

23
24



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE MEDICINA
Veterinaria y Zootecnia

"DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PULPA DE LIMON
DESHIDRATADA COMPARANDO METODOS PARA ESTIMARLA"

T E S I S

Que para obtener el título de:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
presenta

RICARDO BASURTO GUTIERREZ

ASESOR:

Q.F.B. Irma Tejada Hernández



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

RESUMEN - - - - -	1
INTRODUCCION - - - - -	2
MATERIAL Y METODOS- - - - -	12
RESULTADOS - - - - -	21
DISCUSION - - - - -	37
LITERATURA CITADA - - - - -	49

R E S U M E N.

BASURTO GUTIERREZ RICARDO. Digestibilidad aparente de la pulpa de limón deshidratada comparando métodos para estimarla. (bajo la dirección de: Irma Tejada Hernández).

Se realizó una prueba de digestión por el método de recolección total de heces (in vivo) con 4 ovinos criollo x Suffolk en un diseño experimental de cuadrado latino para estimar la digestibilidad y el efecto de los niveles de la pulpa deshidratada de limón (PDL) sobre los coeficientes de digestibilidad (CD) de las fracciones de fibra, proteína cruda (PC), materia seca (MS), materia orgánica (MO) y el contenido de energía digestible (ED) de las dietas. El diseño experimental se transformó a un cuadrado greco-latino para comparar los métodos alternativos con la digestibilidad de la MS obtenida por in vivo. Los niveles de PDL en las dietas fueron: 0, 15, 30 y 45% de la MS, el resto lo constituía rastrojo de maíz, alfalfa y 1% de almidón. Los métodos alternativos fueron: Cenizas insolubles en ácido 2N-HCl (CIA), Óxido de cromo al 0.3% (OC) y el método de Tilley y Terry modificado por Minson y McLeod (in vitro). Los CD y la ED para PDL estimados por medio de ecuaciones de regresión fueron: 78.68%, 81.6%, 71.03%, 77.06%, 77.95%, 71.2%, 60.70% y -3.9 Mcal. ED/Kg. para MS, MO, FND, PAD, Celulosa, Lignina, PC y ED, respectivamente. Los porcentajes de recuperación de los marcadores fueron: $84.8 \pm 21.9\%$ y $100.5 \pm 9.8\%$ para OC y CIA, respectivamente. Las diferencias respecto a in vivo fueron: -7.58 ± 9.4 , 0.61 ± 3.19 y -1.74 ± 3.35 unidades porcentuales del CD de la MS para OC, CIA e in vitro, respectivamente.

INTRODUCCION.

La utilización de subproductos agroindustriales como fuente de forraje para el ganado ha sido tradicionalmente poco aprovechada en su potencial total. Sin embargo, esta alternativa en el uso de los insumos para las empresas pecuarias permite lograr los objetivos trazados a un menor costo.

Particularmente, los subproductos de los cítricos son una fuente importante de nutrientes para los rumiantes, se producen grandes cantidades y la recolección suele coincidir con la temporada seca (14). Considerando estos factores, resulta obvio el potencial que representan para la ganadería nacional.

Las especies de cítricos de mayor importancia en México son la naranja dulce (Citrus sinensis), el limón mexicano (C. aurantifolia), la mandarina (C. reticulata) y la toronja (C. pa radis). (32).

El presente trabajo se dirigió específicamente al estudio de la digestibilidad aparente de un subproducto utilizable debido a su disponibilidad, como lo es la pulpa deshidratada de limón, así como un análisis comparativo de los métodos para estimarla.

A nivel mundial, México aporta el 4.9 % de la producción de cítricos, genera el 1.4 % de la exportación de fruta fresca e industrializa el 2.5 % de la producción. Lo anterior se logra gracias a que en el país los cítricos ocupan 226,000 hectáreas que representan el 30 % de la superficie dedicada al cultivo de frutales (32).

Después de la naranja, el limón mexicano es el cultivo cítrico más importante, con un total de 53,000 hectáreas distri-

buidas en Colima, Michoacán, Guerrero, Tamaulipas y Oaxaca - principalmente, lo que hace a nuestro país el principal productor de esta especie (2). En estas entidades la ganadería es -- una actividad de preponderante importancia.

Missiaen (1981) (29), informa que en 1960 la producción - de limón en México fue de 150,000 toneladas métricas, en tanto que para 1970 se duplicó y para 1980 la producción se incrementó a 430,000 toneladas métricas. Dow (1977) (12), por su parte proyectó para 1985 una producción de 600,000 toneladas.

Del total producido en el país, aproximadamente el 60 % - es destinado al consumo fresco y el resto se industrializa (8) para la obtención de aceites esenciales destilados, aceites esenciales desterpenados, jugo simple, jugo concentrado y jugo en polvo, citrato de sodio, ácido cítrico, pectina y finalmente, pulpa fresca o deshidratada (30).

Es importante señalar que la industrialización del limón - mexicano no compite significativamente con la comercialización del producto fresco, sino más bien la complementa, pues el insumo principal de las 53 plantas procesadoras del limón que se encuentran establecidas en el país está constituido por limón de desecho de la selección y limón recogido del suelo en huerta, los cuales no son susceptibles de venta en fresco por carecer de presentación comercial (30).

Al clasificar por grado de tecnificación a la planta productiva de la agroindustria nacional del limón Onchi (1984)(30) indica que la totalidad produce aceite destilado y pulpa fresca; ocho plantas producen pulpa deshidratada, otras ocho pueden producir jugo simple, seis producen aceite centrifugado y

seis pueden producir jugo concentrado y/o clarificado. Entonces, dependiendo del nivel de integración, los subproductos derivados de estas plantas procesadoras pueden ser; pulpa fresca, pulpa deshidratada, jugo cocido y los lodos de sedimentación de éste.

Por cada tonelada de limón procesado, se obtienen 300 Kg. ó 50 Kg. de pulpa deshidratada. La primera se utiliza como forraje para el ganado suministrándose fresca, sin embargo, algunos ganaderos suelen secarla parcialmente en los patios con el argumento de que así es mejor aprovechada por el ganado (14). Por otra parte, la pulpa deshidratada, de la cual se exporta el 40 %, es utilizada como materia prima para la extracción de pectina, que es posteriormente empleada en la industria alimenticia y farmacéutica (30). Sin embargo, las normas de calidad impuestas a las plantas para la venta exportación de pulpa deshidratada son estrictas, ocasionan pérdidas significativas por las devoluciones de remesas. Estas podrían utilizarse en la alimentación del ganado.

En la literatura internacional existen numerosos estudios sobre la pulpa de cítricos fresca o deshidratada. La mayoría de ellos corresponden a la pulpa de naranja cuyo uso como fuente de energía para el ganado lechero y productor de carne ha sido demostrado (6, 13, 14, 15, 26, 34, 35, 54).

En la cría de terneros, la pulpa de naranja ha sustituido hasta el 100 % de la harina de maíz en el concentrado sin afectar el comportamiento productivo y la salud de los animales (38)

Aunque ha sido clasificado como un pienso con alto contenido de energía digestible, tiene propiedades que corresponden

a los forrajes toscos (aumentan el pH y la tasa de ácido acético/propiónico ruminal) (15, 41, 54, 56).

Al estudiar el uso de la pulpa de cítricos deshidratada como fuente energía para la producción de leche, Carrera et al (1967) (7) concluyeron que el sorgo era mejor fuente que la pulpa. Sin embargo, la diferencia fue sólo de un 8 %.

Por otra parte, el ensilaje de pulpa de limón permitió utilizar suplementos como la urea y gellanina, en toretes de engorda sin afectar las ganancias de peso y la conversión alimenticia, debido a la alta disponibilidad de la energía del ensilaje (31).

Las ganancias diarias de peso observadas con ganado de engorda mantenido en estabulación con ensilaje de limón ad libitum más un concentrado, fueron de 0.730 Kg. para vacas Brahman y de 1.0 Kg. para toretes de engorda del tipo huasteco (31).

Ramírez (33), estudió el efecto de la suplementación con fósforo en novillos alimentados con pulpa de cítricos.

En la literatura nacional existen datos sobre la composición proximal de la pulpa de limón (33, 45). Sin embargo, son escasos los estudios realizados para la determinación de los coeficientes de digestibilidad de sus nutrientes. Orozco y Orozco (31), informan coeficientes de digestibilidad de 90.91 ± 2.36 % y 94.48 ± 2.44 % para la materia seca y materia orgánica, respectivamente del ensilaje de limón, estimados por el método in vitro.

Estos resultados permiten suponer que la pulpa de limón "C.E. "La Unión", Gro. Guillermo Gleaves, datos sin publicar.

deshidratada tiene una alta digestibilidad comparable con la de los granos en las dietas para rumiantes.

En el cuadro No.1, se muestra la composición químico proximal y fracciones de fibra de la pulpa de limón deshidratada, sobresale su alto contenido de extracto libre de nitrógeno y regular contenido de proteína cruda. En el cuadro No.2 se compara para la pulpa deshidratada, desde el punto de vista de las fracciones de fibra con el pasto Guinea y la alfalfa. La disponibilidad nutritiva para los rumiantes de las fracciones de fibra se muestran en el cuadro No.3 .

En otro orden de ideas, la composición química, el consumo voluntario y la digestibilidad de los alimentos son algunas de las principales causas que afectan la disponibilidad de los nutrientes para el organismo animal.

Desde el punto de vista energético, la digestión representa el primer estado de partición de la energía contenida en un alimento, es obvia la importancia de conocer la digestibilidad ya que, la energía de las heces puede llegar a representar del 10 al 60 % de la energía consumida (11, 47).

Entendiendo por digestibilidad el porcentaje de un nutriente dado que se digiere por el animal a su paso por el tubo gastrointestinal (41), se podrá inferir que el método de recolección total de heces conocido también como in vivo es el más confiable para determinarla debido a que al hacer mediciones específicas trabaja con un porcentaje de error menor y además involucra factores de la digestibilidad atribuibles tanto al alimento como a los animales(46).

Este método es el más usual para medir la digestibilidad,

pero tiene varias desventajas entre las que se puede mencionar: el mayor costo por mantenimiento de los animales objeto del estudio, por tiempo de colecta y evaluación, equipo y requerimiento de mano de obra calificada (2, 5, 23).

Debido a ello han surgido métodos alternos para predecir la digestibilidad aparente que tienen la ventaja de no requerir la medición del consumo de alimento y producción fecal.-- Tales métodos son el in situ con las diversas técnicas de utilización de bolsas de nylon, el método in vitro en dos fases de Tilley y Terry (1963) modificado por Minson y McLeod (28) y, finalmente, el método de marcadores que a su vez se clasifican en: la variante de marcadores externos mediante el cual se agrega a la dieta de los animales, compuestos como el óxido de cromo o fierro o elementos como las tierras raras y la variante de marcadores internos a través de técnicas de medición de compuestos contenidos normalmente en las dietas como son: celulosa, lignina, cromógenos, óxido de silicio, cenizas solubles e insolubles en ácido. Cada una de éstas constituyen una técnica de evaluación (17).

Se han realizado diversas investigaciones para evaluar los métodos alternos de estimación de la digestibilidad, en ellas se ha demostrado que el método in vitro es un buen estimador de la digestibilidad in vivo (27). No obstante, al comparar los otros métodos, los investigadores no concuerdan en cuanto a la aplicabilidad de los mismos.

Van Kuelen y Young (50), encontraron que el método de marcadores internos a través de la técnica de cenizas insolubles en ácido para estimar la digestibilidad de la alfalfa de

be usarse con precaución. Sin embargo, Block et al (5), encontraron una alta correlación entre la digestibilidad del método in vivo y la técnica de cenizas insolubles.

Asimismo, Utley et al (49), no encontraron diferencias -- entre el método in vivo y el método de marcadores a través de la técnica del óxido de cromo, probado en novillas productoras de carne. Por otra parte, McCarthy et al (23), concluyeron -- que la técnica de cenizas insolubles era mejor estimador de la digestibilidad de dietas para cerdos que la del óxido de cromo.

Por todo lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

- a) Determinar la digestibilidad aparente de la pulpa deshidratada de limón para los ovinos.
- b) Comparar métodos alternativos de digestibilidad in vitro e indicadores con el método in vivo en las condiciones del presente trabajo.
- c) Evaluar el efecto de los niveles de la pulpa del limón deshidratada sobre los coeficientes de digestibilidad de las fracciones de fibra, proteína cruda, materia seca, materia orgánica y el contenido de energía digestible de las dietas.

CUADRO No. 1

COMPOSICION QUIMICO PROXIMAL Y FRACCIONES DE FIBRA DE LA
PULPA DE LIMON DESHIDRATADA

NUTRIENTE	%	BASE HUMEDA	BASE SECA
HUMEDAD		6.1	0.0
MATERIA SECA		93.9	100.0
MATERIA ORGANICA		95.2	94.8
PROTEINA CRUDA		6.4	6.8
GRASA		2.6	2.8
CENIZAS		4.8	5.2
FIBRA CRUDA		19.3	20.6
E.L.F.		60.8	64.6
CONTENIDO CELULAR		52.2	55.6
FIBRA NEUTRO DETERGENTE		41.8	44.4
FIBRA ACIDO DETERGENTE		30.1	32.0
CELULOSA		21.8	23.2
LIGNINA		4.3	4.6
HEMICELULOSA		11.7	12.4

CUADRO No. 2

COMPARACION DEL PORCENTAJE DE LAS FRACCIONES DE FIERA DE LA
PULPA DE LIMON DESHIDRATADA Y DOS FUENTES DE FORRAJE
PARA EL GANADO

NUTRIENTE %	BASE SECA		
	GUINEA *	P. LIMON	ALFALFA
CONTENIDO CELULAR	34.0	55.5	57.6
FIBRA NEUTRO DETERGENTE	66.0	44.5	42.4
FIBRA ACIDO DETERGENTE	41.6	32.0	35.3
HEMICELULOSA	24.4	12.5	7.1
CELULOSA	33.0	23.2	25.4
LIGNINA	5.3	4.6	5.4

* (52)

CUADRO No. 3

CLASIFICACION DE LAS FRACCIONES DE LOS FORRAJES DE
ACUERDO A LAS CARACTERISTICAS NUTRITIVAS (51).

CLASE	FRACCION	DISPONIBILIDAD NUTRICIONAL RUMIANTES.
Contenido celular	Azúcares	Completa
	Pectina	Completa
	Almidón	Completa
	Nitrógeno no proteico	Alta
	Lípidos	Alta
	Otros solubles	Alta
Pared Celular	Hemicelulosa	Parcial
	Celulosa	Parcial
	Lignina	Indigestible
	Proteína dañada por el calor	Indigestible

MATERIAL Y METODOS.

El trabajo se realizó en las instalaciones del CEMID - Microbiología, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, ubicadas en Palo Alto, México, D.F.

Se utilizarón cuatro borregos cruzados criollos x Suffolk con un peso de 44 ± 6.4 Kg., los cuales se desparasitaron internamente (Valbazen), se le aplicó vitaminas A, D y E, intramuscularmente y se pasaron antes de colocarlos en jaulas metabólicas con bebederos y comederos individuales.

Periodo de adaptación.

Durante un lapso de 15 días los animales se adaptaron a la jaula y a las bolsas recolectoras de heces y además recibieron una dieta de mantenimiento con base en rastrojo de maíz y heno de alfalfa ad libitum.

Dietas experimentales.

Se realizó el examen bromatológico de cada uno de los ingredientes. Las dietas fueron calculadas para contener el 11.3 % de proteína cruda. La composición de las dietas se describe en el cuadro No. 4.

Métodos a evaluar.

En el presente trabajo se compararon los siguientes métodos para estimar la digestibilidad:

- I) Determinación in vivo según el método de recolección total de heces (36).
- II) Determinación in vitro según el método de Minson y McLeod (28).
- III) Determinación in vivo utilizando como marcador al óxi-

do de cromo (46).

IV) Determinación in vivo según el método de medición de - las cenizas insolubles en ácido 2N-HCl (50).

Diseños experimentales.

Se utilizaron dos diseños experimentales para el muestreo

1) Un diseño de cuadrado Greco-Latino 4X4 (Esquema No.1) (9), se utilizó para analizar las diferencias entre - los métodos. La variable de respuesta fue la digestibilidad de la materia seca de las dietas. La comparación entre métodos se realizó por medio de la prueba de observaciones pareadas.

2) Un diseño de cuadrado Latino 4X4 (Esquema No. 2) (9), se utilizó para analizar los efectos de los niveles - pulpa de limón sobre los coeficientes de digestibilidad de las fracciones de la fibra y la energía digestible obtenidos por el método de recolección total de heces.

Descripción de las técnicas que se aplicaron:

I) Determinación de la digestibilidad in vivo por el método de la recolección total de heces.

Los períodos experimentales constaron de 15 días de - adaptación a las dietas y 5 días de recolección de -- muestras.

El diagrama de pesaje del alimento ofrecido y el muestreo de las heces y rechazo de alimento fue el siguiente:

-Pesaje del alimento ofrecido (1 al 5 día).

-Pesaje y muestreo de los rechazos (2 al 6 día).

-Pesaje y muestreo de las heces (3 al 7 día).

El consumo se ajustó al 90 % de lo observado en el período de adaptación a la dieta, para evitar exceso de rechazos y/o selección del alimento. Se ofreció el alimento una vez al día (9.00 AM).

El muestreo de las heces consistió del 10 % de la producción diaria. Posteriormente se secaron en una estufa de aire forzado a 50 C. durante 24 hs. para realizar el análisis.

A los animales se les ofreció agua a voluntad. Además, el pesaje de los animales se hizo al principio y al final de cada período experimental.

II) Determinación in vitro según el método de Minson y McLeod.

Reactivos:

- a) Solución amortiguadora de McDougall.
- b) Solución pepsina ácida.
- c) Inoculante (Líquido ruminal del borrego alimentado con la dieta experimental).

Procedimiento.

Secar la dieta a 100 C. durante 24 hs. , almacenar las muestras en frascos tapados. Pesar 0.25 g. dentro de tubos de nalgeno. Se adiciona a cada tubo 25 ml. del amortiguador-inóculo. Tapar los tubos con tapones con válvulas Bunsen. Incubar los tubos en baño maría a 39 C. por 48 hs. Agitar los tubos durante las primeras 6 hs., después de la incubación, centrifugar a 2000-3000 rpm por 10 min. y decantar. Adicionar al residuo de la digestión

25 ml. de solución de pepsina a 40 C. Tapar los tubos e incubar a 39 C. durante 48 hs. Después de la incubación filtrar a través de crisoles porosos y lavar con agua - dos veces y secar a 100 C. durante 4 hs. y pesar. Realizar blancos y estándares con cada una de las soluciones amortiguador-inóculo sin forraje y los estándares con algún forraje de digestibilidad conocida.

III) Determinación in vivo utilizando como marcador al óxido de cromo.

Reactivos:

- a) Mezcla digestora.
- b) Pan de Cromo (Vehículo para el marcador externo).

-700 g. de almidón.

-300 g. de Cr_2O_3 .

Mezclar el almidón, Cr_2O_3 y agua, la masa formada con estos ingredientes, se colocan en una estufa de aire forzado para que así se seque completamente. Por último esta pasta se muele con una criba de 2mm y se agrega a las dietas correspondientes.

Procedimiento

Adicionar a la dieta experimental el 1% de pan de cromo. Pesar muestras de heces de 1 a 1.2 g y de 2 a 3 g de alimento en vasos de precipitado de 30 ml. Incinerar durante toda la noche a 450 C, enfriar y agregar 15 ml de la solución digestora con base en ácido nítrico y perclórico y calentar sobre una placa caliente a 300 C hasta que se desarrolle un color rojizo. Prolongar el calentamiento durante 10 ó 15 min más. Enfriar y transferir cuanti-

tativamente a matraces volumétricos de 200 ml con agua -- destilada y aforar. Centrifugar 10 ml de esta solución -- en frascos de poliestireno a 700 G durante 5 min.

Leer en un espectrofotómetro a una longitud de onda de -- 400 nm.

Preparar blancos, pesando heces y alimentos que no con-- tengan óxido de cromo. Se prepara una curva standard -- con diferentes concentraciones de Cr_2O_3 y con esta curva se calcula el contenido del marcador en la muestra.

IV) Determinación in vivo según el método de medición de las cenizas insolubles en ácido 2N-HCl.

Este método se utiliza para medir las cenizas o los mine-- rales que no se solubilizan en HCl. Puede utilizarse con ciertos alimentos para estimar la digestibilidad in vivo midiendo las cenizas insolubles en el alimento y en las heces de los animales en experimentación.

Procedimiento.

Hervir el contenido de las cenizas totales con 25 ml de ácido clorhídrico 2N durante 5 min, cubriendo con un vidrio de reloj para evitar pérdidas. Recoger la materia -- insoluble sobre un crisol o papel filtro de cenizas cong-- cidas, lavar con agua caliente hasta que los lavados es-- ten libres de ácido. Incinerar hasta la eliminación del carbón, enfriar y pesar.

Fórmulas para calcular el coeficiente de digestibilidad.

I) Recolección total de heces.

- a) Coeficiente de digestibilidad de la materia seca.
(MS)

$$CD = \frac{MS \text{ CONSUMIDA} - MS \text{ EXCRETADA}}{MS \text{ CONSUMIDA}} \times 100$$

- b) Coeficiente de digestibilidad de un nutriente.

$$CD = \frac{KG \text{ DEL NUTRIENTE CONSUMIDO} - KG \text{ DEL NUTRIENTE EXCRETADO}}{KG \text{ DEL NUTRIENTE CONSUMIDO}} \times 100$$

II) Método in vitro

$$CD = \frac{1.00 - (R-F) - \text{Blanco}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

donde: R = Peso del papel filtro + Residuo

F = Peso del papel filtro

III y IV) Métodos con marcadores.

$$CD = 100 - 100 \times \frac{\% \text{ marcador en la MS del alimento}}{\% \text{ marcador en la MS de las heces}}$$
$$\% \text{ RECUPERACION} = \frac{\% \text{ marcador en heces}}{\% \text{ marcador en alimento}} \times 100$$
$$\% \text{ RECUPERACION} = \frac{MS \text{ consumida}}{MS \text{ excretada}} \times 100$$

Fórmula para calcular la energía bruta.

$$H = \frac{(T_f - T_i) (W) - C_1 - C_2 - C_3}{m}$$

donde:

- H = Energía bruta de la muestra
- Ti = Temperatura inicial de la cubeta corregida de acuerdo al factor de corrección de los termómetros.
- Tf = Temperatura máxima, corregida de acuerdo al factor de corrección alcanzado después de iniciar la ignición.
- C1 = Equivalente en calorías por formación de HNO₃ (ml de Na₂CO₃ 0.072N x 1)
- C2 = Equivalente en calorías por formación de H₂SO₄ (14 x % de azufre en la muestra x g de muestra)
- C3 = Equivalente en calorías por el calor de combustión del alambre de fusión usado.
- W = Equivalente en energía del calorímetro en calorías por grado Celsius o Fahrenheit.
- m = peso de la muestra en gramos.

ESQUEMA No.1

CUADRADO GRECO-LATINO

ANIMALES

P
E
R
I
O
D
O

	1	2	3	4
1	III C	II A	I B	IV D
2	IV A	I C	II D	III B
3	II B	III D	IV C	I A
4	I D	IV B	III A	II C

ESQUEMA No.2

CUADRADO LATINO

ANIMALES

P
E
R
I
O
D
O

	1	2	3	4
1	C	A	B	D
2	A	C	D	B
3	B	D	C	A
4	D	B	A	C

CUADRO No. 4

COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES (BASE SECA)

INGREDIENTES	% DIETAS			
	A	B	C	D
PULPA DE LIMON	0	15	30	45
HEMO DE ALFALFA	48.5	46.7	45.2	43.8
RASTROJO DE MAIZ	50.5	37.3	26.8	10.2
ALMIDON	1.0	1.0	1.0	1.0
ANALISIS CALCULADO				
PROTEINA CRUDA %	11.3	11.3	11.3	11.3

RESULTADOS.

Los resultados experimentales de la comparación de los métodos por medio de observaciones paradas se muestra en el cuadro No. 5. No existen diferencias estadísticas significativas entre el método in vivo y los métodos alternativos, pero el óxido de cromo presentó mayor variabilidad en la estimación de la digestibilidad de la materia seca respecto in vivo.

Los valores de la digestibilidad in vitro se correlacionaron en sólo $r = 0.75$ sin ser estadísticamente significativa, este difiere de la mayor parte de la literatura consultada -- (cuadro No.6). Las cenizas insolubles presentaron una alta correlación significativa y la menor diferencia en la estimación de la digestibilidad in vivo.

En el cuadro No. 7, se muestran la medias de los coeficientes de digestibilidad para proteína cruda, materia seca, materia orgánica, fracciones de fibra, consumo voluntario y la energía digestible de las dietas experimentales.

La digestibilidad in vivo de la materia seca de la dieta sin pulpa deshidratada del limón (PDL) fue menor estadísticamente que las dietas restantes, sin embargo, las dietas que contenían PDL no difirieron entre si ($P < 0.05$).

Las medias de los coeficientes de digestibilidad in vivo para la materia orgánica (MO) de las dietas difirieron estadísticamente cuando había una diferencia de 30 % de PDL ($P < 0.05$).

No se encontraron diferencias estadísticas entre las medias del resto de las variables de respuesta ($P > 0.05$).

En el análisis de regresión lineal se observó que el nivel de PDL incrementó en forma positiva y estadísticamente significativa la digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra ácido detergente (FAD) y celulosa (Figuras 1 al 9).

Con las ecuaciones de regresión calculadas se estimaron los coeficientes de digestibilidad y el contenido de energía digestible (ED) de la PDL como único ingrediente (Cuadro No.8).

La digestibilidad de la MS se correlacionó significativamente en $r=0.93$, $r=0.73$ y $r=0.77$ con la digestibilidad de la MO, FAD y Celulosa, respectivamente. La ED de la dieta se correlacionó $r=0.96$ con el consumo voluntario, siendo estadísticamente significativo ($P < 0.01$) Cuadro No. 9.

CUADRO No. 5

COMPARACIONES PAREADAS ENTRE EL METODO in vivo Y LOS METODOS ALTERNATIVOS POR MEDIO DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

DIETA	Cr ₂ O ₃	<u>in vivo</u>	CIA	<u>in vivo</u>	<u>in vitro</u>	<u>in vivo</u>
A	64.8	59.2	49.6	51.6	56.8	60.5
B	51.7	61.7	56.4	58.4	61.3	65.6
C	53.1	69.7	63.5	61.3	66.9	63.8
D	54.7	64.0	67.4	63.0	67.6	69.7
Diferencia		-7.6±9.4 ^a		0.64±3.2		-1.2±3.4
t pareada		1.61 n.s.		0.40 n.s.		0.70 n.s.
Correlación		-0.61 n.s.		0.97 [*]		0.75 n.s.
Recuperación del marcador		84.8±21.9%		100.5±9.8%		

a = Promedio ± Desviación estándar ; unidades porcentuales

* (P < 0.05)

CUADRO No. 6

CORRELACIONES ENCONTRADAS POR DIFERENTES AUTORES ENTRE EL METODO in vivo Y METODOS INDIRECTOS PARA LA PREDICION DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA.

METODO	CORRELACION	REFERENCIA
<u>in vitro</u>	0.55	(19)
<u>in vitro</u>	0.83	(55)
<u>in vitro</u>	0.86	(56)
<u>in vitro</u>	0.90	(11)
<u>in vitro</u>	0.93	(39)
Cenizas Insolubles	0.98	(52)
Cenizas Insolubles	0.99	(5)

CUADRO No. 7

MEDIAS DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD, CONSUMO VOLUMEN-
TARIO Y ENERGIA DIGESTIBLE DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

PARAMETRO	DIETAS.			
	A	B	C	D
Consumo (Kg.)	1.128 a	1.218 a	1.337 a	1.320 a
Dig. MS %	57.97 a	61.81 b	65.05 b	67.02 b
Dig. MO %	60.19 a	64.50 ab	67.70 bc	69.53 c
Dig.F.N.D. %	50.02 a	56.23 a	60.59 a	58.40 a
Dig.F.A.D. %	50.43 a	56.67 a	60.24 a	62.27 a
Dig.Celulosa %	60.96 a	61.51 a	62.95 a	69.63 a
Dig.Lignina %	36.92 a	67.75 a	60.44 a	50.54 a
Dig. FC %	55.37 a	60.59 a	56.43 a	58.67 a
E.D.Mcal/Kg.	2.5 a	2.82 a	3.24 a	3.01 a

abc) Para cada linea cifras con letras diferentes son estadisticamente diferentes ($P < 0.05$)

CUADRO No. 2

COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PULPA DE LIMON
DESHIDRATADA ESTIMADOS POR ECUACIONES DE REGRESION
DE LAS FIGURAS 1 al 9.

COMPONENTE	COEFICIENTE %
Materia Seca	78.68
Materia Orgánica	81.60
Fibra Neutro Detergente	71.03
Fibra Acido Detergente	77.60
Celulosa	77.95
Lignina	71.20
Proteína Cruda	60.70
Energía Digestible Mcal/Kg.	3.9

CUADRO No. 9

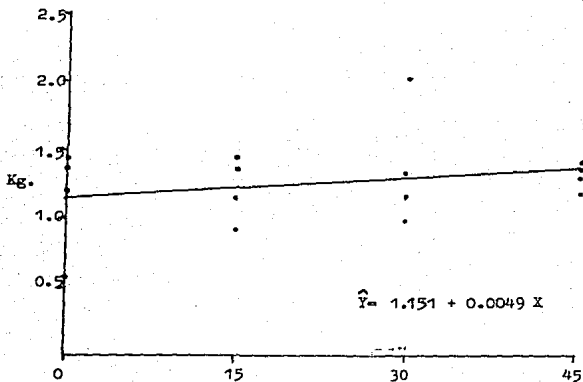
CORRELACIONES ENTRE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD
CONSUMO VOLUNTARIO Y ENERGIA DIGESTIBLE DE LAS DIETAS
EXPERIMENTALES.

COMPONENTES	CORRELACION
Materia Seca-Materia Orgánica	r=0.93 **
Materia Orgánica-Energía Digestible	r=0.01
Materia Seca-Energía Digestible	r=0.01
Materia Seca-Consumo Voluntario	r=0.10
Materia Seca-Fibra Neutro Detergente	r=0.73 **
Materia Seca-Fibra Acido Detergente	r=0.77 **
Materia Seca-Celulosa	r=0.22
Energía Digestible-Consumo Voluntario	r=0.96 **
Energía Digestible-Celulosa	r=0.20

**) Estadísticamente significativo ($P < 0.01$)

FIGURA No. 1

EFFECTO DEL NIVEL DE LA PULPA DE LIMON DESHIDRATADA SOBRE EL
CONSUMO VOLUNTARIO DE LAS DIETAS.

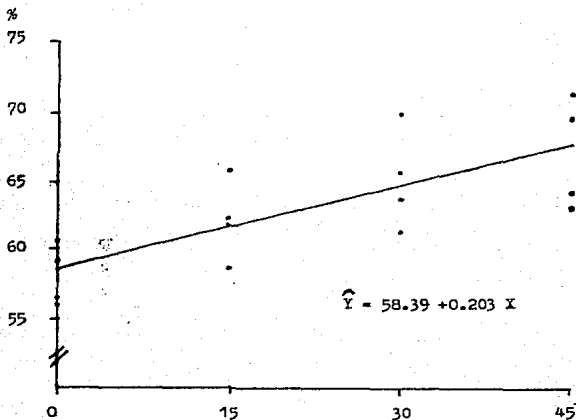


% DE PULPA DE LIMON.
ANALISIS DE REGRESION

Fuente de variación	gl	SS	SCM	F	R ²	r
Regresión	1	0.108	0.108	1.187	0.08	0.30
Error	14	1.27	0.91			
Total	15	1.378				
EEP = 0.0045		t = -1.09	*(P < 0.05)			

FIGURA No. 2

EFFECTO DEL NIVEL DE LA PULPA DE LIMON DESHIDRATADA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DE LAS DIETAS.



% DE PULPA DE LIMON.

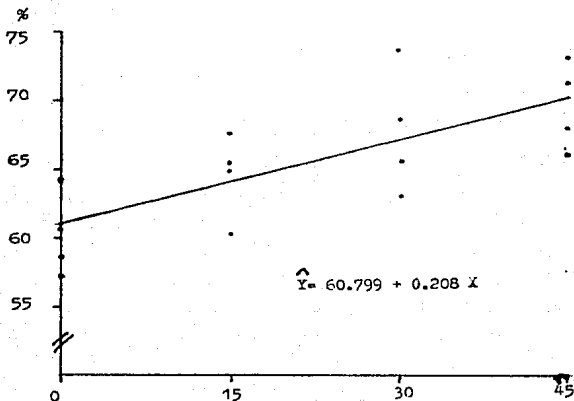
ANALISIS DE REGRESION

Fuente de variación	gl	SS	SCM	F	R ²	r
Regresión	1	185.7	185.7	19.58*	0.58	0.77
Error	14	132.7	9.5			
Total	15	318.4				

EEβ = 0.46 t = 4.43* *(P < 0.05)

FIGURA No. 3

EFFECTO DEL NIVEL DE LA PULPA DE LIMON DESHIDRATADA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA DE LAS DIETAS



% DE PULPA DE LIMON
ANALISIS DE REGRESION

Fuente de variación	gl	SS	SCM	F	R ²	r
Regresión	1	194.9	194.9	17.32*	0.55	0.74
Error	14	157.5	11.25			
Total	15	352.3				

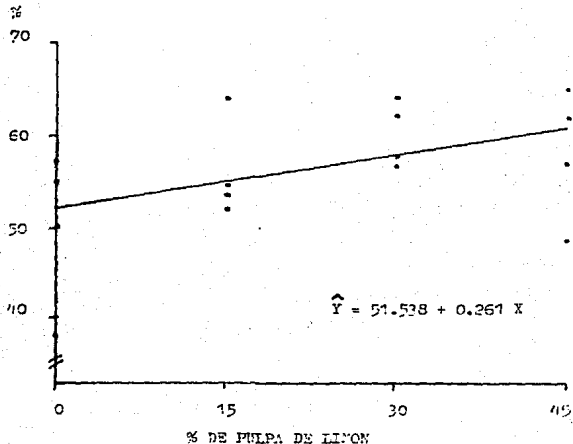
EEP = 0.05

t = 4.16*

*(F < 0.05).

FIGURA No.4

ESECTO DEL NIVEL DE LA PULPA DE LIMON DESHIDRATADA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA FIERRA NEUTRO DETEGENTE DE LAS DIETAS



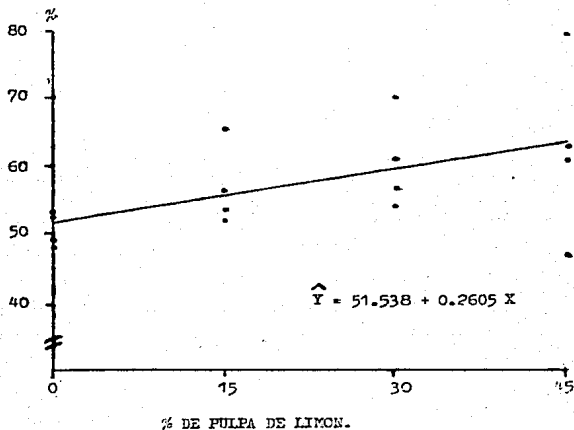
% DE PULPA DE LIMON
ANALISIS DE REGRESION

Fuente de variación	gl	SS	COM	F	R ²	r
Regresión	1	164.7	164.7	4.11	0.23	0.48
Error	14	560.93	40.1			
Total	15	725.63				

EEP = 0.094 t = 2.02 *(P < 0.05)

FIGURA No.5

EFFECTO DEL NIVEL DE LA PULPA DE LIMON DESHIDRATADA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA ACIDO DETERGENTE DE LAS DIETAS.

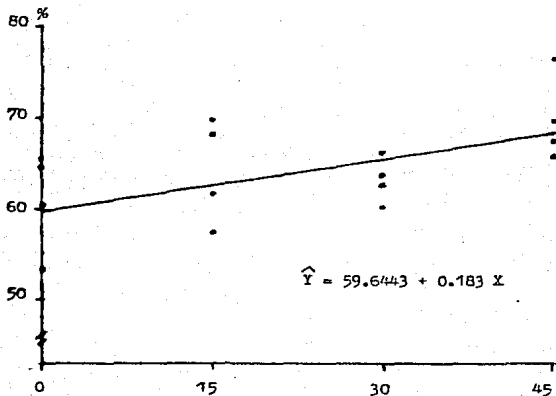


ANALISIS DE REGRESION

Fuente de variación	Gl	SS	SCM	F	R ²	r
Regresión	1	305.45	305.45	5.38*	0.28	0.53
Error	14	794.89	56.78			
Total	15	1100.34				
EE β = 0.11		t = 2.32*		*(P < 0.05)		

FIGURA No.6

EFFECTO DEL NIVEL DE LA PULPA DE LIMON DESHIDRATADA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA CELULOZA DE LAS DIETAS.



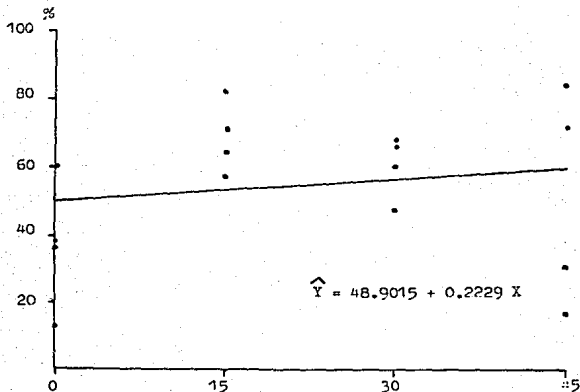
% DE PULPA DE LIMON

ANALISIS DE REGRESION

Fuente de variación	gl	SS	SCM	F	R ²	r
Regresión	1	150.7	150.7	7.09*	0.33	0.58
Error	14	297.6	21.26			
Total	15	448.3				
EE _β = 0.069		t = 2.662*				*(P < 0.05)

FIGURA No. 7

EFEECTO DEL NIVEL DE LA PULPA DE LIMON DESHIDRATADA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA LIGNINA DE LAS RACIONES.



% DE PULPA DE LIMON

ANALISIS DE REGRESION

Fuente de variación	gl	SS	SCM	F	R ²	r
Regresión	1	223.48	223.48	0.47	0.03	0.18
Error	14	6692.35	478.02			
Total	15	6915.83				

EEB = 0.326

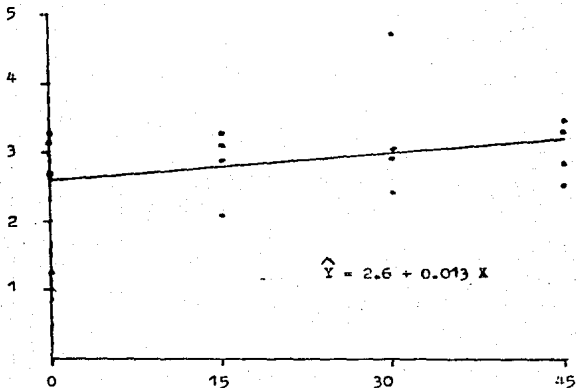
t = 0.68

*(P < 0.05)

FIGURA No.8

EFEECTO DEL NIVEL DE LA PULPA DE LIMON DESHIDRATADA SOBRE EL CONTENIDO DE ENERGIA DIGESTIBLE (Mcal/Kg) DE LAS RACIONES.

Mcal/Kg.



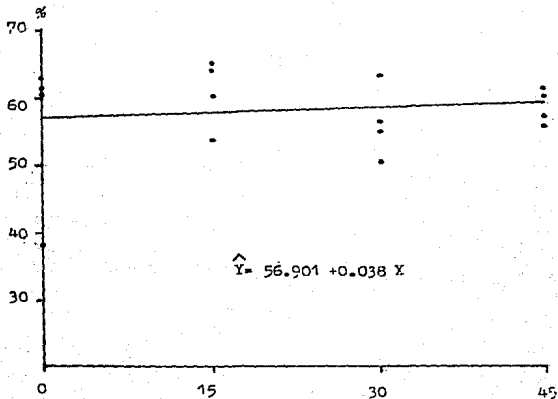
% DE PULPA DE LIMON

ANALISIS DE REGRESION

Fuente de variación	gl	SS	SCM	F	R ²	r
Regresión	1	0.745	0.745	1.49	0.96	0.31
Error	14	6.98	0.5			
Total	15	7.72				
EE β = 0.01			t = 1.22		*(P < 0.05)	

FIGURA No.9

EPECTO DEL NIVEL DE LA PULPA DE LIMON DESHIDRATADA SOBRE LA
DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA CRUDA DE LAS DIETAS.



% DE PULPA DE LIMON
ANALISIS DE REGRESION

Fuente de variación	gl	SS	SCM	F	R ²	r
Regresión	1	6.61	6.61	0.15	0.01	0.1
Error	14	627	44.77			
Total	15	633.61				

EEB = 0.10 t = 0.38 *(P < 0.05)

DISCUSION.

Entre los principales factores que causan fallas en la recuperación de los indicadores internos y externos en la determinación de la digestibilidad de los alimentos, destacan la variación en la excreción diurna del indicador, pérdidas fecales, falta de precisión analítica, digestión parcial, frecuencia de alimentación, esquemas de muestreo, etc., los cuales influyen en la variabilidad y exactitud del método. Si la recuperación del marcador es menor al 100 %, el método subestimaré la digestibilidad, mientras que, si la recuperación es superior al 100 %, la digestibilidad será mayor a la obtenida por el método in vivo.

De acuerdo con Van Soest (52) la estimación de la digestibilidad por el método de los marcadores esta en función lineal inversa a la concentración del marcador en heces.

En el presente trabajo se obtuvo un bajo y además variable porcentaje de recuperación del Cr_2O_3 en heces el cual se situó en 84.8 ± 21.9 % .

Lassiter et al (18), recuperaron solo el 78 % del marcador en ovinos alimentados con dietas marcadas con Cr_2O_3 al 0.5 %. En consecuencia, el método subestimó ligeramente la digestibilidad obtenida por el método in vivo. Los mismos autores concluyeron que la variación observada entre métodos es pequeña y sugiere que el método de Cr_2O_3 es adecuado para estimar la digestibilidad.

Kane et al (16) al realizar un estudio con vacas lecheras alimentadas con alfalfa como forraje, recuperaron del 96.7 al 102.1 % del Cr_2O_3 en heces. Los coeficientes de digestibi-

lidad no difirieron estadísticamente con respecto al método in vivo.

Por otra parte, la fluctuación en la excreción de los -- marcadores en rumiantes, se considera como un fenómeno normal (10, 43), por lo que se atribuye como la principal causa de - la variabilidad en los porcentajes de recuperación. Esta va-- riación puede ser 10 a 15 % (43).

En cerdos los porcentajes de recuperación de este marca-- dor, han sido bajos (75 - 98 %) (24). McCarty et al (23) obtu-- vieron 75% del Cr_2O_3 en heces de cerdos en crecimiento. Los - coeficientes de digestibilidad fueron menores en 4.8% unidades porcentuales respecto al método in vivo, siendo esa diferencia significativa ($P > 0.01$). Estos autores atribuyen tal diferen-- cia a la baja tasa de recuperación del indicador. Cabe mencio-- nar que no se han detectado patrones de excreción diurna del Cr_2O_3 en cerdos (2, 23).

En el presente trabajo se reconoce que las principales - causas de la baja recuperación del Cr_2O_3 fueron la frecuencia en la alimentación (una sola vez al día) y la estratificación del Cr_2O_3 en el alimento. Sin embargo, McGuire et al (25), no encontraron efecto de la frecuencia de las comidas sobre el - patrón de excreción del Cr_2O_3 . Otros autores, no obstante, -- han encontrado efecto por el número de las comidas (43).

La excreción diurna del Cr_2O_3 no fue medida en este expe-- rimento.

El método de Cr_2O_3 , en el presente estudio difirió del in vivo en -7.58 ± 9.4 unidades porcentuales para la digesti-- bilidad de la materia seca, con un rango de -16.62 ± 5.63 , -

esta variación supera a las descritas. Asimismo el coeficiente de correlación entre métodos (Cr_2O_3 contra in vivo) fue $r = -0.61$, valor que no es significativo estadísticamente. No se encuentra explicación para la tendencia observada.

En este experimento el Cr_2O_3 se comportó irregularmente y muy por debajo de lo indicado en otros trabajos.

Por otra parte, en el método de cenizas insolubles en ácido 2N-HCl (CIA) el porcentaje de recuperación fue del 100.5 \pm 9.8 % difiriendo en 0.64 ± 3.19 unidades porcentuales de la digestibilidad de la materia seca obtenida por el método in vivo con un rango de -3.6 a 1.4 unidades porcentuales respecto al in vivo.

Estos últimos resultados son comparables a los informados por Shrivastava y Talapatra (44), quienes recuperaron del 91.2 al 108.7% de cenizas insolubles en ácido. El coeficiente de digestibilidad en este caso, superó en 1.2 unidades porcentuales al método in vivo. Thonney et al (48) encontraron una recuperación del 101.19 ± 4.98 % en heces de animales alimentados con dietas que contenían henos cortados tempranamente, en tanto sólo se recuperó el 98.9 ± 2.98 % en henos de corte tardío. Vankeulen y Young (50) recuperaron el 95.8 ± 6.1 % de cenizas insolubles en ovinos.

Block et al (5) encontraron al realizar un estudio con animales alimentados a libertad que la exactitud del método se incrementa cuando los residuos son menores al 10% del consumido. Si son mayores a ese porcentaje, tal aspecto deberá ser considerado al realizar el análisis. Estos mismos autores recuperaron del 98 al 102 % de las cenizas.

En el caso particular del presente estudio, los residuos no superaron el 10 % del consumo por lo que se omitió su análisis.

En cuanto a las correlaciones con el método in vivo, estas han demostrado altos valores en diversos estudios que se muestran resumidos en el cuadro No. 6.

No se han encontrado evidencias de variaciones en la excreción diurna de las cenizas insolubles en los estudios realizados con ruminantes (2, 50). Aguilar et al (2) encontraron que el método de las cenizas sobreestimó la digestibilidad de la materia seca del panizo verde en ovinos a nivel de 9.4 unidades porcentuales, siendo esta diferencia significativa estadísticamente ($P > 0.01$). Además el porcentaje de recuperación fue sólo del 82.3%. Shimada et al encontraron que el método de cenizas insolubles sobreestimó la digestibilidad de materia seca en dietas para ovinos con ensilaje de cañuela de maíz tratada con diferentes aditivos en 9.6 unidades porcentuales, con respecto al método in vivo. El porcentaje de recuperación de las cenizas fue de 102.6 a 125.3 % (42). Sagardia (37), obtuvo valores de digestibilidad del 53.54 a 67.01 % de la materia seca de raciones con pulpa seca de naranja y/o alimento comercial para bovinos. La desviación estándar en este trabajo fue de 11.64.

Diversos autores coinciden en señalar que el método de cenizas mejora su exactitud con la adición de celite o arena cuando el porcentaje de cenizas insolubles es bajo en la dieta, por ejemplo en los concentrados o alfalfa.

En el presente estudio los resultados del método de cenizas

zas insolubles son comparables a los descritos en la literatura.

Respecto al método in vitro, en este trabajo mostro mayor variabilidad y menor consistencia en los resultados de lo que la literatura indica.

La digestibilidad de la materia seca obtenida por in vitro fue inferior en -1.74 ± 3.35 unidades porcentuales respecto al valor in vivo. El coeficiente de correlación tuvo un valor de $r = -0.75$, el cual no resultó estadísticamente significativo ($P > 0.05$). Según se observa en el cuadro No. 6, la mayoría de los estudios sobre el particular han demostrado que es significativa la correlación entre el método in vitro e in vivo.

Van Soest (52) informa que la correlación es de $r = 0.80$ entre ambos métodos para la digestibilidad de 127 forrajes de diversas especies en tanto que en otros estudios (19, 55) se obtuvieron correlaciones de $r = 0.55$ y $r = 0.83$ para la digestibilidad del pasto Ferrer y dietas con diferentes niveles de yuca, respectivamente. Aguilar et al(2), no encontraron diferencias estadísticas entre ambos métodos para la digestibilidad de la materia seca del panizo verde en ovinos. Por su parte, Scales et al (39) encontraron que el método in vivo e in vitro se correlacionaron con un valor de 0.93 para muestras de forrajes colectadas por medio de fistulas esofágicas en novillos en pastoreo.

Por otro lado, se han efectuado investigaciones para sustituir la técnica del análisis de fibra cruda del sistema de Weende en el campo de la nutrición de rumiantes, donde la can

tividad y la calidad nutricional de la fibra es de particular importancia (51). Se ha demostrado que la digestibilidad de la fibra cruda es superior o igual al extracto libre de nitrógeno exceptuando a las leguminosas (1, 52).

En el sistema de fracciones de fibra, la materia seca de los forrajes se pueden dividir en dos grupos con base en su disponibilidad nutricional (Cuadro No. 3).

La primera fracción corresponde al contenido celular, el cual se considera altamente digestible, en tanto que, la segunda corresponde a las paredes celulares, cuya disponibilidad depende de diversos factores entre los que destacan: La lignificación y la especie del forraje (51).

El consumo voluntario y la digestibilidad de los alimentos son dos aspectos importantes para evaluar el valor nutritivo de los forrajes. Ya que estos determinan la cantidad de nutrientes que serán disponibles para el metabolismo animal y, que por lo tanto influirán sobre el comportamiento productivo.

El consumo voluntario de las dietas estudiadas en el presente estudio se muestra en el cuadro No. 7. Se considera que tales valores están dentro de los límites normales para la especie animal estudiada. El consumo de la materia seca no se vio afectada por el nivel de la pulpa deshidratada de limón en la ración (FPO.05). Figura No. 14

La ingestión de la materia-seca de vacas criollas en lactación y de terneros Holstein no se afectó, cuando la pulpa deshidratada de naranja, sustituyó a la harina de maíz y sorgo de las dietas respectivas (34, 26).

El consumo voluntario de los terneros Holstein, no se mo

dificó a pesar de que la digestibilidad de la dieta incrementó conforme el porcentaje de la pulpa se aumentó (26). Sin embargo en ovinos Awasi alimentados con dietas donde la pulpa de cítricos reemplazaba al grano de maíz, el consumo voluntario disminuyó al incrementarse el nivel del subproducto en la dieta (4). En conejos también se encontró este efecto negativo - sobre el consumo voluntario por Kg. de peso metabólico(0.75)- de los animales (21).

Por otra parte, la digestibilidad de la materia seca de las raciones aumentó en forma lineal y positiva en la medida en que la pulpa se incrementó (Figura No.2). Esto concuerda con el efecto que tiene la pulpa deshidratada de naranja, --- cuando sustituye a la harina de sorgo en dietas para terneros Holstein (26). La digestibilidad de la materia seca de raciones para ovinos se incrementó linealmente hasta el nivel del 60% de pulpa de cítricos en la ración, sin embargo, a niveles superiores la digestibilidad decreció ligeramente (4). En otro estudio, la pulpa de cítricos no afectó la digestibilidad de la materia seca hasta niveles del 60 % de la dieta en corderos castrados(20).

De igual forma, en el presente trabajo se observó que la inclusión de la pulpa de limón incrementó lineal y positivamente la digestibilidad de la materia orgánica de las dietas ($P < 0.05$). Figura No. 3.

Crozco y Crozco (31) informaron que la digestibilidad de la materia orgánica de un ensilaje de pulpa de limón fue de 94.8 ± 2.4 % estimada por el método in vitro, lo cual explicaría el incremento de la digestibilidad de la dieta total cuando

do se incluye pulpa de cítricos en las raciones para rumiantes .

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos con corderos en crecimiento y corderos castrados, alimentados con dietas con el 90 % de concentrados (0, 15, 30, 45 y 60 % de pulpa de cítrico) y 10 % de alfalfa. No hubo efecto del subproducto sobre la digestibilidad de la materia orgánica de la ración total (20).

Otro factor importante es el contenido celular o nutrientes solubles en solución neutro detergente. Para dietas concentradas la digestibilidad de esta fracción puede ser hasta del 85%, Pero con pastos el valor es de apenas el 50% (27). Sin embargo, la digestibilidad de esta fracción no se midió debido a que se considera que desaparece durante el proceso de digestión y lo que se determina en heces es diferente al contenido celular de los forrajes .

La digestibilidad de la fibra neutro detergente (paredes celulares), no se vió afectada significativamente por el nivel de la pulpa de limón ($P > 0.05$). Figura No 4. Por lo que la digestibilidad de esta fracción podría ser muy parecida a la digestibilidad de las paredes celulares de la dieta testigo. No se encontraron datos en la literatura sobre el efecto del nivel del cítrico sobre la fibra neutro detergente,

La fibra ácido detergente es una fracción analítica de los forrajes formada por: celulosa, lignina y algo de cenizas (29). Al realizar las mediciones correspondientes en el presente estudio se observó que la digestibilidad de esta fracción se incrementó al incluir la pulpa de limón ($P < 0.05$). Figura

*Armando Shimada, comunicación personal

No. 5. Esta misma respuesta se observó en dietas para ovinos y conejos(20, 21). Esto hace pensar que la digestibilidad de la fibra ácida detergente de la pulpa de limón es alta.

La celulosa es la substancia más abundante en el reino vegetal y es el principal componente estructural de las paredes celulares de las plantas(22). Además es una fuente importante de energía para los ruminantes, de aquí la importancia de conocer su digestibilidad en el presente estudio.

La digestibilidad de la celulosa se incrementó lineal y positivamente conforme aumentaba el nivel de la pulpa de limón($P < 0.05$). Figura No. 6.

En una serie de pruebas de alimentación en cerdos Yorkshire alimentados con raciones con 0, 10, 20 y 30 % de pulpa de cítricos en substitución de hojas molidas de la mazorca de maíz, se observó que la digestibilidad de la celulosa se incrementaba significativamente al aumentar los porcentajes de la pulpa en la ración.(3). Sin embargo, Schaibly y Wing (40), no encontraron efecto por el nivel de la pulpa de cítricos sobre la desaparición de la celulosa, determinada por medio de la técnica de la bolsa de nylon en rumen.

La lignina mostró una gran variabilidad en sus coeficientes de digestibilidad(Figura No. 7). Van Soest (52) atribuye este hecho a la dificultad de remover algunas fracciones del material lignificado que se liga por el calentamiento que sufren las muestras durante los análisis de laboratorio; puede ser más marcado en la pulpa de limón ya que se deshidrata a nivel industrial, a temperaturas superiores a los 100 C aumentando la unión de la lignina con otras moléculas.

En relación al contenido de energía digestible de las dietas experimentales, ésta no se afectó por el porcentaje del subproducto ($P > 0.05$). Figura no. 8. Puede suponerse que la energía digestible de la pulpa deshidratada de limón fue similar al contenido de energía de la dieta testigo (2.5 Mcal ED/Kg.).

Los datos informados al respecto, son contradictorios, ya que, en dietas para ovinos donde la pulpa sustituyó al grano de maíz, disminuyó el contenido de energía digestible (4), -- sin embargo, en conejos con raciones con 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 100 % de pulpa, la energía digestible se incrementó linealmente, pero al mismo tiempo, afectó negativamente el consumo voluntario por Kg. de peso metabólico, y probablemente esta disminución del consumo, aumentó la digestibilidad de la energía (21).

Finalmente, en lo referente a la digestibilidad de la proteína cruda no se afectó por el nivel de la pulpa en las dietas del presente trabajo ($P > 0.05$) Figura No. 9. Estos resultados concuerdan con lo encontrado en ovinos y novillos alimentados con dietas con niveles de pulpa de cítricos de 40 a 60 % (4, 20, 56). Sin embargo, en conejos el nivel alcanzó el 75 % de pulpa sin afectar la digestibilidad de la proteína cruda (21). En cerdos el nivel del 10 % de la pulpa de cítricos en la ración disminuyó la digestibilidad de la proteína (3).

En el cuadro No. 8, se muestran los coeficientes de digestibilidad obtenidos por medio de las ecuaciones de regresión simple, considerando a la pulpa de limón como único in--

gradiente.

El consumo voluntario se encontró relacionado positivamente $r = 0.96$ con el contenido de energía digestible de la dieta cuadro No. 9 No se encuentra explicación aparente para esta relación, puesto que la ED y el consumo voluntario no se afectaron estadísticamente por el nivel de la pulpa de limón. Por otra parte, la digestibilidad de la materia seca se correlacionó positivamente con aquellas fracciones de fibra en las que su digestibilidad estimada fue superior al 77 %. Cuadro No.9 . Lo que puede indicar que las demás fracciones de la pulpa de limón son similares o ligeramente superior a los coeficientes de digestión de la dieta testigo.

CONCLUSIONES.

- 1.- La pulpa deshidratada de limón presenta altos coeficientes de digestibilidad y su valor energético es comparable al de los cereales.
- 2.- Su uso en la alimentación animal dependerá de la oportunidad para adquirirla, costo del producto y de transportación.
- 3.- El método de Cenizas Insolubles en ácido es un buen estimador de la digestibilidad in vivo. Además presenta la ventaja de requerir equipo menos costoso para su realización. Aún se requiere más investigación sobre su aplicabilidad bajo diferentes condiciones prácticas.
- 4.- Quizás el nivel de la pulpa deshidratada de limón deberá utilizarse a mayores niveles para detectar posibles efectos negativos.
- 5.- Se requiere probar el uso de métodos alternativos al método in vivo para estimar la digestibilidad de las fracciones de fibra.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- ABATE, A., KAYONGO-MALE, H., ABATE, A.N. and WACHIRA, J. - D.: Chemical composition, digestibility and intake of - - - kenyan feedstuffs by ruminants. Nutr. Abst. and Rev., 54: - 1 - 13 (1984)
- 2.- AGUILAR, H.A., CHEL, G.L. y CASTELLANOS, R.A.: Estudio com parativo de técnicas para determinar la digestibilidad del alimento en ruminantes y monogástricos. Tec. Pec. Mex., 43: 27 - 32 (1982)
- 3.- BAIRD, M.B., ALLISON, J.R. and HEATON, E.K.: The energy -- value for and influence of citrus pulp in finishing diets for swine., J. Anim. Sci., 38: 545 - 553 (1974)
- 4.- BHATTACHARYA, A.N. and HARB, M.: Dried citrus pulp as a -- grain replacement for Awasi lambs. J. Anim. Sci., 36: - - 1175 - 1179 (1973)
- 5.- BLOCK, E., KELMER, H.L. and MULLER, D.L.: Acid insoluble - ash as a marker of digestibility for sheep fed corn plants or hay and for lactating dairy cattle fed hay ad libitum. J. Anim. Sci., 52: 1164 - 1169 (1981)
- 6.- CARNEVALI, A.A., CHICCO, F.C. y VERDE, G.: Utilización de altos niveles de pulpa de cítricos y de urea en raciones - de engorda para bovinos. Agron. Tropic., 22: 261 - 268 --- (1982)
- 7.- CARRERA, M.C., DONNADIEU, F.E., ENCINAS, R.O., GUTIERREZ, G.G., PEREZ, S.A. y RECIO, F.: Comparación de pulpa de na ranja deshidratada y grano de sorgo molido en la produc--- ción lechera. I. T. E. S. M., 3: 23 (1967)

- 8.- CLAVERAN, A.R.: Importancia y objetivos del II Simposium sobre la agroindustria del limón mexicano. Memoria II - - Simposium sobre la Agroindustria del limón Mexicano: INIA; SARH.: Colima, México: 7 - 9 (1984)
- 9.- COCHRAN, W.G. y COX, G.M.: Diseños experimentales. Ed. - - Trillas, México, (1965)
- 10.-CORBETT, J.L., GREENHALGH, J.F.D., McDONALD, I. and - - - FLORENCE, E.: Excretion of chromium sesquioxide administered as a component of paper to sheep. Brit. J. Nutr. 14: 289 (1960)
- 11.-CHURCH, D.C.: Digestive Physiology and Nutrition of - - - Ruminants, 2nd ed. O & B Books, Inc., Corvallis, OR. (1975)
- 12.-DOW, K.: Citrus production in Latin America. Present - - - status and tentative projections. Proc. Int. Soc. Citriculture, 2: 336 - 340 (1977). En Medina U.V.M.: Perspectivas para incrementar el volumen de limón en invierno. Memoria II Simposium sobre la Agroindustria del limón Mexicano, - - INIA; SARH.: Colima, México: 294 - 361 (1984)
- 13.-VENTRES, N.F. and KIRK, W.G.: Comparative feeding value -- dried citrus pulp, corn feed meal and ground snapped corn for fattening steers in drylot. Fla. Agr. Exp. Sta. Bul. - 616 (1959).
- 14.-GOHL, B.I.: Los subproductos de los cítricos para la alimentación del ganado. Rev. Mund. Zoot. 5: 24 - 27 (1973).
- 15.-MENGES, J.F., MOORE, J.E., PALMER, A.E. and CARPENTER, J. C.: Replacement value of dried citrus meal for corn meal - in beef cattle diets. Fla. Agr. Exp. Sta. Bul. 616 (1959)

- 16.-KANE, E.A., JACOBSON, W.G. and MOORE, L.A.: A study of the use of chromium oxide and lignin as indicators of digestibility. J. Dairy Sci. 33: 385 (1950)
- 17.-KOTB, A.R. and LUCKEY, T.D.: Markers in nutrition. Nutr. Abstr. Rev., 42: 813 - 845 (1972)
- 18.-LASSITER, J.W., VERNON, A. and McGAUGHEY, C.H.: Chromic oxide as an index of digestibility of all-concentrate rations for sheep. J. Anim. Sci.: 25: 44 - 47 (1966)
- 19.-MARQUEZ, P.; LIZARRAGA, G., AGUAYO, A. y GARZA, R.: Evaluación del rendimiento del zacate Ferrer en diferentes estados de madurez en Carbo, Sonora Tec. Pec. Mex. 32: 9 - 14 (1977).
- 20.-MARTINEZ, P.J. and FERNANDEZ, C.J.: Citrus pulp in diets for fattening lambs. Anim. Feed. Sci. and Tech. 5: 11 - 22 (1980)
- 21.-MARTINEZ, P.J. and FERNANDEZ, C.J.: Citrus pulp in diets for fattening rabbits. Anim. Feed. Sci. and Tech. 5: 23 - 31 (1980).
- 22.-MAYNARD, A.B., LOOSLI, H.L., HINTZ, F.H. y WARNER, G.R.: Nutrición Animal, 2 ed. McGraw Hill, México (1981).
- 23.-McCARTHY, J.F., AHERNE, F.X. and OKAI, D.B.: Use of HCl in soluble ash as an index material for determining apparent digestibility with pigs. Can. J. Anim. Sci. 54: 107 - 109 (1974).
- 24.-McCARTHY, J.F., BOWLAND, J.P. and AHERNE, F.X.: Influence of method upon the determination apparent digestibility in the pig: Can. J. Anim. Sci. 57: 131 - 135 (1977).
- 25.-McGUIRE, R.L., BRADLEY, N.W. and LITTE, C.O.: Effects of

- . frequency of feeding on excretion of chromic oxide, crude protein and gross energy on nutrient digestibility by -- steers. J. Anim. Sci. 25:185 - 191 (1966).
- 26.--MICHELENA, J., LY, J. y PEREIRO, M.: Evaluación de la pulpa de cítrico deshidratada como sustituto del grano de -- sorgo como fuente de energía para los ruminantes. Rev. Cub Cien. Agr., 17: 24 - 33 (1983).
- 27.--MINSON, D.J.: Efect of chemical composition on feed -- digestibility and metabolizable energy. Nutr. Abst. and Rev. 52: 592 - 615 (1982).
- 28.--MINSON, D.J. and McLEOD, N.M.: The in vitro technique its modification for estimating digestibility of large num-- bers of tropical pastures sample. Division of tropical -- pastures, Technical paper No. 8 Commonwealth Scientific -- and Industrial Research Organization, Australia: 3 - 15 - (1972).
- 29.--MISSIAEN, E.: Citrus in Mexico. United States Departament of Agriculture, Foring Agricultural Service (1981). En -- MEDINA, U.V.M.: Perspectivas para incrementar el volumen de cosecha de limón en invierno. Memoria II Simposium sobre la Agroindustria del limón mexicano. INIA: SARH: Coli ma, México: 249 - 261 (1981).
- 30.--ONCHI, N.V.F.: La industrialización del limón mexicano -- (Citrus aurantifolia, Swingle). Memoria II Simposium sobre la Agroindustria del limón mexicano. INIA: SARH. : Colima México. 111 - 118 (1984).

- 31.-OROZCO, C.I. y OROZCO, P.A.: Utilización de la cáscara del limón (Citrus aurantifolia, Swingle) ensilada como fuente energética para torques en engorda intensiva. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, México(1985)
- 32.-RAMIREZ, D.J.M.: Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de los cítricos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SARH. México, D.F. (1982).
- 33.-RAMIREZ, R.: Engorda de novillos en corral a base de pulpa de cítricos con dos métodos de suplementación fosfórica. Tesis de licenciatura. ITESM. Monterrey, N.L. (1979)
- 34.-RODRIGUEZ, V.: El uso de la pulpa de cítricos deshidratada para la producción lechera. Rev. Cub. Cienc. Agric., 5: -- 263 - 269 (1971).
- 35.-RODRIGUEZ, V.: Use of citrus to replace cereal grain in molasses-based diet for dairy cows in semi-confinement with restricted grazing. Rev. Cub. Cienc. Agric. 6: 15 - 18 (1972).
- 36.-RODRIGUEZ, G.F.: Determinación de la digestibilidad in vivo y balance de nutrientes. En manual de Técnicas de Investigación de Nutrición de Rumiantes. INIP: SARH: Cap.III (1980)
- 37.-SAGARDIA, R.J.M.: El uso de CIA como indicador de la digestibilidad de los alimentos. Tesis de licenciatura. Fac. de Med. y Zoot. UNAM. México, D.F. (1980)
- 38.-SANTOS, A. y AGUILERA, E.: Niveles de sustitución de harina de maíz por pulpa de cítricos deshidratada en concentrados para terneros. Efecto en el comportamiento y salud de los terneros. Rev. Cub. Cienc. Agric., 15: 141-147 (1981).

- 39.-SCALES, G.N., STREETER, C.L., DENHAM, H.A. and WARD, G.M.:
A comparison of indirect methods of predicting in vivo - -
digestibility of grazed forage. J. Anim. Sci.: 38: 192-199
(1974)
- 40.-SCHAIBLY, G.E. and WING, J.M.: Effect of roughage concen-
trate ratio on digestibility and rumen fermentation of - -
corn silage citrus pulp rations. J. Anim. Sci., 38:192-199
(1974)
- 41.-SHIMADA, S.A.: Fundamentos de nutrición animal comparati-
va. Asociación Americana de Soya. México, D.F., (1983)
- 42.-SHIMADA, S.A., WILSON, L.L. y HARPSTER, H.W.: Digestibili-
dad de ensilajes de cañuela de maíz para borregos. Rev. --
Cub. Cienc. Agric. 31: 68 (1984).
- 43.-SHNEIDER, B.H. & FLALT, W.P. : The evaluation of feed ----
through digestibility experiments. The University of - - -
Georgia Press Athens U.S.A. (1975).
- 44.-SHRIVASTAVA, U.S. and TALAPATRA, S.K.: Ind. J. Dairy Sci.
15: 154 (1962). Citado por THONNEY, M.L.: Acid Insoluble
ash as a digestion marker in proceedings Cornell Nutrition
Conference for feed manufactures. 345 (1981).
- 45.- TEJADA, H.I., BERRUECOS, V.J.M. y MERINO, Z.H.: Análisis
bromatológicos de alimentos empleados como ingredientes en
nutrición animal. Tec. Pec. Mex. 38 (1980)
- 46.-TEJADA, H.I.: Manual de Laboratorio para análisis de Ingre-
dientes Utilizados en la alimentación animal. Patronato de
Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en --
México. México, D.F. (1983).

- 47.-THONNEY, M.L.: Acid insoluble ash as a digestion marker In Proceedings. Cornell Nutrition Conference for feed manufacturers. 345 (1981).
- 48.- THONNEY, M.L., DUHAME, D.J., MOE, P.W. and REID, J.L. : Acid insoluble and permanganate lignin as indicators to -- determine digestibility of cattle rations: J. Anim. Sci. - 49 (1979).
- 49.-UTLEY, P.R., BOLING, J.A., BRADLEY, N.W. and TUCKER, E.R.: Recovery of radioactive chromic oxide from the bovine - -- gastrointestinal tract. J. Nutr. 100: 1227 - 1232 (1970).
- 50.-VAN KEULEN, J. and YOUNG, B.A.: Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminants, digestibility - - - studies. J. Anim. Sci., 44: 282 - 287 (1971)
- 51.-VAN SOEST, P.J.: Development of a comprehensive system of -- feed analysis and its application to forages.: J. Anim.Sci. 26: 119 - 128 (1967').
- 52.-VAN SOEST, P.J.: Nutritional Ecology of the ruminant . -- O & B. Books. Inc. Oregon, U.S.A. (1982).
- 53.-VERDUZCO, L., LIMON, E., CAJAL, G., CARRANZA, J. y LLAMAS Q.: Estandarización de la determinación de la digestibilidad in vitro con determinaciones in vivo. Memoria de la -- Reunión de Investigación Pecuaria en México. SARH-UNAM. -- México, D.F. (1984)
- 54.-VIJICHULATA, P., HENRY, P.R., AMERMAN, C.B., POTTER, S.C. PALMER, A.Z. and BECKER, H.N.: Effect of dried citrus - - pulp and cage layer manure in combination with monensin - performance and tissue mineral composition in finishing - steers. J.Anim.Sci., 50: 1022-1030 (1980).

- 55.-VILLATORIO, E., VINAY, J.C., LOPEZ, J. y BARRADAS, B.H.: -
Niveles de harina de yca en la dieta de borrego pelibugy.
Digestibilidad y comportamiento animal. Memoria de la Reu-
nión de Investigación Pecuaria en Mexico. SARH-UNAM. Méxi-
co, D.F. (1984).
- 56.-WING, J.M.: Effect of physical form and amount of citrus
pulp on utilization of complets feed for dairy cattle: - -
J.Dairy Sci., 58: 63-66 (1975).