietas 2 y 3, con relación al obtenido para la dieta 1; ello podría ser efecto del aporte energético por parte del azúcar, producto que casi en un cien por ciento está constituido por ENN, el cual es altamente digestible, como se puede apreciar en la tabla No. 27.

El más alto contenido de energía bruta en la dieta 1, corresponde a la mayor proporción de proteína, almidón y grasa en tal dieta; nutrientes estos que poseen más calor de combustión por unidad de peso, que el azúcar incluido en las dietas 2 y 3. Sin embargo el mayor valor de la energía fecal por gramo de alimento consu-

mido en la dieta 1, con relación a los obtenidos para las dietas 2 y 3, resultó en valores de energía digestible y porcentajes de energía bruta que se digiere significativamente superiores ($P < 0,01$) para las dietas con azúcar que aquellos obtenidos para la dieta basal.

La digestibilidad significativamente mayor ($P < 0,05$) de la dieta 3, con 46,82% de azúcar, con respecto a aquella de la dieta 2, con 35,3% de azúcar, está opuesta a la mayor pero no significativa energía digestible para el azúcar en la dieta 2 y una digestibilidad significativamente más alta del azúcar ($P < 0,05$) en la misma dieta. Lo anterior hace suponer que la menor digestibilidad de la energía en la dieta 2, pudo deberse a su mayor contenido de ENN proveniente de la dieta basal, el cual tuvo una digestibilidad menor que el ENN del azúcar (tabla No. 28).

Las digestibilidades de la proteína y fibra de la dieta basal no fueron afectados con la inclusión del azúcar para constituir las dietas 2 y 3 (tabla No. 28). Diferentes resultados son reportados por Skipitaris et al. (1957), quiénes encontraron que al agregar 16% de azúcar en una ración para cerdos se disminuía la digestibilidad de la fibra y proteína crudas. Las altas digestibilidades, 105,54 y 102,87% obtenidas para el azúcar en las dietas 2 y 3 respectivamente, posiblemente se debieron a interacciones energético-protéicas, o a una mayor digestibilidad del ENN proveniente de la dieta 1, cuando este ENN constituyó parte de las dietas 2 y 3.

El valor de la energía bruta del azúcar obtenido en este experimento (4.036 cal/gm), está de acuerdo con el obtenido por Nehring et al. (1965) quiénes obtuvieron 93 cal/gm menos. El valor de 3.899 cal/gm para la energía digestible del azúcar, determinado en este experimento, fué 234,80 y 208,80 calorías más alto que los valores obtenidos por los mismos investigadores en novillos y ovejas; lo cual puede atribuirse a variación normal entre procedimientos y equipos empleados. La energía metabolizable, 3.692 cal/gm calculada para el azúcar usado en este experimento, sólo fué inferior en 18 y 58 calorías, a los valores directamente determinados en cerdos por Diggs et al. (1965) y Berglum (1965). La baja variación con las anteriores cantidades da confiabilidad al valor de energía metabolizable calculado en el presente ensayo. Además, dicho valor fué superior en sólo 119 cal/gm a la energía metabolizable de 3.573 cal/gm de sucrosa, obtenida en novillos por Nehring et al. (1965).

5.2. EXPERIMENTO 2.

Teóricamente la dieta 1 de este experimento fué de igual composición que la dieta 1 del primer experimento; sin embargo al someterse al análisis bromatológico, se obtuvieron valores ligeramente inferiores para la proteína, fibra, grasa y cenizas, pero mayor para el ENN, que los correspondientes de la dieta 1 del primer experimento; tales diferencias sumadas a la diferencia de lote, pudieron ser la causa de las variaciones encontradas en los resultados de las

dietas 1 de ambos experimentos.

Las menores digestibilidades de la proteína, fibra y grasa en las dietas 2 y 3 con relación a la dieta 1, son consecuencia de las bajas digestibilidades obtenidas para estos nutrientes en el ñame (tabla No. 29). La digestibilidad del ENN, fué similar en las tres dietas y para el ñame fué 84,65%. Si se consideran las digestibilidades de los nutrientes en las dietas del experimento con azúcar, en los cuales las digestibilidades de fibra y grasa presentaron poca variación, se podría suponer que la dieta basal tuvo poca ó ninguna influencia en las bajas digestibilidades obtenidas en las dietas 2 y 3 de este experimento y sobre la digestibilidad del ñame. Ante la no disponibilidad de datos experimentales sobre ensayos metabólicos en el ñame, para ser comparados con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se ha optado por compararlos con algunos valores determinados en papa, que es una tuberosa de composición bromatológica, similar a la del ñame.

El valor de 68,89%, correspondiente a la digestibilidad del ñame, es bastante inferior al 84% reportado en cerdos por Crampton y Harris (1965), como porcentaje de digestibilidad de la papa.

Si se considera el bajo valor del TND y la baja digestibilidad del ñame, puede suponerse que hubo un factor inherente al ñame utilizado en este experimento, el cual habría afectado su verdadero metabolismo; tal factor pudo ser:

- a) El calentamiento a 60°C durante 48 horas para el secado del fñame, pudo ser excesivo, disminuyendo el valor biológico de su proteína y grasa. Un fundamento de lo expuesto, sería el hecho de que la digestibilidad del ENN del fñame fué relativamente alta, 84,65 por ciento, con lo cual se estaría de acuerdo con el consenso existente de que la fracción carbohidratada de la papa seca o sus subproductos son bien digeridos por el común de las especies animales (Friend et al., 1963). Los mismos autores obtuvieron 25% de digestibilidad para la proteína de la papa secada artificialmente. Nicholson y Friend (1965), determinaron una digestibilidad de 23% para la proteína de la pulpa de papa seca en cerdos.
- b) Que el fñame utilizado hubiese contenido sustancias inhibitoras del metabolismo de grasas y proteínas; también, que la inclusión de la soya en la dieta haya afectado la digestibilidad de la proteína. A falta de investigaciones sobre tal aspecto y considerando de nuevo la semejanza del fñame con la papa, se tiene que Bizer (1940), citado por Friend et al. (1963), obtuvo digestibilidad negativa para la proteína cruda de la papa, cuando se suministró con heno de frijol dulce y de 15 a 46% con heno de alfalfa verde. Woodward et al. (1943), sugieren que la digestibilidad de la proteína de la harina de soya es modificada por el almidón de la papa.
- La energía bruta del fñame, determinada en este experimento, 4.101 cal/gm, fué superior en sólo 249,49 calorías al valor reportado por Doku (1967).

Las 2.505 cal/gm de energía digestible del flame, equivalentes al 61,07% de la energía bruta, son un valor bastante bajo, comparado con las 3.704 cal/gm de energía digestible de la papa reportado por Crampton y Harris (1969). Igual sucede con el valor de energía metabolizable del flame, 2.447 cal/gm que sólo fué el 59,67% de su energía bruta.

6. CONCLUSIONES

La determinación de la digestibilidad y energía digestible de una sustancia en cerdos, se facilita usando el método del óxido crómico (Cr_2O_3), obviándose así la obtención de la energía metabolizable cuando se utiliza tal método.

La utilización hasta de 44% de azúcar en la dieta, no afectó desfavorablemente el estado general de los lechones, obteniéndose además una mejor eficiencia alimenticia que con la dieta basal.

El azúcar no afectó las digestibilidades de la proteína y la fibra de la dieta basal ; pero sí disminuyó la digestibilidad de la grasa y aumentó la del ENN.

La alta digestibilidad obtenida para el azúcar, 104,2 por ciento, pudo deberse a una interacción energía-proteína, que se manifestó en digestibilidades significativamente mayores del ENN de las dietas con azúcar.

La energía bruta del azúcar en base seca, determinada para este experimento, fué 4.036 cal/gm; su energía digestible 3.899 cal/gm, correspondientes a 96,6% de la energía bruta y la energía metabolizable 3.692 cal/gm, equivalente al 91,47% de la energía bruta.

Con la adición del fume a la dieta basal, aún cuando se obtuvieron aumentos de peso menores que con las dietas con azúcar, no se notaron efectos adversos en el estado final de los lechones y además

las dietas con fiamé se obtuvieron eficiencias alimenticias mayores que con la dieta basal.

La digestibilidad del fiamé fué 68,89%, el TND 66,47%, la energía digestible 2.505 cal/gm y la energía metabolizable 2,447 cal/gm, equivalentes al 61,07 y 59,67% de la energía bruta respectivamente, son valores bastante bajos comparados con los correspondientes obtenidos para la papa.

Se sugiere la continuación de los estudios con miras a determinar el metabolismo del fiamé crudo, con el secado a diferentes temperaturas y para conocer la posibilidad de que el fiamé contenga inhibidores de la utilización de la proteína.

7. R E S U M E N

El presente trabajo consta de dos ensayos, realizados con el objeto de determinar la digestibilidad y energías digestibles y metabolizables del azúcar de caña y del ñame (Dioscorea alata), en cerdos. Tales estudios metabólicos se llevaron a cabo en la sección de porcinos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias - Tibaitatá (2.640 m.s.n.m., 13.2°C y 72% de humedad relativa).

Se utilizaron 30 lechones recién destetados (15 por experimento), distribuidos en bloques al azar de a cinco animales por tratamiento, dispuestos en jaulas metabólicas individuales. A cada animal se le suministraron diariamente 500 gm de una dieta basal con 39% de proteína, a los animales de los tratamientos 2 y 3 se les adicionó 250 y 400 gramos de azúcar ó ñame, equivalentes al 33,33 y 44,44% respectivamente de la dieta total.

A las dietas y heces se les hicieron análisis bromatológicos y calorimétricos. Las digestibilidades se determinaron mediante la adición de 0,5% de Cr_2O_3 a las dietas; la determinación de Cr se hizo en base al método de Hill y Anderson (1958).

La adición de azúcar ó ñame en los niveles anteriormente descritos, no afectó desfavorablemente el estado de los lechones y pese a la poca duración de las pruebas se apreciaron mejores eficiencias alimenticias en las dietas con azúcar ó ñame, que en la dieta basal.

La inclusión de azúcar en la dieta no influenció la digestibilidad

de la proteína o la fibra de la dieta basal, pero si disminuyó la de la grasa.

Las digestibilidades de las dietas con azúcar fueron significativamente mayores que la de la dieta basal (86,72 y 88,75 contra 76,34).

La digestibilidad promedio del azúcar fué 104,17%; la energía bruta 4.035,91 cal/gm, en términos de materia seca; la energía digestible 3.898,80 cal/gm, equivalente al 96,6% de la energía bruta y la energía metabolizable calculada fué de 3.692,16 cal/gm.

Las digestibilidades de las dietas con fíame no presentaron deficiencias significativas con relación a la dieta basal; sin embargo parece que el fíame afectó desfavorablemente la digestibilidad de la proteína y grasa provenientes de la dieta basal, pero no la del ENN. Los valores de digestibilidad de la proteína y la grasa del fíame fueron negativos - 100% = 386% respectivamente, la digestibilidad de la fibra 23,5% y la de su ENN 84,65%; tales resultados pudieron ser efecto del calentamiento del fíame a 60°C para su secado, o que el fíame utilizado contenía sustancias tóxicas inhibitoras del metabolismo de la proteína y aún de las grasas.

La digestibilidad aparente del fíame fué 68,89% y su TND 66,47%, la energía bruta 4.101,49 cal/gm en términos de materia seca; la energía digestible 2.504,95 cal/gm equivalente al 61,07 de la energía bruta y la energía metabolizable 2.447,34 cal/gm.

8. BIBLIOGRAFIA ⁶³

- AHERNE, F., V.W. HAYS, R.C. EWAN and V.C. SPEER 1969. Absortion and utilization of sugar by the baby pigs. *J. of Animal Sci.* 29:444-450.
- ANDERSON, D.L., F.W. HILL and R. RENNER 1958. Studies of the metabolizable and productive energy of glucosa for the growing chick. *J. of Nutrition.* 65:561-574.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS 1960. Official methods of analysis. 10th ed. Washington, D.C., Board. 908 p.
- BECKER, D.E., D.E. ULLREY, S.W. TERRIL and R.A. NOTZOLD 1954. Failure of the newborn pig to utilise dietary sucrose. *Science.* 120:345-346.
- BERGLUM, R. 1965. Possible use of sugar explained. *Feedstuffs.* 37 (41):37-40.
- BOENKER, D.E., L.F. TRIBBLE and W.H. PFANDER 1969. Energy and nitrogen evaluation of swine diets containing added fat or corn cobs. *J. of Animal Sci.* 28:615-619.
- BROWN, R.E. 1968. The efficiency of energy utilizacion in Animal production. *Ill. Univ. Coll. Agr. Spec. Publ.* 12:14-18.
- CAMPBELL, J.S. and H.J. GOODAING 1962. Recent developments in the production of food crops in Trinidad. *Tropical Agriculture, Trin.* 39:261-270.

CLAWSON, A.J., J.T. REID, B.E. SHEFFY and J.P. WILLMAN 1955. Use of chromium oxide in digestion studies with swine. *J. of Animal Sci.* 14:700-709.

COMBS, G.E., H.D. WALLACE, J.W. CARPENTER, A.Z. PALMER and R.H. ALSMEYER 1959. Feeding performance and carcass characteristics of growing finishing swine feed "C" grade sugar. *J. of Animal Sci.* 18:1405-8.

COURSEY, D.G. 1965. The role of yams in west African food economies. *World Crops.* 17:74-82.

_____. 1967. *Yams*. London, Longmans. 230 p.

COX, H.E. and D. PEARSON 1962. *The chemical Analysis of foods*. New York, Chemical Publishing Co. 476 p.

CRAMPTON, E.W. 1956. The caloric value of TND in swine studies. *J. of Animal Sci.* 15:1229 (Abstract.).

_____. 1964. Nutrient to calorie ratios in applied nutrition. *J. Nutr.* 82:353.

_____. and L.E. HARRIS 1969. *Applied animal nutrition; the use of feedstuffs in the formulation of livestock rations*, 2d. ed. San Francisco, W.H. Freeman. 753 p.

- CZARNOCKI, J., I.R. SIBBARD and E.V. EVANS 1961. The determinations of chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion and spectrophotometry. *Can. J. Animal Sci.* 41:167.
- DIAZ, E., V.C. SPEER, G.C. ASHTON, C.H. LIU and D.V. CATRON 1955. Comparison of refined cane sugar, invert cane molasses and unrefined cane sugar in starter rations for early weaned pigs *J. of Animal Sci.* 15:315-319.
- DIGGS, B.G., D.E. BECKER, A.H. JENSEN and H.W. NORTON 1965. Energy value of various feeds for the young pig. *J. of Animal Sci.* 24:555-558.
- DOKU, E.V. 1967. Root crops in Ghana. *First Int. Symp. trop. Root (Trinidad)*. 1:39-65.
- FAO 1970. Boletín mensual de Economía y Estadísticas Agrícolas. 19(1):18.
- FORD, E.J.H. 1965. The importance of glucose in ruminant metabolism. *Energy Metabolism. Proceeding of the III symposium Held at troon Scotland. London, Academic Press. pp 21-27.*
- FRIEND, D.W., H.M. CUNNINGHAM and J.W.G. NICHOLSON 1963. The feeding value of dried potato pulp for pigs. *Can. J. Animal Sci.* 43:241-251.

- FROMAGEOT, D. 1966. Le sucre dans l'alimentation du poulet de crain (sugar in the feeding of table poultry). Thesis Fac. Med. Paris. Nutrition Abstracts & Reviews. 36:1177.
- GARCIA, J.F. 1967. Estudio de las principales propiedades fisicas y quimicas del Apio (Arracacia xanthorrhiza), Ñame (Dioscorea alata) y Ocurno (Xanthosoma sagittifolium) y sus cambios por efecto de calentamiento. Mem. Soc. Cienc. Mat. La Salle (Venezuela). 27:120-141.
- GARRET, W.N. 1970. Energy utilization of high protein diets. J. of Animal Sci. 31:242. (Abstract).
- GREELEY, M.G., R.J. MEADE and L.E. HANSON 1964. Energy and protein intake by growing swine. I effects on rate and efficiency of gain and on nutrient digestibility. J. of Animal Sci. 23:808-815.
- HAMILTON, T.S. 1942. The effect of added glucose upon the digestibility of protein and fiber in rations for sheep. J. Nutr. 23:101-106.
- HARRIS, L.E. 1966. Biological Energy Interrelationships and glossary of Energy terms. Publ. 1411. National Acad. of Sci. NRC. 46 p.
- HAYNES, P.H. 1970. Root crop research in the University of the west indies. World crops. 22:92-95.

- HILL, F.W. and D.L. ANDERSON 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J. of Nutrition*. 64:587-603.
- KETIKU, A.O., and OYENUGA, V.A. 1971. Preliminary report on the carbohydrate constituents of cassava root and yam tuber tropical abstracts. 26(11):808.
- KIDDER, D.E., M.J. MANNERS and A.D. OSBORNE 1968. Absorption of sugars by the piglet. *Brit J. of Nutrition*. 22:501-514.
- KRISS, M. 1943. Evaluation of feeds on the bases of net available nutrients. *J. of Animal Sci.* 2:63-79.
- LEWIS, C.J., D.V. CATRON, G.E. COMBS, G.C. ASHTON and C.C. CULBERTSON 1953. Sugar in pig starter. *J. of Animal Sci.* 14:1103-1115.
- LIKUSKI, H.J.A., J.P. BOWLAND and R.T. BERG 1961. Energy digestibility and nitrogen retention by pigs and rats fed diets containing non-nutritive diluents and varying in protein level. *Can J. Animal Sci.* 41:89-101.
- LOFGREEN, G.P. 1951. The use of digestibility energy in the evaluation of feeds. *J. of Animal Sci.* 10:344-349.
- _____. 1965. A comparative slaughter technique for determining net energy value with beef cattle. *Proc. 3. Symp on Energy Metabolism, European Assoc. Animal Prod., Flub. 11, London, Academic Press.* pp. 309-317.

- LLOYD, L.E. and C.W. CRAMPTON 1956. The apparent digestibility of the crude protein of the pig ration as a function of its crude protein and crude fiber content. *J. of Animal Sci.* 14:693-699.
- MANER, J.H., H. OBANDO, R. PORTELA and J.T. GALLO 1969. Effect of levels of refined sugar (sucrose) on the performance of growing finishing pigs. *J. of Animal Sci.* 29:139
- MARTIN, F.W. 1969. The species of Dioscorea containing saponin. *Economic Botany.* 23:297-301.
- _____ and A.E. THOMPSON 1971. Crude protein content of yams. *Hortscience.* 6:545-546.
- MAYNARD, L.A. 1953. TND as a measure of feed energy. *J. of Nutrition.* 51:15-21.
- _____ and J.K. LOOSLY 1956. *Animal Nutrition*. 4th ed. New York, McGraw Hill. 484 p.
- MITCHELL, H.H. 1942. The evaluation of feeds on the bases of digestible and metabolizable nutrients. *J. of Animal Sci.* 2:1159-1173.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1968. Nutrient requirements of swine. Publ. 1599. 6th. Ed.. National Academy of Sciences. Washington, D.C. 69 p.

- NEHRING, K., R. SCHIEMANN, L. HOFFMANN, W. KLIPPEL and W. JENTSCH.
1965. Utilization of the energy of cellulose and sucrose by
cattle, sheep and pigs. Proc. 3. Symp. on Energy Metabolism,
European Assoc. Animal Prod., Publ. 11. London, Academic
Press. pp. 249-268.
- NICHOLSON, J.W.G. and D.W. FRIEND 1965. The digestibility of po
tato pulp protein by some species of farm animals. Can. J.
of Animal Sci. 45:141-145.
- OBANDO, H., A. MONCADA, J.H. MANER y J.T. GALLO 1971. Rendimiento
de hembras lactantes y lechones alimentados con altos niveles
de azúcar refinada. Rev. ICA. 6(1):79-86.
- PAEZ, A. 1971. Alimentación de cerdos con niveles altos de azúcar
en dietas de lactancia, en combinación con dietas de iniciación.
Tesis. Bogotá, ICA UN. 99 p. (mimeografiada).
- FARR INSTRUMENTAL COMPANY 1960. Oxygen bomb. Calorimetry and com-
bustion methods. Moline, Illinois. Manual 130.
- PRESTON, T.R., N.A. MACLEDD, L. LASSOTA, M.B. WILLIS and M. VELASQUEZ
1968. Sugar cane products as energy sources for pigs. Nature.
219:727-728.
- PROEXPO. 1972. Metas generales de exportación para los productos
agrícolas no tradicionales. Bogotá. 84 p. (mimeografiada).

SCHURCH, A.F., E.W. CRAMPTON, S.R. HASKELL and E.L. LLOYD 1952.

The use of chromic oxide in digestibility studies with pigs fed ad libitum in the barn. *J. of Animal Sci.* 11:261-265.

SIBBALD, I.R., J.D. SUMMERS and S.J. SLINGER 1960. Factors affecting the metabolizable energy of poultry feeds. *Poultry Sci.* 39:544-556.

SIERRA J.M. y M. TORREGROSA 1971. El cultivo de la yuca y el ñame en Colombia. Situación actual, interna y foranea. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario. 38 p. (Sin publicar)

SKIPITARIS, C.N., R.G. WARNER and J.K. LOOSLI 1957. The effect of added sucrose on the digestibility of protein and fiber by swine. *J. of Animal Sci.* 16(1):55-61.

SWIFT, R.W. 1957. The caloric value of TND. *J. Animal Sci.* 16:753-756.

TOLLET J.T. 1961. Influence of age of pig and level of feed intake on the metabolizable energy value. *J. Animal Sci.* 20:212. (Abstract)

VELASQUEZ, J.M. and T.R. PRESTON 1969. Digestible and metabolizable energy value for pigs of diets based on high-test molasses or final molasses and sugar *J. of Animal Sci.* 29:578-580.

WOODMAN, H.E. and R.E. EVANS 1943. Further investigation of artificially dried potatoes: the composition and nutritive

value of potato cossettes, potato meal, potato flakes, potato slices and potato dust. J. Agricultural Sci. 33:1-14.

ZIVKOVIC, S. and J.P. BOWLAND 1963. Nutrient digestibilities and comparison of measures of feed energy for gilts fed ration varying in energy and protein level during growth gestation and lactation. Can. J. of Animal Sci. 16:86-97.

YOSHIDA, A., HARPER A.E. and EMEHJEM C.A. 1957. Effects of protein per calorie ratio and dietary level of fat on calorie and protein utilization. J. of Animal Sci. 16:555-570.

9. A P E N D I C E

TABLA No. 21 ANALISIS PROXIMAL EN BASE SECA DE LAS DIETAS Y HECES
DEL EXPERIMENTO UNO.

DIETA	PROTEINA	FIBRA	GRASA	CENIZA	ENN
1	43,28	3,23	1,72	11,78	39,87
2	28,01	1,92	0,96	7,97	61,15
3	19,40	1,84	0,92	5,86	71,98
HECES		D I E T A		1	
1	30,74	5,10	3,01	35,90	25,25
2	32,26	4,50	2,54	36,17	24,53
3	31,87	7,14	2,84	34,47	23,68
4	29,52	6,79	3,40	37,40	22,80
5	31,98	5,70	4,02	37,20	21,10
HECES		D I E T A		2	
6	33,51	7,47	5,61	32,21	22,20
7	33,00	7,10	4,58	32,32	23,00
8	35,73	5,90	5,34	30,64	22,34
9	34,03	6,40	5,55	31,93	22,09
10	28,70	4,42	4,13	34,04	28,71
HECES		D I E T A		3	
11	31,69	7,07	6,39	31,46	23,39
12	35,26	5,89	5,34	31,52	21,99
13	34,39	6,50	5,79	29,31	24,01
14	30,43	6,88	5,03	32,29	25,37
15	28,14	3,92	6,02	33,25	28,17

TABLA No. 22 ANALISIS PROXIMO EN BASE SECA DE LAS DIETAS Y HECES
DEL EXPERIMENTO DOS.

DIETA	PROTEINA	FIBRA	GRASA	CENIZA	ENN
1	44,07	3,82	3,14	12,24	36,73
2	30,63	3,57	2,12	9,65	54,03
3	26,04	3,54	1,60	9,28	59,54
HECES		D I E T A 1			
1	31,76	5,57	4,01	34,65	24,01
2	32,73	5,82	5,58	34,13	21,90
3	29,46	6,20	4,37	35,40	24,56
4	36,24	5,46	6,21	31,91	20,17
5	31,50	5,90	4,51	36,33	21,73
HECES		D I E T A 2			
6	30,51	6,24	5,16	22,61	35,48
7	33,43	6,29	9,20	23,99	27,09
8	33,72	6,10	4,60	25,00	34,87
9	37,62	6,42	5,55	25,40	25,01
10	36,33	6,21	5,44	19,14	32,28
HECES		D I E T A 3			
11	29,45	6,04	4,96	23,58	35,96
12	31,41	7,77	5,47	23,46	31,88
13	33,90	7,03	6,74	20,05	32,28
14	32,27	7,85	6,48	19,79	33,61
15	34,38	7,09	6,17	23,78	30,74

TABLA No. 23 CONSUMO DE ALIMENTO, AUMENTO DE PESO Y EFICIENCIA ALIMENTICIA EN EL EXPERIMENTO UNO.

ANIMAL No.	PESO INICIAL	PESO AL INICIO DE Cr_2O_3	PESO AL FIN DE TOMA DE MUESTRAS	AUMENTO DE PESO	CONSUMO DE ALIMENTO	EFICIENCIA ALIMENTICIA
1	16,000	17,500	19,000	1,500	3,385	2,26
2	15,250	15,500	16,750	1,250	3,404	2,72
3	14,750	15,500	17,000	1.500	3.248	2,16
4	17.000	17.750	19.000	1.250	3.434	2,75
5	17.250	15.750	17.500	1.750	3.431	1,96
\bar{X}	16.050	16.400	17.850	1.450	3.380	2,33
6	16.000	16.000	19.000	3.000	5.227	1,74
7	17.000	19.000	22.000	3.000	5.191	1,73
8	16.500	17.500	20.750	3.250	5.225	1,61
9	16.000	19.500	22.250	2,750	5.196	1,89
10	14.500	15.750	18.750	3.000	5.010	1,67
\bar{X}	16.000	17.550	20.550	3.000	5.170	1,72
11	17.250	20.000	23.500	3.500	6.151	1,75
12	15.750	18.500	21.500	3.000	5.861	1,97
13	15.500	17.000	20.500	3.500	6.190	1,77
14	16.000	18.750	22.500	3.750	6.125	1,63
15	15.500	18.500	22.000	3.500	6.110	1,75
\bar{X}	16.000	18.550	22.000	3.450	6.085	1,77

TABLA No. 24 CONSUMO DE ALIMENTO, AUMENTO DE PESO Y EFICIENCIA ALIMENTICIA EN EL EXPERIMENTO DOS.

ANIMAL No.	PESO INICIAL	PESO AL INICIO DE Cr 0 2 3	PESO AL FIN DE TOMA DE MUESTRAS	AUMENTO DE PESO	CONSUMO DE ALIMENTO	EFICIENCIA ALIMENTICIA
1	17.000	18.250	19.250	1.000	3.487	2,49
2	13.500	14.000	15.750	1.750	3.500	2,00
3	14.750	15.000	16.750	1.750	3.600	2,00
4	13.250	13.250	15.000	1.750	3.489	1,99
5	16.250	15.750	17.250	15.00	3.484	2,32
\bar{x}	14.950	15.250	16.800	1.550	3.492	2,26
6	16.500	16.750	19.250	2.500	5.196	2,08
7	13.250	14.000	17.000	3.000	5.179	1,73
8	17.750	18.750	21.250	2.500	5.171	2,07
9	14.000	14.250	17.250	3.000	5.125	1,77
10	14.250	15.250	17.500	2.250	5.051	2,24
\bar{x}	15.150	15.800	18.450	2.650	5.144	1,94
11	14.000	14.750	17.500	2.750	6.179	2,25
12	16.250	16.750	20.250	3.500	6.115	1,75
13	13.500	15.250	17.500	2.250	6.019	2,67
14	13.750	15.500	18.250	2.750	6.029	2,19
15	17.500	19.000	21.250	2.250	6.180	2,74
\bar{x}	15.000	16.250	18.950	2.700	6.104	2,26

TABLA No. 25 VALORES GUIAS DE TRAMITANCIA Y ABSORVANCIA OBTENIDOS DE LA DIGESTION DE Cr_2O_3 PURO, PARA DETERMINAR SU CONCENTRACION EN LAS MUESTRAS DE LOS EXPERIMENTOS UNO Y DOS.

EXPERIMENTO 1			EXPERIMENTO 2		
Cr	T	A	Cr	T	A
p.p.m.	%		p.p.m.	%	
5	92,5	0.035	5	93,0	0.032
20	77,5	0.110	10	87,1	0.061
40	61,5	0.210	20	78,0	0.108
60	48,5	0.315	40	61,5	0.211
80	39,5	0.403	60	48,8	0.312
100	30,0	0.523	80	38,0	0.420
120	24,5	0.610	100	30,8	0.511

T = transmitancia

A = absorvancia

Cr = Cromo

TABLA No. 26 DETERMINACION DE Cr_2O_3 EN DIETAS Y HECES DEL EXPERIMENTO UNO.

No. MUESTRA	PESO DE MUESTRA	VOLUMEN FINAL	ALICUOTA	VOLUMEN DE DILUCION	ABSORVANCIA	CONCENTRACION DE Cr		
						ALICUOTA	MUESTRA	Cr_2O_3
DIETA	gm	ml	ml	ml		p.p.m.	%	%
1	2	50	-	--	.638	123,29	0.308	0,45
2	2	50	-	--	.569	109,96	0.280	0,41
3	2	50	-	--	.602	116.34	0.290	0,42
HECES								
1	0,6	50	5	25	.165	31,68	1.320	1,93
2	0,6	50	5	25	.161	31,11	1.300	1,90
3	0,6	50	5	25	.168	31,88	1.370	2,00
4	0,6	50	5	25	.203	38,14	1.584	2,32
5	0,6	50	5	25	.165	31,18	1.320	1,93
6	0,6	50	5	25	.262	50,40	2.100	3,07
7	0,6	50	5	25	.260	50,64	2.090	3,05
8	0,6	50	5	25	.268	51,79	2.160	3,15
9	0,6	50	5	25	.257	49,66	2.070	3,02
10	0,6	50	5	25	.288	55,66	2.320	3.39
11	0,6	50	5	25	.333	64,35	2.680	3,91
12	0,6	50	5	25	.290	56,04	2.340	3,42
13	0,6	50	5	25	.301	58,17	2.420	2,54
14	0,6	50	5	25	.301	58,17	2.420	3.54
15	0,6	50	5	25	.354	68,41	2.850	4,16

TABLA No. 27 DETERMINACION DE Cr_2O_3 EN DIETAS Y HECES DEL EXPERIMENTO DOS.

No. DE MUESTRA	PESO DE MUESTRA	VOLUMEN FINAL	ABSORVANCIA	CONCENTRACION DE Cr		Cr_2O_3
				Alícuota	Muestra	
DIETA	gm	ml		p.p.m.	%	%
1	2	50	.292	55,8	0.279	0,41
2	2	50	.297	56,7	0.284	0,41
3	2	50	.301	57,6	0.288	0,42
HECES						
1	0.5	100	.306	58,5	1.174	1,72
2	0.5	100	.301	57,6	1.152	1,68
3	0.5	100	.350	67,2	1.344	1,96
4	0.5	100	.306	58,7	1.174	1,72
5	0.5	100	.345	66,0	1.320	1.93
6	0.5	100	.287	55,2	1.104	1.61
7	0.5	100	.276	53,3	1.066	1.59
8	0.5	100	.287	55,2	1.104	1,61
9	0.5	100	.292	55,8	1.116	1,63
10	0.5	100	.305	58,5	1.170	1,71
11	0.5	100	.258	49,5	0.990	1,45
12	0.5	100	.321	61,5	1.230	1,80
13	0.5	100	.258	49,5	0.990	1,45
14	0.5	100	.264	50,6	1.012	1,48
15	0.5	100	.310	59,5	1.190	1,74

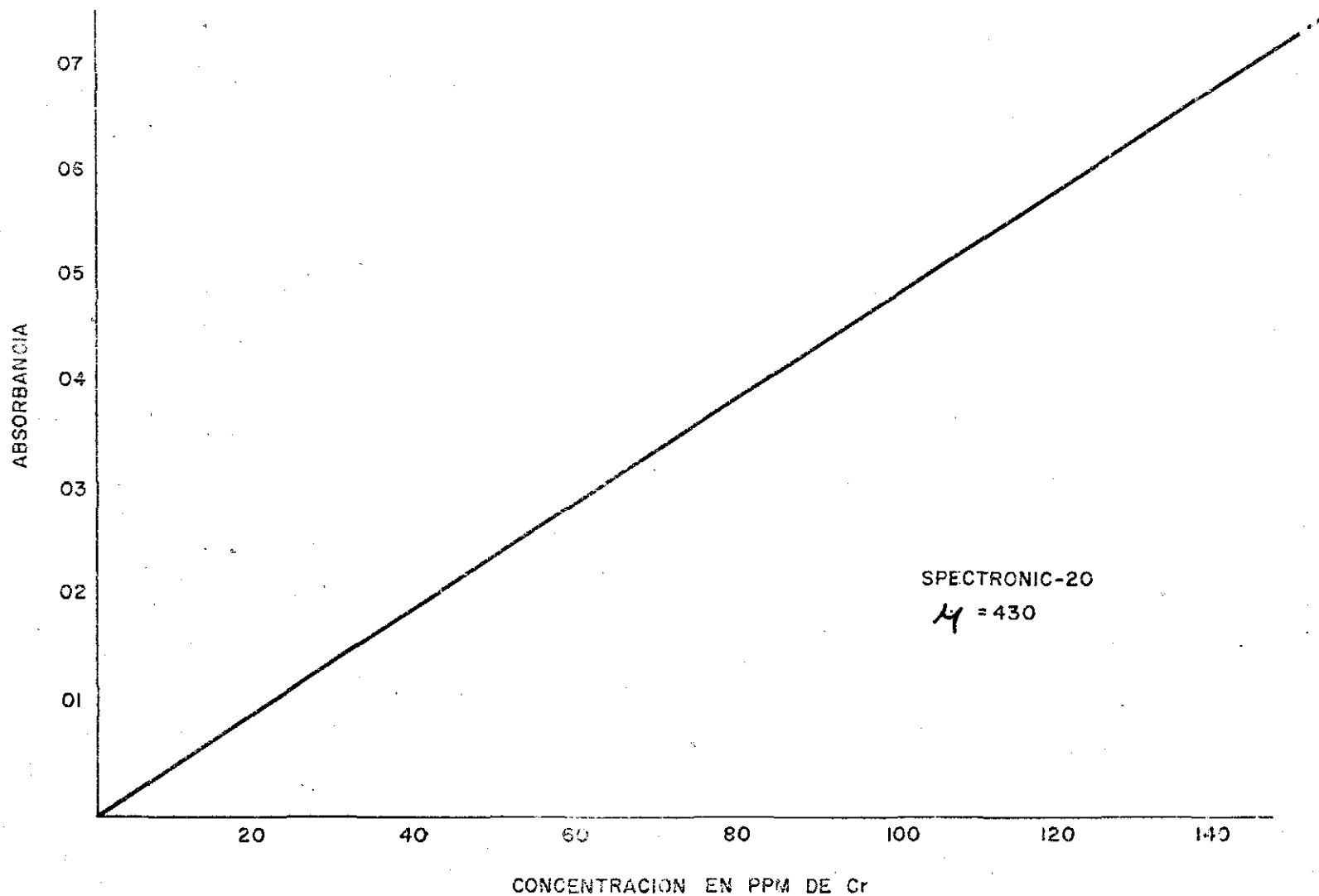
TABLA No. 28 DIGESTIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES EN LAS DIETAS DEL
EXPERIMENTO UNO.

ANIMAL	PROTEINA	FIBRA	GRASA	CENIZAS	ENN
D I E T A 1					
1	82,56	61,13	56,92	25,04	84,41
2	81,48	65,30	63,22	23,59	84,48
3	82,51	47,37	60,69	30,39	85,86
4	86,07	56,96	59,52	34,88	88,29
5	81,94	56,77	42,74	22,70	87,04
\bar{x}	82,91	57,51	52,62	27,32	86,06
D I E T A 2					
6	84,13	48,38	22,46	48,04	95,19
7	83,95	49,60	34,98	44,73	94,88
8	82,98	58,98	25,75	48,68	95,12
9	83,42	54,50	21,10	45,32	95,07
10	87,22	71,28	46,28	46,70	94,15
\bar{x}	84,34	56,55	30,11	46,69	94,88
D I E T A 3					
11	82,59	59,05	25,97	42,78	96,54
12	78,19	61,59	31,35	35,46	96,34
13	79,25	58,64	26,31	41,44	96,10
14	81,56	56,04	35,71	35,20	95,86
15	85,31	78,43	33,72	42,53	96,04
\bar{x}	81,38	62,75	30,61	39,48	96,18

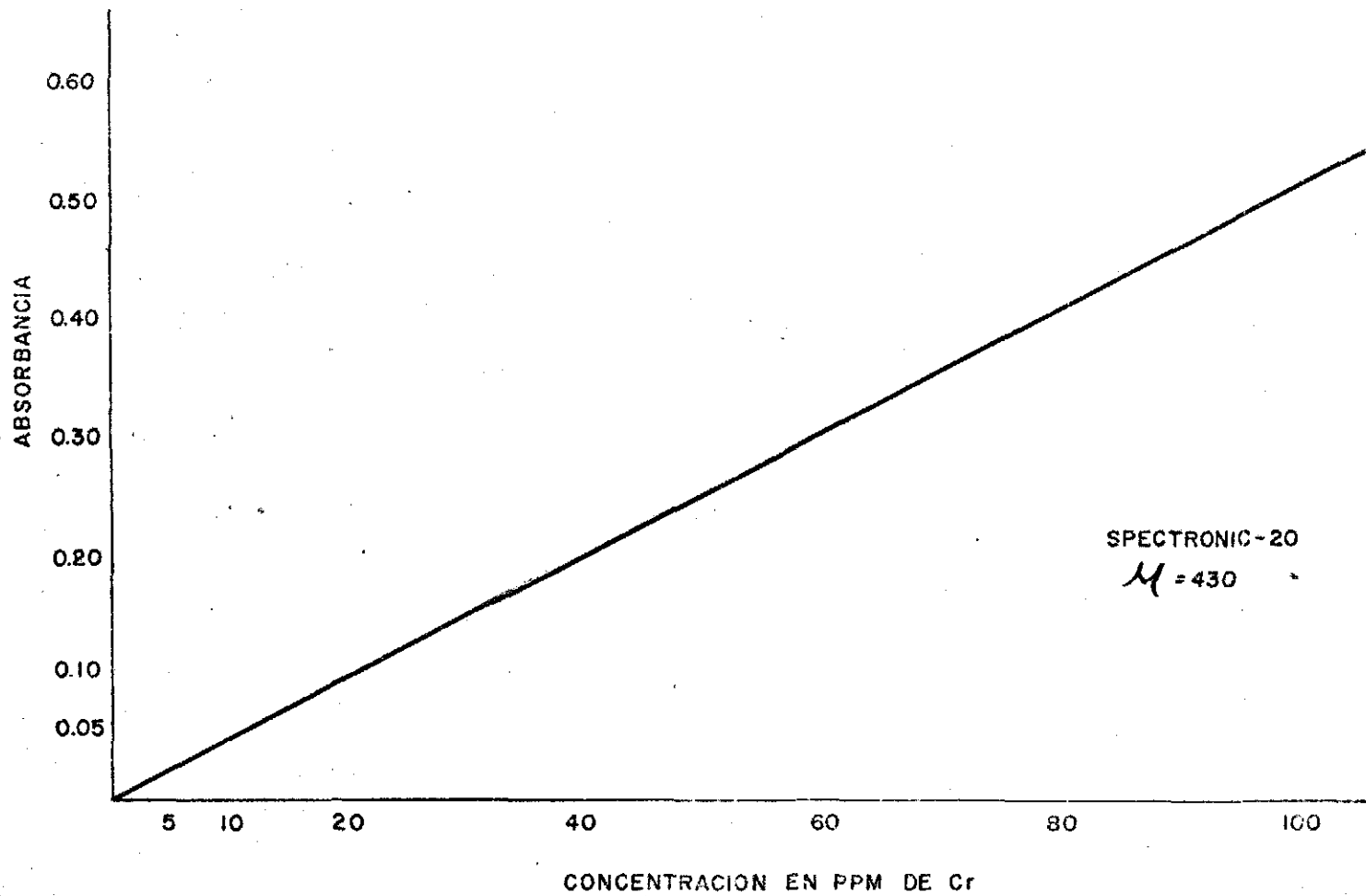
TABLA No. 29 DIGESTIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES EN LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO DOS.

ANIMAL	PROTEINA	FIBRA	GRASA	CENIZAS	ENN
D I E T A 1					
1	81,82	63,22	61,79	28,58	83,51
2	80,89	60,79	54,27	28,13	84,66
3	85,31	64,33	69,42	36,44	85,31
4	79,46	64,29	50,58	34,86	86,28
5	84,19	65,84	68,23	34,26	86,91
\bar{X}	82,33	63,69	62,06	32,45	85,33
D I E T A 2					
6	73,77	53,97	35,90	38,29	82,71
7	70,80	52,86	16,13	33,48	86,53
8	70,49	54,21	42,85	30,57	82,71
9	67,63	52,60	31,00	30,62	87,80
10	70,82	52,49	36,09	50,60	85,12
\bar{X}	70,70	53,23	25,94	36,71	84,98
D I E T A 3					
11	66,31	49,02	7,38	24,08	81,96
12	71,20	47,59	18,37	41,95	87,22
13	62,32	42,52	21,95	37,46	84,30
14	64,19	35,92	17,04	38,37	83,69
15	67,25	50,32	4,34	36,43	87,20
\bar{X}	66,25	45,07	1,75	35,66	84,87

Grafica: I. CURVA PATRON PARA DETERMINACION DE Cr
EN LAS MUESTRAS DEL EXPERIMENTO UNO



Grafica: 2. CURVA PATRON PARA DETERMINACION DE Cr
EN LAS MUESTRAS DEL EXPERIMENTO DOS



ANEXO 1

ENERGIA BRUTA EN LAS HECEs DEL EXPERIMENTO UNO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	2	154.963,66	77.481,83	4,94*	3,88	6,93
Error	12	188.385,53	15.698,79			
Total	14	343.349,19				

$$\bar{X} = 3.797,63$$

$$s = 125,29$$

$$cv = 3,30$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 1} = 3.632,17$$

$$\text{Dieta 2} = 3.854,66$$

$$\text{Dieta 3} = 3.906,06$$

ANEXO 2

CONTENIDO DE Cr_2O_3 EN LAS HECEs DEL EXPERIMENTO UNO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	2	8,44	4.220	93,78**	3,88	6,93
Error	12	,54	0.045			
Total	14	8,98				

$$\bar{X} = 3,14$$

$$s = ,21$$

$$cv = 6,75$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 1} = 2,14$$

$$\text{Dieta 2} = 3,33$$

$$\text{Dieta 3} = 3,94$$

ANEXO 3 DIGESTIBILIDAD TOTAL DE LAS DIETAS EN EL EXPERIMENTO UNO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA 5% 1%	
Tratamientos	2	443,44	221,72	157,69**	3,88	6,93
Error	12	16,87	1,42			
Total	14	460,31				

$$\bar{X} = 33,94$$

$$s = 1,19$$

$$cv = 1,41$$

PRUEBA DE DUNCAN

Dieta 1 = 76,34

Dieta 2 = 86,72

Dieta 3 = 88,75

ANEXO 4 ENERGIA FECAL EN LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO UNO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA 5% 1%	
Tratamientos	2	506.676,91	253.338,45	21,68**	3,88	6,93
Error	12	37.220,75	3.101,73			
Total	14	543.896,75				

$$\bar{X} = 604,16$$

$$s = 55,93$$

$$cv = 9,22$$

PRUEBA DE DUNCAN

Dieta 1 = 860,71

Dieta 2 = 512,03

Dieta 3 = 439,75

ANEXO 5 ENERGIA DIGESTIBLE DE LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO UNO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA 5% 1%	
Tratamientos	2	94.300,21	47.150,10	17,66**	3,88	6,93
Error	12	32.034,71	2.669,60			
Total	14	126.334,92				

$$\bar{X} = 3.607,59$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$s = 51,67$$

$$\text{Dieta 1} = 3.499,26$$

$$cv = 1,43$$

$$\text{Dieta 2} = 3.652,93$$

$$\text{Dieta 3} = 3.670,73$$

ANEXO 6 PORCENTAJE DE ENERGIA BRUTA QUE SE DIGIERE EN LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO UNO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA 5% 1%	
Tratamientos	2	233,21	116,71	69,53**	3,88	6,93
Error	12	20,13	1,68			
Total	14	253,34				

$$\bar{X} = 85,75$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$s = 1,30$$

$$\text{Dieta 1} = 80,25$$

$$cv = 1,51$$

$$\text{Dieta 2} = 87,70$$

$$\text{Dieta 3} = 89,29$$

ANEXO 7 ENERGIA DIGESTIBLE DEL AZUCAR

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	1	11.103,56	11.103,56	1,70	5,32	11,26
Error	8	52.359,88	6.544,98			
Total	9	63.463,44				

$$\bar{X} = 3.898,80$$

$$s = 80,90$$

$$vc = 2,07$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 2} = 3.932,13$$

$$\text{Dieta 3} = 3.898,80$$

ANEXO 8 PORCENTAJE QUE SE DIGIERE DE LA ENERGIA BRUTA DEL AZUCAR

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	1	6,84	6,84	1,70	5,32	11,26
Error	8	32,13	4,02			
Total	9	38,97				

$$\bar{X} = 96,6$$

$$s = 2,00$$

$$cv = 2,07$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 1} = 97,43$$

$$\text{Dieta 2} = 95,78$$

ANEXO 9 DIGESTIBILIDAD DEL AZUCAR

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	1	17,82	17,82	7,50*	5,32	11,26
Error	8	19,00	2,37			
Total	9	36,82				

$$\bar{X} = 104,17$$

$$s = 1,54$$

$$cv = 1,48$$

PRUEBA DE DUNCAN

Dieta 2 = 105,54

Dieta = 102,87

ANEXO 10 ENERGIA BRUTA DE LAS HECES DEL EXPERIMENTO DOS

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	2	1'187.461,56	593.730,78	48,17**	3,88	6,93
Error	12	147.917,21	12.326,43			
Total	14	1'335.378,77				

$$\bar{X} = 4.246,13$$

$$s = 111,02$$

$$cv = 2,62$$

PRUEBA DE DUNCAN

Dieta 1 = 3.848,98

Dieta 2 = 4.423,25

Dieta 3 = 4.446,15

ANEXO 11 CONTENIDO DE Cr_2O_3 EN LAS HECES DEL EXPERIMENTO DOS.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	2	0,11	0,055	2,75	3,88	6,93
Error	12	0,24	0,020			
Total	14	0,35				

$$\bar{X} = 1,79$$

$$s = 0,14$$

$$cv = 7,88$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 1} = 1,91$$

$$\text{Dieta 2} = 1,76$$

$$\text{Dieta 3} = 1,72$$

ANEXO 12 ENERGIA FECAL EN LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO DOS.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	2	179.188,44	85.599,22	9,76*	3,88	6,93
Error	12	110.194,70	9.182,89			
Total	14	289.393,14				

$$\bar{X} = 1.088,46$$

$$s = 95,83$$

$$cv = 8,80$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 1} = 925,63$$

$$\text{Dieta 2} = 1.160,51$$

$$\text{Dieta 3} = 1.179,25$$

ANEXO 13 DIGESTIBILIDAD DE LAS DIETAS EN EL EXPERIMENTO DOS.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	2	27,91	13,96	3,69	3,88	6,93
Error	12	45,35	3,78			
Total	14	73,26				

$$\bar{X} = 74,76$$

$$s = 1,94$$

$$cv = 2,62$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 1} = 75,99$$

$$\text{Dieta 2} = 73,77$$

$$\text{Dieta 3} = 72,72$$

ANEXO 14 ENERGIA DIGESTIBLE DE LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO DOS.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamiento	2	491.632,73	245.816,37	21,26**	3,88	6,93
Error	12	138.747,91	11.562,33			
Total	14	630.380,64				

$$\bar{X} = 3.274,45$$

$$s = 107,53$$

$$cv = 3,28$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 1} = 3.538,32$$

$$\text{Dieta 2} = 3.185,66$$

$$\text{Dieta 3} = 3.099,87$$

ANEXO 15 PORCENTAJE DE LA ENERGIA BRUTA QUE SE DIGIERE EN LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO DOS.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	2	132,38	66,19	14,98**	3,88	6,93
Error	12	53,01	4,42			
Total	14	185,39				

$$\bar{X} = 74,99$$

$$s = 2,10$$

$$cv = 2,80$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 1} = 79,26$$

$$\text{Dieta 2} = 73,29$$

$$\text{Dieta 3} = 72,43$$

ANEXO 16 ENERGIA DIGESTIBLE DEL NAME

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	1	6.538,88	6.538,88	0,16	5,32	11,26
Error	8	327.230,70	40.903,84			
Total	9	333.769,58				

$$\bar{X} = 2.504,95$$

$$s = 202,25$$

$$cv = 8,07$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 2} = 2.479,29$$

$$\text{Dieta 3} = 2.530,62$$

ANEXO 17 PORCENTAJE QUE SE DIGIERE DE LA ENERGIA BRUTA DEL NAME

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	1	3,93	3,93	,16	5,32	11,26
Error	8	194,51	24,31			
Total	9	198,44				

$$\bar{X} = 61,07$$

$$s = 4,93$$

$$cv = 8,07$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 2} = 60,45$$

$$\text{Dieta 3} = 61,70$$

ANEXO 18 DIGESTIBILIDAD DEL NAME

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	ANALISIS DE VARIANZA			
			CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	F DE LA TABLA	
					5%	1%
Tratamientos	1	1,51	1,51	0,07	5,32	11,26
Error	8	179,17	22,40			
Total	9	180,68				

$$\bar{X} = 68,86$$

$$s = 4,63$$

$$cv = 6,87$$

PRUEBA DE DUNCAN

$$\text{Dieta 2} = 69,25$$

$$\text{Dieta 3} = 68,47$$

ANEXO 19 CALCULO DE LA ENERGIA BRUTA:

Los valores de energía bruta del azúcar, flame, dietas y heces fueron calculados directamente de los datos obtenidos de la combustión de cada muestra en la bomba calorimétrica para la siguiente fórmula:

$$EB = \frac{Ht^{\circ} - C_1 - C_2}{m}$$

- EB = Energía bruta por gramo de muestra
- H = Equivalente de energía del calorímetro por grado F
- t^o = Aumento de temperatura corregida, en grados F
- C₁ = Corrección por el calor de formación de ácido nítrico, en calorías
- C₂ = Corrección por el calor de combustión del alambre quemado, en calorías
- m = Peso de la muestra en gramos.

CALCULO DE LA ENERGIA DIGESTIBLE:

La energía digestible de las dietas se calculó de acuerdo a la fórmula:

$$ED = EB - EF = \text{Energía bruta por gramo de dieta} - \text{energía bruta por gr de heces} \times \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ heces}}$$

CALCULO DE LA ENERGIA DIGESTIBLE DE MATERIAL DE PRUEBA.

Para ello se utilizaron las ecuaciones sumáltaneas

$$100 B + 0A = X \text{ calorías}$$

$$bB + aA = Y \text{ calorías}$$

Donde:

A = Energía digestible del material de prueba

B = Energía digestible de la dieta basal

a = Porcentaje de material de prueba en la dieta de prueba

b = Porcentaje de dieta basal en la dieta de prueba

X = B = Energía digestible de la dieta basal

Y = Energía digestible de la dieta de prueba.