

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y  
AGROPECUARIAS  
POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS



**“DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DE LA  
REZAGA DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) EN DIETAS  
PARA BOVINOS EN ENGORDA INTENSIVA”**

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS  
P R E S E N T A:

M.C. LEOPOLDO RAÚL FLORES AGUIRRE

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTOR DE TESIS  
DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ

ASESORES:  
DRA. ESTHER ALBARRÁN RODRÍGUEZ  
DR. JOSÉ MANUEL PALMA GARCÍA  
DR. JOSÉ MEJÍA HARO  
DRA. LEONOR SANGINES GARCÍA

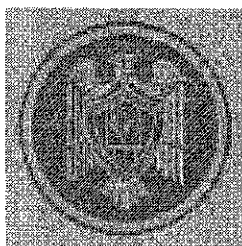
# **POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD DE COLIMA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y  
AGROPECUARIAS**

**UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



## DEDICATORIAS

A mi esposa Patricia y a mis hijas Andrea y Gabriela, quienes por este esfuerzo ellas han carecido de mi presencia por un largo tiempo que como esposo y padre debí haberles dado, sin embargo ellas sin merecerlo se han sacrificado y han puesto su amor, empeño, apoyo y comprensión para ver realizado mis aspiraciones.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Guadalajara por darme la oportunidad de cursar en su programa doctoral en ciencias pecuarias, otorgado por el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara por colaborar con su programa doctoral en mi proceso de formación.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa por haber permitido mi formación en aras de elevar el nivel académico de nuestra Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y en si de ella misma.

Al Dr. Rubén Barajas Cruz no solo le agradezco, sino que también le guardo un enorme respeto, porque con su gran calidad humana y profesionalismo, integro en mi con basta experiencia académica sus amplios conocimientos tanto en la actividad científica como en la actividad pecuaria.

A la Dra. Esther Albarrán Rodríguez que mas allá de otorgarme sus acertadas sugerencias para el desarrollo de esta tesis, me otorgo desinteresadamente su valiosa amistad, por ello mi mas sincero agradecimiento.

Al Dr. José Manuel Palma García por buscar que siempre me sintiera con la suficiente confianza en cada una de mis presentaciones, pero además de esto, por su valiosa contribución con su excelente opinión científica y académica, durante la elaboración de esta tesis.

Al Dr. José Mejía Haro mi mas sincero agradecimiento porque siempre estuvo velando para que sus atinadas y apreciables correcciones permitieran que esta tesis manifestara su personalidad científica de calidad excelente y con ellas la realización de este trabajo.

A la Dra. Leonor Sangines García por haberme transmitido su gran conocimiento científico en la nutrición animal, en aras de que esta tesis se elaborara con suficiente calidad, pero mas que esto GRACIAS por haberme ofrecido su lado humano.

Al MC Juan José Lomelí Gómez por su gran compañerismo y valiosa ayuda para que esta tesis se llevara a cabo.

Al MVZ Isabel Quintero Osuna y MC Jaime Eleazar Borbolla Ibarra por su amistad desinteresada y su gran ayuda moral.

A la empresa ganadera "Los Migueles" por haberme permitido desarrollar parte del trabajo de tesis.

Al SUNTUAS-ACADÉMICOS muchas gracias.



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS

COORDINACIÓN DE POSGRADO



COORDINACIÓN DEL POSGRADO  
DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS  
PRESENTE.

Por este conducto nos permitimos enviar la VERSION FINAL DE LA TESIS que desarrolló el pasante del Doctorado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias, **M en C Leopoldo Raúl Flores Aguirre**, cuyo título es:

**DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DE LA REZAGA DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) EN DIETAS PARA BOVINOS EN ENGORDA INTENSIVA**

Trabajo dirigido por: Dr. Rubén Barajas Cruz

Los que suscriben la presente avalan esta versión, la cual fue revisada y reúne los requisitos teóricos y metodológicos necesarios. Se otorga el visto bueno para que se efectúe la impresión de la tesis y se continúe con los trámites correspondientes para presentar el examen de grado.

ATENTAMENTE

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal. 30 Mayo del 2007

REVISOR

Dra. Leonor Sangines García

REVISOR

Dra. Esther Albarrán Rodríguez

REVISOR

Dr. José Mejía Haro

REVISOR

Dr. José Manuel Palma García

REVISOR

Dr. Rubén Barajas Cruz

c.c.p. Archivo

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Generalidades.	2
2.2. Ventajas del cultivo de garbanzo.	3
2.3. Estructura del grano de garbanzo.	3
2.4. Composición química del garbanzo.	5
2.5. Producción de garbanzo: Mundial, en México y en el Estado de Sinaloa.	8
2.6. El garbanzo en la alimentación humana.	9
2.7. El garbanzo en la alimentación de cerdos y aves.	10
2.8. El garbanzo en la alimentación de rumiantes.	12
2.9. La rezaga de garbanzo en la alimentación animal.	15
3. HIPÓTESIS	17
4. OBJETIVO GENERAL	18
5. OBJETIVOS PARTICULARES	19
6. MATERIALES Y MÉTODOS	20
6.1. Experimento 1. Degradación Ruminal de la Materia Seca y Proteína Cruda.	20
6.2. Experimento 2. Respuesta Productiva en Corral de Engorda.	23
6.3. Experimento 3. Digestibilidad Aparente.	26
7. RESULTADOS	29
7.1. Experimento 1. Degradación Ruminal de la Materia Seca y Proteína Cruda.	31
7.2. Experimento 2. Respuesta Productiva en Corral de Engorda.	35
7.3. Experimento 3. Digestibilidad Aparente.	36
8. DISCUSIÓN	37
8.1. Experimento 1. Degradación Ruminal de la Materia Seca y Proteína Cruda.	37
8.2. Experimento 2. Respuesta Productiva en Corral de Engorda.	40
8.3. Experimento 3. Digestibilidad Aparente.	42
9. CONCLUSIONES	44
10. LITERATURA CITADA	45
11. ANEXO 1	56
11.1. Análisis económico.	56

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1.	Composición química del garbanzo.	6
2.	Contenido de aminoácidos del garbanzo, g/16 g de N.	6
3.	Características y calidad de la rezaga de garbanzo.	7
4.	Contenido químico proximal en base seca de la rezaga de garbanzo.	8
5.	Composición de la dieta utilizada en la prueba de degradación ruminal.	21
6.	Composición de las dietas utilizadas en la prueba de respuesta productiva en corral de engorda y digestibilidad aparente (% en base seca).	24
7.	Características y calidad de la rezaga de garbanzo.	29
8.	Contenido químico proximal en base seca de la rezaga de garbanzo.	29
9.	Degradación de la materia seca de rezaga de garbanzo, pasta de soya, en rumen de bovino medido con la técnica de la bolsa de nylon,	30
10.	Indicadores de la cinética de la degradación ruminal de MS de rezaga de garbanzo y pasta de soya a un tiempo de 24 h en bovinos de engorda alimentados con dietas integrales.	31
11.	Efecto del tiempo de incubación en la degradación ruminal de la proteína cruda de rezaga de garbanzo y pasta de soya.	32
12.	Indicadores de la cinética ruminal de la degradación de la proteína cruda de rezaga de garbanzo y pasta de soya usando la técnica de la bolsa de nylon.	33
13.	Efecto de la sustitución de grano de maíz molido por rezaga de garbanzo en la respuesta productiva de bovinos en finalización.	35
14.	Influencia de la sustitución de maíz molido por rezaga de garbanzo en la digestibilidad aparente de la dieta de bovinos en finalización.	36
15.	Análisis económico de la sustitución de maíz por rezaga de garbanzo, en la alimentación de bovinos de engorda intensiva en corral.	56

## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

CONTENIDO	TÍTULO	PÁGINA
Figura 1.	Estructura externa del grano de garbanzo.	4
Figura 2.	Estructura de la testa y cotiledón del grano de garbanzo.	5
Gráfica 1.	Valores observados y estimados de la degradación de Materia Seca de la rezaga de garbanzo en rumen de bovinos, $P = 51.89 + 45.43 (1 - e^{-0.0917(t)})$ .	31
Gráfica 2.	Valores observados y estimados de la degradación de PC de la rezaga de garbanzo en rumen de bovinos, $P = 46.51 + 52.72 (1 - e^{-0.08(t)})$ , $r = 0.92$ .	34
Gráfica 3.	Valores observados y estimados de la degradación de PC de la pasta de soya en rumen de bovinos, $P = 25.77 + 72.42 (1 - e^{-0.0817(t)})$ , $r=0.94$ .	34



## ABREVIATURAS Y SIGLAS

ADG	Average Daily Gain
ANOVA	Análisis de Varianza
BH	Base Húmeda
BN	Base Natural
BS	Base Seca
CC	Cull Chickpea
cm	Centímetro
CP	Crude Protein
CTR	Control
DM	Dry Matter
DMI	Dry Matter Intake
d	Día
ED	Energy Digestible
ELN	Extracto Libre de Nitrógeno
ENg	Energía Neta de Ganancia
ENm	Energía Neta de mantenimiento
FC	Fibra Cruda
FDA	Fibra detergente Ácido
FDN	Fibra detergente Neutro
g	Gramo
GC	Grasa Cruda
h	Hora
ha	Hectárea
HCl	Ácido Clorhídrico
kg	Kilogramo
m	Métro
Mcal	Megacaloría
mg	Miligramo
min	Minuto
mL	Mililitro
mm	Milímetro
MO	Materia Orgánica
MS	Materia Seca
N	Nitrógeno
NaCl	Cloruro de Sodio
NEg	Net Energy Gain
NEm	Net Energy Maintenance
OM	Organic Matter
PC	Proteína Cruda
PS	Pasta de Soya
RG	Rezaga de Garbanzo
SBM	Soybean Meal
TE	Testigo
ton	Tonelada
U.I.	Unidad Internacional
vs.	Versus

**Determinación del valor nutricional de la rezaga de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en dietas para bovinos en engorda intensiva.**

**Determination of the nutritional value of cull chickpea (*Cicer arietinum* L.) in diets for feedlot cattle.**

## RESUMEN

Flores Aguirre Leopoldo Raúl, Barajas Cruz Rubén, Albarrán Rodríguez Esther, Palma García José Manuel, Mejía Haro José y Sangines García Leonor

Para determinar el valor nutricional de la rezaga de garbanzo en dietas para bovinos en engorda intensiva, se llevaron a cabo tres experimentos. Exp. 1. Degradación ruminal. Se utilizaron cuatro vaquillas dotadas de cánula ruminal. Bolsas de dacrón con 5 g de rezaga de garbanzo (RG) o pasta de soya (PS) fueron incubados en rumen por 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 y 24 h. La MS y PC de RG fueron más solubles ( $P < 0.05$ ) que las de PS. A las 21 h la degradación de PC de RG fue mayor ( $P < 0.01$ ) que la de PS en tanto que a las 24 h fueron similares ( $P > 0.10$ ). La tasa de degradación de MS (0.091 vs. 0.094) y PC (0.08 vs. 0.082), así como la PC efectivamente degradada en rumen (88.69% vs. 83.95%) fueron similares ( $P > 0.20$ ) en ambos ingredientes. Experimento 2.- Respuesta productiva. En un diseño de bloques completo al azar, 56 toretes ( $409.27 \pm 8.9$  kg), fueron asignados a consumir una dieta (13% de forraje) basada en maíz-pasta de soya con 13.4% de PC (TE) o una dieta similar a la anterior conteniendo 20% de RG sustituyendo igual cantidad de maíz (RG). La RG no modificó ( $P > 0.10$ ) el consumo de MS, GDP, ni conversión alimenticia (6.866 vs. 7.721). La ENm y ENg retenidas fueron similares ( $P = 0.61$ ) en ambas dietas. Experimento 3. Digestibilidad Aparente. En los animales del experimento 2, después de 21 días de adaptación, muestras de alimento y heces fueron colectadas durante cuatro días continuos y utilizando cenizas insolubles en ácido como indicador se determinó la digestibilidad aparente. RG tendió ( $P = 0.053$ ) a disminuir la digestibilidad de la MS sin afectar ( $P = 0.21$ ) la de MO. Se concluye que la rezaga de garbanzo es un ingrediente que se degrada rápida y extensamente en rumen y que puede sustituir hasta 20% del maíz en dietas para bovinos en engorda intensiva sin afectar la respuesta productiva.

Palabras Clave: Bovinos en engorda, Digestibilidad, Rezaga de garbanzo, Respuesta productiva, Valor nutricional

**ABSTRACT:**

To determine the nutritional value of cull chickpea in feedlot cattle diets, three experiments were conducted. Experiment 1. Ruminal degradation. Four heifers fitted with ruminal cannula were used. Dacron bags with 5 g of cull chickpea (CC) or soybean meal (SBM) were incubated by 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 and 24 h in rumen. The DM and CP of CC were more soluble ( $P < 0.05$ ) than SBM. At 21 h CC-CP degradation was higher ( $P < 0.01$ ) than SBM-CP, while at 24 h were similar ( $P > 0.10$ ). Degradation rate of DM (0.091 vs. 0.094) and CP (0.08 vs. 0.082), as the CP effectively degraded in rumen (88.69% vs. 83.95%) were similar ( $P > 0.20$ ) in both ingredients. Experiment 2. Feedlot performance. In a complete random block design, 56 bulls ( $409.27 \pm 8.9$  kg), were assigned to consume a corn-soybean meal-based diet (13 forage%) with 13.4% of CP (CTR); or Diet similar to the previous one containing 20% of CC substituting the same quantity of corn. CC not modified DMI ( $P > 0.10$ ), ADG, neither feed conversion (6.866 vs. 7.721). Retained NEm and NEg were similar ( $P = 0.61$ ) in both diets. Experiment 3. Apparent digestibility. In the same animals of the experiment 2, after a 21 days adaptation, food and feces samples were collected during four continues days and using acid insoluble ashes as indicator apparent digestibility was determined. CC tended ( $P = 0.053$ ) to decrease DM digestibility, without affecting ( $P = 0.21$ ) OM digestibility. It is conclude that the CC is an ingredient quickly and widely degraded in rumen and that it can substitute until 20% of the corn in diets for feedlot cattle without affect feedlot performance.

**Key Words:** Beef Cattle, Digestibility, Cull chickpea, feedlot performance, Nutritional value.

## 1. INTRODUCCIÓN.

En México el grano de garbanzo de exportación tradicionalmente se ha cultivado en la región noroeste (Gómez *et al.*, 2002). Sinaloa es el principal productor nacional de garbanzo, durante el periodo comprendido de 1996 a 2005 se destinaron a la siembra de garbanzo blanco un promedio de 126,781 ha, con una producción promedio 190,000 ton/año (SAGARPA, 2006); en esta región se destinan para el consumo animal hasta un 20% del garbanzo producido, que es la magnitud del grano que resulta dañado durante la cosecha, el almacenaje o que no reúne las normas de calidad para su comercialización tanto en el mercado nacional como internacional, por ello es separado y denominado como rezaga de garbanzo (Sotelo *et al.*, 1987; Ulloa *et al.*, 1988). El grano de garbanzo para consumo humano es una fuente de proteína y energía, contiene 21.7% de proteína cruda (Hulse, 1991) y el almidón integra hasta el 83.9% de sus carbohidratos (Rincon *et al.*, 1998). La rezaga de garbanzo destinada a la alimentación animal a pesar de estar integrada por cerca de 61% de grano dañado, su contenido de proteína cruda próximo a 20% y su ED se calcula en 3.82 Mcal/kg (Obregón, 2003), por lo que la rezaga de garbanzo es un ingrediente atractivo para ser utilizado en las dietas para rumiantes. En experimentos con ovinos, la inclusión de hasta 40% de rezaga de garbanzo en sustitución directa de ingredientes convencionales (Quevedo *et al.*, 2001; Obregón y Barajas, 2001), así como a mezclas de ingredientes proteicos y energéticos (Obregón y Barajas, 2002a; Obregón y Barajas, 2002b; Obregón, 2003), ha mantenido sin cambios la digestibilidad de la dieta y la respuesta productiva de los ovinos en engorda. Sin embargo es escasa la información relacionada con la influencia de la alimentación con rezaga de garbanzo en las características de la digestión y respuesta productiva en bovinos; en la literatura se encuentran únicamente experimentos en los que bovinos han sido alimentados con grano de garbanzo (Illg *et al.*, 1987; Hadsell y Sommerfeldt, 1988; Sommerfeldt y Lyon, 1988) en sustitución de una mezcla de maíz y pasta de soya, sin menoscabo de la digestibilidad ni de la respuesta productiva.

Este trabajo se llevó a cabo con el objetivo determinar el efecto de la inclusión de rezaga de garbanzo en la dieta, en la degradación ruminal, digestibilidad aparente en tracto completo y respuesta productiva de bovinos en engorda intensiva.

## 2. Revisión de la Literatura

### 2.1. Generalidades.

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una leguminosa de ciclo anual, arbustiva, erecta y de crecimiento rápido, se adapta adecuadamente al clima tropical (FAO, 2003), su cultivo es considerado de suma importancia en la alimentación humana; su origen se localiza en el suroeste de Turquía, extendiéndose de ahí ampliamente por Europa, África, América (México, Canadá, Argentina y Chile) y Australia (Miller *et al.*, 2002). Esta planta es conocida con los nombres de Bengal gram, Chickpea, Garbanzo, Hommes, Hamaz, Nohond, Lablabi, Ceci, Kichererbse, Revithia, Egyptian pea, Chana gram y Gram pea (Muehlbauer y Abebe, 1997; FAO, 2003).

La planta de garbanzo es de crecimiento anual, con 30 a 50 cm de altura, su crecimiento varía de erecto a rastrero, es velluda y glandulosa, de hojas emparipinadas, sin zarcillos. Los tallos son de 1 a 3 cm de diámetro, con 3 a 10 ramas principales; la raíz es típica y puede desarrollar nódulos bacterianos, las flores se caracterizan por ser blancas, violetas, azul celeste o rosadas, con la corola constituida por cinco pétalos desiguales (Coronel, 1980).

De Miguel (1991) considera que existen tres tipos de garbanzo: Kabuli, que es de tamaño medio a grande de color claro; Desi, de tamaño pequeño y de color amarillo y el Galubi, de tamaño medio a pequeño, liso, de colores claro y oscuro; los dos primeros tipos son los más utilizados en Canadá para el consumo de la población (Miller *et al.*, 2002),

Por su parte, Pond y Maner (1984) consideran dos tipos de Garbanzo: uno con variedades grandes destinadas al consumo humano en el suroeste de los Estados Unidos, México, India, Pakistán y ciertos países europeos y otro tipo, de semilla pequeña conocida como garbanzo forrajero usada en la región central de México principalmente como ingrediente en dietas para cerdos.

En México se cultivan dos variedades según el tamaño y el color: a) el garbanzo café y pequeño, denominado porquero o forrajero destinado en su totalidad a la alimentación animal sobresaliendo las variedades Grande-12, Cal grande y Carreta-145; y b) el garbanzo blanco y grande para consumo humano, destinado en su mayoría a la exportación con las variedades más utilizadas en los últimos años Sonora 80, Santo Domingo 82, Mocorito 88, Hermosillo 93, Pictic 93, Surutato 77, Tubutama 88, Blanco-

Sinaloa 92, Macarena, Culiacancito 860, Angostura y Unión (ASERCA, 2003; SAGARPA, 2003).

## **2.2. Ventajas del cultivo de garbanzo**

La siembra de garbanzo presenta varias ventajas que pueden ser resumidas de la siguiente manera: Primera, el garbanzo es una fuente de proteína para consumo humano; segunda, se utiliza como cultivo en el ciclo otoño-invierno, sin interferir con otros cultivos del ciclo primavera-verano como son el maíz, papa, frijol, etc.; tercera, ofrece además del grano para consumo humano o animal, forraje para la alimentación del ganado; y cuarta, es un cultivo que puede completar su ciclo vegetativo en condiciones de poca humedad en el suelo y es relativamente resistente a plagas, por lo que su costo de producción es bajo comparado con otros cultivos (Robles, 1975).

## **2.3. Estructura del grano de garbanzo**

El fruto se presenta en vainas cuyo contenido es de una a dos semillas, ligeramente aplastadas y lobuladas por un lado, hilio en el ápice, puntiagudo con la calaza en medio, el extremo de la semilla es redondeado; su superficie tegumentaria es ligeramente rugosa; Los colores de la semilla, según la variedad son blancos, mate, crema, café, rojizo y negro; Las semillas o granos se pueden clasificar por su tamaño en grandes, medianos y pequeños, con un peso de 0.5 g o mayor, entre 0.1 y 0.5 g y menos de 0.1 g respectivamente (Coronel, 1980).

Los granos de leguminosas generalmente presentan una morfología común, sus componentes principales son testa y cotiledones; la primera representa de 14.5% a 16.4% del peso del grano seco, mientras que los cotiledones constituyen de 82.9% a 84.0% (Chavan *et al.*, 1989; Kadam *et al.*, 1989).

La estructura externa del grano de garbanzo se muestra en la Figura 1. El hilio asemeja una cicatriz ovalada en la cubierta de la semilla y es el residuo del funículo o pedúnculo que queda cuando se separa el pedúnculo de la vaina, generalmente es pequeño, semiesférico, de color blanquecino y rodeado por un halo o corona; el micrópilo es una pequeña abertura o poro en la testa de la semilla, originalmente era el sitio donde el tubo polínico entraba en la valva; el pico arriba del micrópilo es producido por el extremo de la radícula; el rafé, es un surco a lo largo de la cubierta de la semilla y

señala la región de fusión entre la cubierta de la semilla y el funículo. La chalaza está circundada por una formación axilar ligeramente levantada sobre la superficie, el espermotilo; Generalmente los cotiledones están separados por un surco endentado (Salisbury y Parke, 1968; Cubero, 1987).

Las principales características anatómicas de la testa y cotiledón del garbanzo se muestran en la Figura 2. La testa, capa exterior del grano, está compuesta por tres capas distintivas de células; empalizada, hipodérmica y parénquima; Las células de empalizada, cubiertas por una cutícula delgada, no son iguales en tamaño por lo que la superficie del grano no es uniforme; bajo la empalizada se encuentra la hipodermis, compuesta por células esclereidas de extremos hinchados y con espacios intersticiales; la capa más interna de la testa está compuesta por tres capas compactas de parénquima, de las cuales en la capa interna se encuentran los depósitos vasculares (Cubero, 1987; Kadam *et al.*, 1989). Los cotiledones de la semilla de leguminosas están formados por células parenquimatosas que contienen abundantes gránulos de almidón y cuerpos proteínicos, la composición típica de estos últimos incluye proteínas, ácido fítico y algunos metales como Ca, Mg y K entre otros (Kadam *et al.*, 1989).

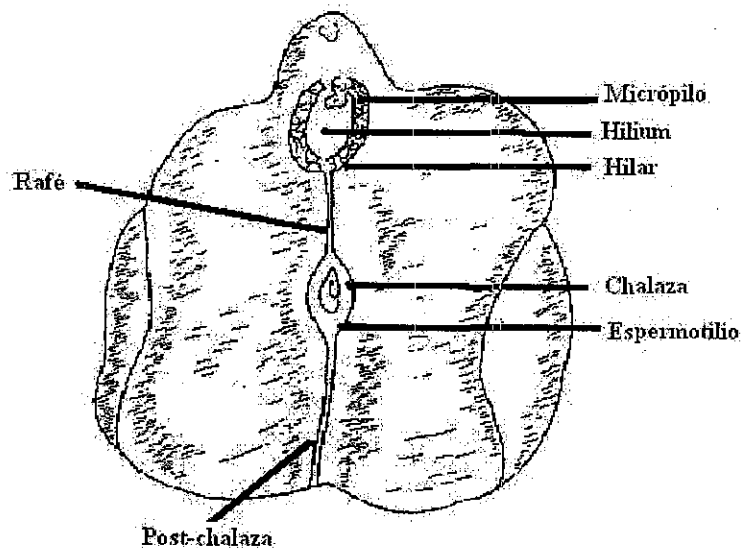


Figura 1. Estructura externa del grano de garbanzo (Cubero, 1987).

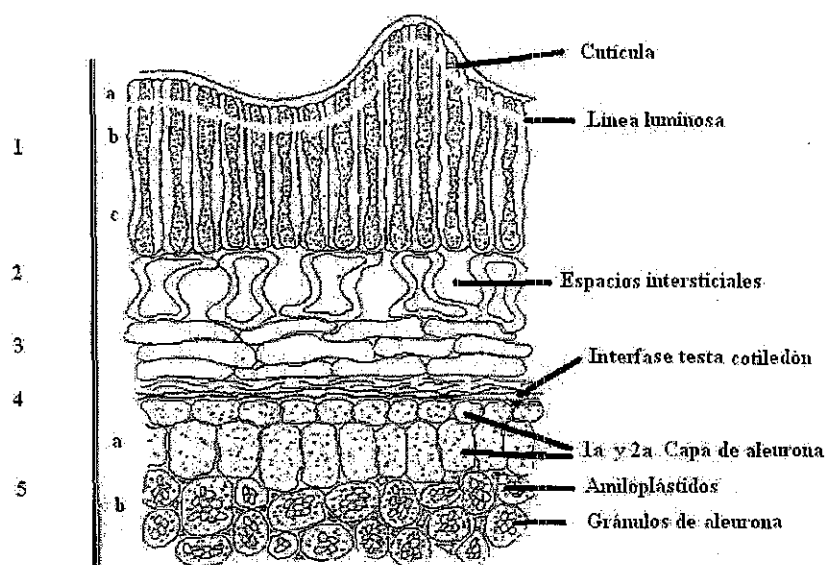


Figura 2. Estructura de la testa y cotiledón del grano de garbanzo. 1. Empalizada (zonas a, b, c.), 2. Hipodermis, 3. Capas de células parenquimatosas, 4. Remanente del parénquima esponjoso, 5. Cotiledón: 5-a Capa de aleurona; y 5-b Células de almacenamiento de almidón (Cubero, 1987).

## 2.4. Composición química del garbanzo.

Como el garbanzo es fundamentalmente utilizado para consumo humano las investigaciones llevadas a cabo para la valoración nutricional y el estudio de la composición química se han realizado principalmente bajo este concepto (Morales, *et al.*, 2000; Nighat *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 2001; Rubio y Seiquer, 2002) o bien en animales de laboratorio para extrapolar a los humanos los resultados obtenidos (Khader y Rao, 1982; Wang y McIntosh, 1996; McIntosh *et al.*, 1998; Rubio *et al.*, 1998).

Fernandes y Bruno (1998), estudiaron la composición química de nueve granos de leguminosas (*Pisum sativum*, *Cicer arietinum*, *Vicia sativa*, *Vicia faba*, *Lathyrus ochrus*, *Lathyrus cicera*, *Lupinus angustifolius* y *Lupinus luteus*) encontrando que los valores del garbanzo fueron: proteína cruda (PC) 21.0 - 24.0%, grasa cruda (GC) 1.5 - 5.0%, fibra detergente neutro (FDN) del 15.0 al 22.0%, fibra detergente ácido (FDA) del 6.0 al 13.0%, almidón del 30.0 al 40.0%. Para su empleo tanto en la alimentación humana como en los animales se han estudiado químicamente muestras de este grano en forma cruda o tratada. De acuerdo con Rincón *et al.* (1998) las variedades de garbanzo de semillas grandes en general contienen altos niveles de carbohidratos (41.1 a 47.4%), del cual, el 83.9% de la fracción total es almidón; y su contenido de PC en este tipo de semilla es del 21.7 al 23.4%. Pond y Maner (1984) coinciden también que



las variedades grandes tienen 20% más PC y GC que las variedades pequeñas; en los cuadros 1 y 2 se presentan de manera más extensa parte de los resultados obtenidos por Pond y Maner (1984).

Cuadro 1. Composición química del garbanzo

Componentes	Tamaño de Grano			
	Grande		Pequeño	
	1	2	3	4
Muestras				
Humedad, %	-	5.5	11.8	12.5
Proteína cruda, % (nitrógeno x 6.25)	26.5	19.4	17.3	17.5
Extracto etéreo, %	6.4	5.1	3.5	5.7
Fibra cruda, %	2.6	9.7	8.4	3.1
Cenizas, %	3.1	2.7	2.8	2.8
Extracto libre de nitrógeno, %	-	57.4	56.2	58.4
Calcio, %	-	0.21	-	0.14
Fósforo, %	-	0.18	-	-
Magnesio, %	-	-	-	0.13
Cobre, mg/kg	-	75	-	9
Hierro, mg/kg	-	-	-	71
Manganeso, mg/kg	--	--	--	24
Zinc, mg/kg	-	-	-	21

Pond y Maner, (1984)

Cuadro 2. Contenido de aminoácidos del garbanzo, g/16 g de N

Aminoácidos	Muestras de variedades grandes	
	1	2
Arginina	8.93	-
Histidina	3.07	-
Isoleucina	3.87	-
Leucina	7.46	-
Lisina	4.03	6.78
Metionina	1.36	-
Cistina	1.04	-
Metionina+cistina	2.4	2.45
Fenilalanina	5.9	-
Treonina	3.12	3.39
Triptófano	0.98	1.34
Valina	4.24	-

Pond y Maner, (1984)

Khan *et al.* (1995) al estudiar el valor nutricional de las variedades grandes y pequeñas como granos comúnmente consumidos en Pakistán, publicaron que 100

semillas de la variedad Kabuli pesan 26.0 g y de la variedad Desi 21.0 g; y su composición química es de 24.5% vs. 25.0% de PC; 5.1% vs. 3.7% de GC; 55.0% vs. 47.0% de carbohidratos; 3.9% vs. 11.2% de fibra cruda; 2.8 vs. 3.2% de cenizas; y 365 vs. 327 Kcal/100 g de valor calórico.

Sotelo *et al.* (1987) al analizar el valor nutricional y la composición química de algunas variedades cultivadas en México como la Surutato, Surutato-77, Sonora, Sonora-80, Porquero, Macarena, Breve duro y garbanzo de rezaga usado frecuentemente en la alimentación animal, observaron que la mayoría de los granos estudiados en forma cruda tuvieron una composición similar en: PC 19.5%, GC 5.0%, Cenizas 3.1% y FC 3.7%, encontrando además que la cocción sólo disminuye el contenido de cenizas y que la variedad Porquero tuvo un alto valor de fibra (9.1%) con relación a las otras variedades de garbanzo; Así mismo Obregón (2003), al estudiar el valor nutricional de la rezaga de garbanzo utilizada en dietas para ovinos en engorda intensiva encontró los valores de la caracterización y composición química que se muestran en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Características y calidad de la rezaga de garbanzo.

Características de la semilla	Valor medio	DE
Densidad, g/litro <sup>a</sup>	692.12	5.80
Peso de 100 semillas, g <sup>a</sup>	47.90	1.21
Tamaño del grano, mm		
Largo <sup>b</sup>	11.51	0.11
Ancho <sup>b</sup>	8.04	0.08
Calidad de la semilla, % en 100 g de muestra		
Impurezas: Trozos de tallo <sup>a</sup>	1.13	0.16
Partes de vaina <sup>a</sup>	0.43	0.03
Tierra <sup>a</sup>	0.67	0.06
Grano inmaduro <sup>a</sup>	10.46	0.67
Grano dañado por insectos <sup>a</sup>	12.14	0.42
Grano quebrado <sup>a</sup>	38.36	0.49
Grano normal <sup>a</sup>	36.85	0.74

a Valores promedio de 3 observaciones.

b Valores promedio de 50 observaciones.

DE = Desviación Estándar.

Obregón, (2003)

Tarek (2002) al evaluar la composición química del garbanzo crudo o procesado mediante diferentes métodos (cocido a 100° C, 121° C, en microondas por 15 minutos y

germinado) encontró que el garbanzo germinado mejoraba en 8% el nivel de PC en relación al garbanzo crudo y a los procesados por otros métodos; la cantidad de nitrógeno no proteico fue superior en más del 50% que el crudo y éste el 30% mayor que el cocido por algún método, el nivel de cenizas fue similar en todos los granos procesados por cualquier método, pero mayor en un 8.5% para el garbanzo crudo y germinado; el nivel de GC en el garbanzo crudo fue 5% superior a los tratados y en cuanto a la cantidad total de carbohidratos fue similar tanto en el garbanzo crudo como en los tratados, con excepción del garbanzo germinado que fue 4.7% inferior.

Cuadro 4. Contenido químico proximal en base seca de la rezaga de garbanzo.

Nutriente (%)	Media <sup>a</sup>	DE
Materia seca	91.18	0.45
Proteína cruda	24.34	0.84
Fibra cruda	3.93	0.19
Extracto etéreo	6.5	0.29
Extracto Libre de Nitrógeno	61.43	0.55
Cenizas	3.76	0.12

<sup>a</sup> Valores promedio de tres observaciones; DE = Desviación Estándar.  
Obregón, (2003)

## 2.5. Producción de Garbanzo: Mundial, en México y en el Estado de Sinaloa.

A nivel mundial el cultivo del garbanzo ocupa un sitio importante en la actividad agrícola orientada a la producción de alimentos para consumo humano, éste grano ocupa el tercer lugar después del frijol y el chícharo como leguminosas de grano seco (Miller *et al.*, 2002), se siembra a nivel mundial más de 10 millones de hectáreas, de las cuales 7 millones están ubicadas en la India, Pakistán y Turquía; en Latinoamérica, México es el principal productor de este grano y en Europa lo son España, Italia y Portugal (FAO, 2003). En México durante el periodo comprendido de 1996 a 2005 se destinaron a la siembra de garbanzo un promedio de 158,777 ha, de las cuales 126,781 ha, se sembraron con garbanzo blanco y arrojaron una producción promedio 190,000 ton/año (SAGARPA, 2006).

En México la región noroeste, es considerada la principal zona productora del cultivo de garbanzo (Morales *et al.*, 2000), en Sinaloa y Sonora las estadísticas agrícolas en relación a este cultivo, muestran que de 1996 al 2005 la superficie que se destinó fue de 99,000 ha en promedio obteniendo de esta superficie una media de 159,000 ton/año,

aportando esta región el 84% de la producción total nacional. El Estado de Sinaloa aporta el 71% (134,000 ton/año) de la producción nacional durante los últimos 10 años (SAGARPA, 2006); la cantidad de garbanzo considerado como rezaga oscila entre un 10% (Gómez *et al.*, 2002; Gómez y Gómez, 2003) y un 20% (Ulloa *et al.*, 1988) de la producción de garbanzo, de acuerdo con la información anterior es fácil ubicar lo relevante del volumen de rezaga de garbanzo disponible en Sinaloa destinado al consumo animal.

## **2.6. El Garbanzo en la alimentación humana.**

El garbanzo al igual que otras leguminosas es utilizado como fuente de proteína para el consumo humano, debido a que su contenido de proteína es considerado de 21.7% a 23.4% en forma entera y de 25.3 a 28.9% decorticada (Hulse, 1991), juega un papel importante en las dietas tradicionales en muchas regiones del mundo como Asia, Europa, África, América Central, USA y Canadá (Messina, 1999; Upadhyaya *et al.*, 2001). El garbanzo es una leguminosa de las más antiguas y ampliamente consumida en el mundo, particularmente en áreas tropicales y subtropicales (Tarek, 2002) de forma muy variada. En general la semilla del garbanzo se come fresca como verdura verde, seca, frita, asada y hervida, además como parte de bocadillos, dulces, dhal (garbanzo partido decorticado, seco y cocido en una sopa espesa), las semillas son molidas y la harina puede usarse para preparar atoles, sopas y para elaborar pan; o bien preparada con pimienta, sal común y limón (Hulse, 1991).

Las semillas germinadas se comen como verdura o se agregan a ensaladas y las plantas tiernas con vainas se consumen como las espinacas, en América Latina y Turquía una pequeña proporción de garbanzo se comercializa enlatada, en Chile, el garbanzo es preparado y mezclado con leche a una proporción de 4:1 para alimentar a los infantes (Duke, 1981). En otros países como Egipto el garbanzo usualmente es consumido como aperitivo popular en forma cruda verde y en etapa tierna el cual se le conoce como Malana o tostado como semilla madura seca, también es consumido entero o decorticado después de cocerlo y procesarlo de diferentes maneras, además de estas formas el garbanzo es usado en algunos platillos como panes, galletas y atole para infantes (Tarek, 2002).

En México se sabe que una forma tradicional en la que se consume el garbanzo es mediante el tueste del grano tierno en vaina agregándole sal común; sin embargo este grano es utilizado en la alimentación humana en diferentes maneras (Tarek, 2002).

## **2.7. El garbanzo en la alimentación de cerdos y aves.**

Entre las leguminosas, el garbanzo se ha estudiado sólo en una magnitud limitada en la nutrición animal, probablemente debido a que el garbanzo ha sido principalmente un alimento importante de la población humana en muchas regiones tropicales y subtropicales; sin embargo, la creciente escasez de proteína para el consumo animal ha ocasionado un aumento en el interés de usar el garbanzo como concentrado proteínico (Rubio *et al.*, 1998).

En Europa los problemas que afronta la ganadería son la escasez de alimentos proteicos de origen vegetal y las fuertes importaciones en pasta de soya, por esta razón la unión europea intenta desarrollar sus propias fuentes de proteína con el cultivo de nuevas leguminosas como el grano de garbanzo debido a su alto nivel de proteína (Salgado *et al.*, 2001). Aunque el garbanzo contiene menos proteína que la soya y otras leguminosas, puede ser utilizado en la alimentación de cerdos y aves (Pond y Maner, 1984; Perez *et al.*, 1999; Farrell *et al.*, 1999). La presencia de factores antinutricionales en las semillas de leguminosas son un problema común, los niveles de actividad del inhibidor de tripsina detectados en el garbanzo varían de 9 a 15 U.I. mientras que los chícharos tienen niveles que van de 5 a 10 U.I. (Shamonthaka, 1987). No obstante, Batterham *et al.* (1993) consideran que los factores antinutricionales contenidos en el garbanzo no representan un problema para los cerdos en crecimiento, puesto que los niveles utilizados en las dietas han sido de hasta 75%, sin llegar a tener una respuesta pobre.

En México las primeras referencias que existen de la utilización de garbanzo en la alimentación de los animales son las de Shimada y Brambila (1967), Zamora *et al.* (1975) y Casarin *et al.* (1976) donde encontraron una elevada calidad nutritiva del garbanzo y que éste mismo puede sustituir total o parcialmente a la pasta de soya y al sorgo, respectivamente, en las dietas para cerdos en iniciación, crecimiento y finalización sin afectar el desempeño productivo y la calidad de la canal.

En los valles de la zona central de México, es común el uso de garbanzo Forrajero o Porquero en la alimentación de cerdos, tanto crudo como calentado (Pond y

Maner, 1984). Shimada y Brambila (1967) al utilizar dietas para cerdos conteniendo el 88.8% de garbanzo cocido en autoclave a 115 ° C durante 30 a 60 min encontraron que el procesamiento no tuvo efecto sobre el desempeño productivo.

Zamora *et al.* (1975) y Casarin *et al.* (1976) encontraron que el garbanzo Porquero puede sustituir en un 100% a la pasta de soya en dietas basadas en pasta de soya y sorgo para cerdos en finalización sin afectar el desempeño y la calidad de la canal. Shimada y Gonzalez (1975) encontraron que agregar el 0.05% de DL-metionina fue adecuado para promover el crecimiento de cerdos alimentados con dietas con 14% de proteína a partir de garbanzo y sorgo. Pennisi *et al.* (1994) estudiaron el uso del garbanzo a niveles de 10 y 20% en sustitución de la pasta de soya, en la alimentación de cerdos de raza Landrace cruzados con Large white desde los 45 a los 100 Kg sobre la ganancia de peso y la calidad de la canal y observaron que no hubo diferencia significativa entre grupos con respecto a la ganancia de peso y que la calidad de la canal fue mejor en los animales que consumieron garbanzo. Singh *et al.* (2000) en una prueba para comparar la respuesta productiva de cerdos en crecimiento alimentados con frijol chino y garbanzo al 30% (en dietas para cerdos de 20 a 50 kg) y 40% (en dietas para cerdos de 50 a 90 kg) no encontraron efectos del nivel de garbanzo en ninguna de las dos etapas.

En otro experimento llevado a cabo por Thacker *et al.* (2002) donde compararon la digestibilidad de los nutrientes del garbanzo Desi y Kabuli como alimento para cerdos, determinaron valores de digestibilidad 72.5% y 83.1%, respectivamente, concluyendo que la variedad Kabuli es una fuente potencial de energía y proteína en las raciones destinadas a esta especie animal. Así mismo, en las aves son otro grupo de animales en los que recientemente se ha utilizado garbanzo en las dietas para pollos de engorda y gallinas de postura, con el afán de minimizar el empleo de pasta de soya como fuente de proteína (Robinson y Singh, 2001). Es por ello que algunos investigadores se han dedicado a estudiar el valor nutricional y el nivel óptimo de utilización de garbanzo en las dietas para esta especie. Viveros *et al.* (2001) al trabajar con las variedades Kabuli y Desi en forma cruda y cocida para pollos en crecimiento, concluyeron que su inclusión a razón de 450 g/kg y 150 g/kg de alimento de Kabuli y Desi respectivamente, producía un efecto negativo sobre el desempeño productivo de las aves.

Wirawan (1997) al evaluar el garbanzo Desi y Kaniva como nuevas fuentes de proteína vegetal para pollos en crecimiento, encontró que estas variedades representan una valiosa fuente de energía y proteína, llegando a sustituir el uso de pasta de soya en

las dietas para estas aves en crecimiento. Por otra parte tanto Perez (1997) como Farrel *et al.* (1999) al evaluar los niveles óptimos de inclusión de garbanzo en dietas para iniciación y finalización de pollos, concluyeron que la utilización óptima del garbanzo es de 100 g/kg de alimento; mientras que Perez *et al.* (1999) encontraron que con 250 g/kg de alimento las aves de postura pueden soportar un buen desempeño en la producción de huevo.

## **2.8. El garbanzo en la alimentación de rumiantes.**

Las referencias experimentales para valorar química y nutricionalmente el empleo de garbanzo en la alimentación de los rumiantes son escasas (Obregón, 1999), no aparece como ingrediente para la alimentación animal en publicaciones ampliamente difundidas, ni el contenido nutricional de ingredientes destinados a la alimentación de bovinos tanto de carne (NRC, 1996), como de leche (NRC, 1988).

Illg *et al.* (1987) emplearon un concentrado a razón del 40% de la dieta total, compuesto por maíz y pasta de soya sustituido por garbanzo en niveles de 0, 25, 50 y 75%; al ofrecerlo a vaquillas Holstein, encontraron que la ganancia de peso fue superior con los niveles de 25 y 50%, además que la solubilidad del nitrógeno y la degradabilidad de la proteína aumentaron conforme se incrementó el nivel de inclusión del garbanzo.

Hadsell y Sommerfeldt (1988), en un experimento con vacas Holstein en producción láctea (4 a 16 semanas posparto) alimentadas con heno de alfalfa y ensilaje de maíz más un concentrado (52% de la dieta) que contenía grano de maíz y pasta de soya mismas que fueron reemplazados en el concentrado por niveles de 0, 50 y 100% de garbanzo, encontraron que el rendimiento lácteo y la concentración de ácidos grasos de cadena larga en la leche se incrementaron con el nivel de 100% de sustitución en el concentrado, pero no así su contenido de proteína. Sommerfeldt y Lyon (1988), al estudiar la digestibilidad y las características ruminales de las dietas para novillos Holstein compuestas por heno de alfalfa, ensilaje de maíz y un 51% de concentrado constituido por pasta de soya y grano de maíz, en donde fue sustituido por 0, 50 y 100% de garbanzo, no observaron diferencia en el consumo de materia seca (MS), digestibilidad de MS, FDN, FDA y energía bruta; sin embargo, observaron que los valores de la digestibilidad del nitrógeno fueron superiores para los novillos que consumieron el concentrado con 100 % de garbanzo.

Fernandes y Bruno (1998) en un experimento llevado a acabo para correlacionar la producción de gas en el rumen de borregos con el contenido de nutrientes de nueve leguminosas entre ellas el garbanzo, establecieron un efecto negativo con el contenido de PC, FDN y FDA ( $r = -0.74$ ,  $-0.93$  y  $-0.78$ , respectivamente), pero positivamente con el contenido de almidón ( $r = 0.70$ ), sin embargo a pesar de encontrar una correlación positiva con la digestibilidad de la materia orgánica (MO) ellos concluyen que la producción de gas no es un buen criterio para evaluar la digestibilidad de la MO de las leguminosas evaluadas.

Obregón y Barajas (1998), llevaron a cabo un estudio para medir el efecto de la sustitución de grano de sorgo por garbanzo en 10, 20 y 30% de la dieta sobre las características de digestión aparente en borregos alimentados con dietas de finalización y establecieron que la digestión en tracto total de materia seca (MS), MO y PC se incrementó en la dieta que contenía 30% de garbanzo. Barajas *et al.* (1999) en un estudio realizado con borregos para determinar el efecto de la sustitución de pasta de soya en la dieta por un 30% de garbanzo en la digestibilidad aparente de dietas conteniendo 20% de forraje y 80% de concentrado, encontraron que la inclusión del 30% de garbanzo en la dieta incrementa la digestión de materia seca y materia orgánica en tracto total, pero se reduce la digestión de proteína cruda en tracto total. Obregón *et al.* (2000) al determinar el efecto de la sustitución de pasta de canola incluida en un 30% por garbanzo en la dieta para borregos en finalización sobre su digestibilidad, concluyeron que el garbanzo incrementa el 6.4% y 6.6% la digestión de MS, MO en tracto total, respectivamente y el 2.2% la digestibilidad aparente de PC. Barajas *et al.* (2000) condujeron un experimento para determinar el efecto de la sustitución del 30% de pasta de cártamo por garbanzo sobre la digestibilidad de MO y el valor de energía digestible (ED) en dietas para ovinos en finalización y encontraron que la digestión en tracto total de MS y MO se incrementó en 23.6 y 24.1%, respectivamente y la digestibilidad de PC no fue afectada por el garbanzo, concluyendo que el garbanzo es mejor suplemento de PC que la pasta de cártamo en dietas para finalización.

Mustafa *et al.* (2000) al determinar el valor nutricional de dos variedades de garbanzo calentado a 127 ° C por 10 minutos en una prueba de degradación ruminal utilizando 2 vacas canuladas, encontraron que la degradabilidad ruminal de la proteína fue de 39% y 33% para la variedad Kabuli y Desi, respectivamente. Hadjipanayiotou y Economides (2001) al estudiar química y nutricionalmente semillas de leguminosas utilizadas como suplementos proteicos para rumiantes, determinaron que el contenido



de proteína cruda del garbanzo, el frijol, y el chícharo estuvo en el rango de 24 a 27% con un valor de proteína verdadera del 83 al 94% siendo el garbanzo el de menor porcentaje y el chícharo el de mayor porcentaje, la cantidad de GC fue mayor en el garbanzo (5.3%) que las otras leguminosas, encontrando también que la degradabilidad de la proteína cruda del garbanzo fue mayor que la pasta de soya pero igual que las otras leguminosas evaluadas en el rumen de cabras de Damasco.

Hadjipanayiotou (2002) llevó a cabo dos experimentos: una prueba de digestibilidad *in situ* y la otra de comportamiento donde utilizó garbanzo a niveles de 0%, 13.6% y 32.9% en sustitución de una mezcla de grano de cebada y pasta de soya en la dieta de ovinos en crecimiento para medir la degradación ruminal, ganancia de peso y eficiencia alimenticia, encontrando que las dietas que contenían garbanzo tuvieron una mayor degradación de MS, MO y PC que las dietas que incluían pasta de soya y maíz; la mayor ganancia de peso la observaron con el nivel de 32.9% de garbanzo en la dieta. Por su parte Lanza *et al.* (2003) buscaron el efecto de la sustitución parcial y total de maíz y pasta de soya por garbanzo en niveles de 0%, 20% y 40% sobre la calidad de la carne y el rendimiento de la canal en ovinos, encontrando que los animales que recibieron 0% y 20% la ganancia de peso no fue afectada (276 g/d y 285 g/d, respectivamente) por el nivel de garbanzo, sin embargo cuando recibieron 40% al sustituir totalmente a la pasta de soya y al maíz se redujo (225 g/d), mientras que en el consumo, la conversión alimenticia y el rendimiento en canal no se produjo ningún efecto por la inclusión de garbanzo. Anderson y Shoomaker (2006) en una prueba de comportamiento compararon el grano de garbanzo en un 16% en la dieta contra un testigo que no contenía garbanzo, una dieta con el mismo nivel pero de grano de chícharo y otra con igual cantidad pero con grano de lenteja, sobre el desempeño de toretes recién llegados al corral de engorda intensiva, y encontraron que durante los primeros 20 días la inclusión de leguminosas mejoró la ganancia de peso; sin embargo en el segundo periodo (días 20 a 40) no existió efecto alguno. Gilbery *et al.* (2006) en una prueba compararon cuatro dietas que contenían el 41% de una mezcla de grano de maíz y pasta canola, maíz y granos de chícharo, lenteja o garbanzo en dietas de reciba para el ganado de engorda en corral, determinaron que el consumo de MS, MO, PC, la degradación ruminal y la digestibilidad aparente de MO y PC no fueron afectados por los granos de leguminosas.

## 2.9. La rezaga de garbanzo en la alimentación animal.

En cerdos en crecimiento, Obregón *et al.* (2002) midieron el efecto de la inclusión de 20% rezaga de garbanzo variedad Blanco Sinaloa en sustitución del 14% de maíz y 6% de pasta de soya, respectivamente, sobre el desempeño y las características de la canal, concluyendo que la rezaga de garbanzo de la variedad Blanco Sinaloa puede sustituir a los alimentos convencionales como la pasta de soya y maíz sin afectar el desempeño y la calidad de la canal de los cerdos.

En ovinos, Obregón y Barajas (2001) utilizando la técnica de la Bolsa de nylon, alimentaron tres borregos con dietas integrales en donde la rezaga de garbanzo constituía el 30%, con los resultados de la prueba concluyeron que la proteína cruda de la rezaga de garbanzo es ampliamente degradada en el rumen de borregos y que la proteína no degradable en rumen es cercana al 6.4%. Quevedo *et al.* (2001) realizaron un estudio para comparar el efecto de la variedad de garbanzo utilizando la rezaga de las variedades Blanco Sinaloa y Tubutama, y grano de la variedad Porquero sustituyendo el 30% de sorgo y midiendo la digestibilidad de dietas para borregos, concluyeron que la rezaga de las variedades de garbanzo poseen diferentes valores como fuente de proteína, pero el contenido de energía no fue impactado por la variedad.

Obregón y Barajas (2002<sup>a</sup>), evaluaron el efecto de la sustitución de una mezcla de pasta de soya y sorgo por 40% de rezaga de garbanzo de la variedad Blanco Sinaloa sobre el desempeño del crecimiento y la calidad de la canal de borregos y la conclusión a la que llegaron fue que la rezaga de la variedad Blanco Sinaloa puede incluirse en las dietas para borregos en finalización sustituyendo a los alimentos convencionales como la pasta de soya y el grano de sorgo sin afectar el desempeño productivo y las características de la canal. Obregón y Barajas (2002<sup>b</sup>) determinaron el efecto de la sustitución de una mezcla de pasta de soya y sorgo por el 40% de rezaga de garbanzo de la variedad Blanco Sinaloa sobre la digestibilidad aparente de dietas para ovinos en finalización, concluyendo que la rezaga de garbanzo contiene 3.8 Mcal de ED/kg, además que la digestibilidad verdadera de su proteína es de 84% y puede ser incluida en las dietas para finalización de ovinos en sustitución de alimentos convencionales como la pasta de soya y el sorgo. Obregón *et al.* (2005) condujeron un experimento en ovinos por 56 días para medir el comportamiento productivo con dietas conteniendo 0% y 40% de rezaga de garbanzo y 40% de rezaga de garbanzo más 3.5% de harina de pescado, estableciendo que la ganancia diaria de peso, el consumo de MS y la

conversión alimenticia no fue afectado por los tratamientos, concluyendo con estos niveles que la rezaga de garbanzo por si sola y mezclada con harina de pescado como fuente de proteína no afecta el desempeño productivo de los ovinos.

No obstante, la información sobre las características de la digestión y la respuesta productiva de bovinos en engorda alimentados con rezaga de garbanzo es escasa y pocos han sido los trabajos que se han enfocado a la utilización de rezaga de garbanzo sobre las características de digestión en grandes rumiantes.

### **3. HIPÓTESIS.**

La inclusión de rezaga de garbanzo en la dieta basada en una mezcla de maíz-pasta de soya, no modifica la degradabilidad ruminal, digestibilidad de materia seca y materia orgánica de la dieta ni la respuesta productiva de bovinos en engorda intensiva.

#### **4. OBJETIVO GENERAL.**

Determinar el efecto de la inclusión de rezaga de garbanzo en la dieta en la degradación ruminal, digestibilidad en tracto completo y respuesta productiva de bovinos en engorda intensiva.

## **5. OBJETIVOS PARTICULARES.**

1. Conocer la degradación ruminal de materia seca y proteína cruda de rezaga de garbanzo, utilizando la técnica de la bolsa de nylon, en rumen de bovinos alimentados con dietas con alto contenido de grano.
2. Determinar el efecto de la inclusión de rezaga de garbanzo en la dieta sustituyendo parcialmente a una mezcla de maíz-pasta de soya en el consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de bovinos en engorda intensiva.
3. Medir la influencia de la inclusión de rezaga de garbanzo en la dieta sustituyendo parcialmente a una mezcla de maíz-pasta de soya en la digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica de dietas ofrecidas a bovinos en engorda intensiva.

## 6. MATERIAL Y MÉTODOS.

Los trabajos se llevaron a cabo en la Unidad Experimental para Grandes Rumiantes, el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Producción Animal, en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa y en la "Unidad Experimental para Bovinos de Engorda en Trópico Seco", ubicada en los terrenos de la Ganadera Los Migueles en el km 4 de la carretera federal N° 15, tramo Culiacán – Los Mochis, en Culiacán, Sinaloa. Geográficamente se localizan a 24° 50' de latitud Norte, 107° 26' de longitud Oeste, a una altura de 57.34 msnm, el clima se clasifica como trópico seco con una temperatura media anual de 24.8 °C, máxima de 33.3 °C y mínima de 16.3 °C, máxima extrema de 44.5 °C en verano y mínima extrema de 1.5 °C en invierno; precipitación pluvial media anual de 645.6 mm, con lluvias predominantes en verano y erráticas en invierno, la humedad relativa media anual es de 68% con una máxima de 81% en septiembre y la mínima de 51% en abril (García, 1981; INIFAP, 1997).

La rezaga de garbanzo utilizada para llevar a cabo los experimentos fue comprada a un proveedor local en condiciones similares a la que es obtenida por los ganaderos y se caracterizó midiendo densidad, peso de 100 semillas, largo y ancho del grano, impurezas (trozos de tallo, partes de vaina y tierra), grano inmaduro, grano dañado por insectos, grano quebrado y grano normal, así mismo se determinó el contenido de MS, PC, FC, GC, ELN, cenizas (AOAC, 1995). Con la rezaga de garbanzo descrita, se llevaron a cabo tres experimentos.

### 6.1. Experimento 1. Degradación Ruminal de la Materia Seca y Proteína Cruda.

Se utilizaron cuatro vaquillas Criollas x Simental de  $280 \pm 10$  Kg de peso promedio, dotadas con cánula ruminal permanente (C-4 Diamond®) con 10 cm de diámetro interno, los cuales se adaptaron durante 15 días a consumir una dieta alta en granos incluyendo rezaga de garbanzo (Cuadro 5). Los animales se alojaron en corraletas individuales (3.0 x 6.0 m) dotadas de comedero y bebedero. Al tercer día del inicio de la fase de adaptación los animales se desparasitaron interna y externamente (Closantel®, Laboratorios Cheminova de México, S.A. de C.V. y Clorfenvifos®, Laboratorios Novartis Salud Animal, S.A. de C.V.), además se les aplicó intramuscularmente vitaminas A, D y E en presentación hidromiscible (Vitafluid®;

Laboratorios Virbac). Los animales se alimentaron durante toda la prueba con una dieta 30:70 forraje:concentrado con 13% de PC, conteniendo 20% de rezaga de garbanzo. En el cuadro 5, se muestra la dieta utilizada en la prueba de degradación ruminal.

Muestras de rezaga de garbanzo y pasta de soya (utilizado como ingrediente de referencia), se molieron a un tamaño de partícula de 2 mm (Vanzant *et al.*, 1998) y se procedió a llenar 144 bolsas de dacrón de 10 x 18 cm, previamente identificadas, colocándoles 5 g de muestra base húmeda en cada una de ellas (4.755 g promedio de MS y una proporción de 13.21 mg/cm<sup>2</sup>); llenándose por pares con rezaga de garbanzo o pasta de soya, se formaron aleatoriamente 36 grupos de cuatro bolsas (dos con rezaga de garbanzo y dos con pasta de soya) atadas con un cordel de nylon, dejando un espacio de 10 cm entre bolsas, llevando una bolsa con un lastre de 200 g al extremo inferior y en el superior se dejaron 70 cm para atarse a la tapa de la cánula.

Cuadro 5. Composición de la dieta utilizada en la prueba de degradación ruminal.

Ingrediente	% inclusión base seca
Rezaga de garbanzo	20.00
Pasta de soya	3.52
Maíz, grano	33.48
Heno de sudan	30.00
Melaza	10.00
Piedra caliza	1.50
Urea	0.40
Ganamin <sup>MR</sup>	0.80
Sal común	0.30
Total	100.00
Análisis Calculado (base seca) <sup>1</sup>	
Proteína cruda, %	13.01
E. M, Mcal/kg	2.78
Calcio, %	0.80
Fósforo, %	0.39

<sup>1</sup> valores calculados con base a valores publicados (NRC, 1996), excepto rezaga de garbanzo a la que se le atribuyó 19.9% de PC (determinado en el laboratorio).

Cada uno de estos grupos de bolsas se destinaron aleatoriamente a uno de ocho tiempos de incubación: 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 y 24 h, la solubilidad de las muestras se determinó por inmersión en una solución 0.15 N de NaCl a 39 °C durante 5 minutos (Llamas y Tejada, 1990). Las bolsas de los tiempos restantes se introdujeron en el rumen iniciando el momento de ofrecer el alimento (0800 h), en orden descendente, del tiempo



mayor al tiempo menor de incubación, iniciando con el tiempo 24 h y concluyendo con el tiempo 3 h. Al terminar la incubación todas las bolsas se retiraron del rumen y lavaron con agua corriente hasta que esta salió clara según lo descrito por Orskov (1988) y Nocek (1988). En seguida las bolsas se secaron en estufa durante 48 h a 50 °C, constituyendo un par de bolsas con el mismo ingrediente incubados en cada bovino una observación. Posteriormente se colocaron en desecador por 35 minutos y pesaron en balanza analítica. El contenido de un par de bolsas constituyó una muestra compuesta a la que se le determinó MS y PC (N x 6.25; Kjeldahl, AOAC, 1995), con los valores obtenidos se calculó la degradación ruminal de materia seca y proteína cruda con la fórmula propuesta por Schneider y Flatt (1973):

$$\text{Degradación (\%)} = (\text{nutrimento de muestra (g)} - \text{nutrimento del residuo (g)}) / \text{nutrimento de muestra (g)} \times 100.$$

Con los resultados se desarrolló una ecuación exponencial de predicción de la degradación en función del tiempo de acuerdo a la fórmula propuesta por Orskov y McDonald (1979)  $P = a + b (1 - e^{-ct})$  para calcular, fracción soluble (a), fracción potencialmente degradable cuando se tiene suficiente tiempo en rumen (b) y la tasa constante de degradación (c) de la fracción (b) por tiempo de incubación (t), para la MS y PC de rezaga de garbanzo y pasta de soya de acuerdo al procedimiento descrito por Orskov *et al.* (1980) y Orskov (1988). Para calcular la MS y PC de rezaga de garbanzo y pasta de soya efectivamente degradada en rumen se utilizó la ecuación sugerida por Orskov (1988):  $P = a + ((b c) / (c + k))$ , donde k representa el ritmo de flujo a través del rumen de las partículas pequeñas. Como la dieta utilizada en este experimento contuvo 70% de concentrado y solamente 30% de forraje, para el cálculo se consideró un valor de  $K = 0.03$ , que es el estimado para este tipo de dietas (Orskov, 1988)

A los resultados se les aplicó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar (Hicks, 1973), con cuatro repeticiones por tratamiento y los cálculos se efectuaron utilizando la versión 8 del paquete computacional Statistix™ (Analytical Software; Tallahassee, FL). Un par de bolsas conteniendo el mismo ingrediente e incubados a un tiempo determinado en el rumen de cada una de los animales constituyó la unidad experimental y se fijó un  $\alpha = 0.05$  para aceptar diferencia estadística.

El modelo matemático (Hicks, 1973) utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = Error aleatorio (experimental)

## 6.2. Experimento 2. Respuesta Productiva en Corral de Engorda.

La prueba de respuesta productiva se llevó a cabo en la Unidad Experimental Para Bovinos en Engorda Intensiva en Trópico Seco, de la Universidad Autónoma de Sinaloa, localizada en el interior de Ganadera Los Migueles, S.A. de C.V., en Culiacán, Sinaloa. Se utilizaron 56 toretes cruzados de cebú con razas europeas ( $409.27 \pm 8.9$  kg), provenientes de un mismo lote, con 102 días de engorda. Los animales se distribuyeron en grupos de siete y fueron alojados en 8 corraletas (6 x 12 m) con piso de tierra, sombra central (4 x 6 m) en fajas, proporcionadas con lamina galvanizada colocada a 3.5 m de altura sobre el piso, con orientación Norte-Sur, dotados de bebederos automáticos (0.6 m de bebedero) y provistos de 2.4 m de comedero lineal de concreto protegidos contra la lluvia con techo de lámina galvanizada a 3.5 m de altura. Los animales fueron pesados individualmente y tomando como criterio de bloqueo el peso inicial, de acuerdo a un diseño en bloques completos al azar (Hicks, 1973). Cada corraleta con siete toretes conformó una unidad experimental donde éstos fueron asignados a recibir durante 28 días una de dos dietas de finalización y que consistieron los tratamientos: 1) Dieta con 13.5% de PC y 2.034 Mcal de ENm/kg, con 13% de proteína cruda integrada por grano de maíz, pasta de soya, melaza, heno de sudán, urea y una premezcla de vitaminas y minerales (0% Rezaga de garbanzo); y 2) dieta similar a la anterior pero conteniendo 20% de rezaga de garbanzo en sustitución de maíz molido. La composición de las dietas se presenta en el cuadro 6.

Al inicio del experimento los animales fueron sometidos al procesado usual en la engorda que consistió, en aplicación intramuscular de 5 mL de vitaminas ADE (Ademas<sup>®</sup>, Laboratorio Sofia); 12 mg/kg de Nitroxinil vía subcutánea vs. *Fasciola hepatica* (Trodax<sup>®</sup>, Laboratorio Merial); 5 mL vía subcutánea de bacterina para prevención de clostridiasis (Var Bac 7<sup>®</sup>, Laboratorio Anchor); 2 mL vía subcutánea de bacterina para prevención de enfermedades causadas por *Pasteurella haemolytica*

sp.(One Shot<sup>®</sup>, Laboratorio Pfizer); 15 mg/kg de Albendazol vía oral (Valbovino<sup>®</sup>, Laboratorio Novartis); implante anabólico a partir de progesterona y benzoato de estradiol vía subcutánea, en el tercio medio de la oreja (Sinovex M<sup>®</sup>, Laboratorio Sintex); identificado a fuego con la marca de la empresa, además de un arete de plástico numerado colocado en la oreja e inmediatamente después pesados individualmente.

Cuadro 6. Composición de las dietas utilizadas en la prueba de respuesta productiva en corral de engorda y digestibilidad aparente (% en base seca).

Ingredientes	Tratamientos	
	Rezaga de garbanzo en la dieta	
	0%	20%
Rastrojo de maíz	13.65	13.65
Maíz molido	64.00	44.00
Rezaga de garbanzo	-	20.00
Pasta de soya	6.55	6.55
Melaza de caña	7.10	7.10
Sebo	3.90	3.90
Harina de carne de cerdo	2.00	2.00
Ganamin Total	2.80	2.80
Total	100.00%	100.00%
	Análisis calculado (BS) <sup>1</sup>	
PC, %	13.40	15.40
EN m, Mcal/kg	2.03	2.03
ENg, Mcal/kg	1.37	1.35

<sup>1</sup> valores calculados con base a valores publicados (NRC, 1996), excepto rezaga de garbanzo a la que se le atribuyó 19.9% de PC (determinado en el laboratorio), 2.12 Mcal de ENm/kg y 1.45 Mcal de ENg/kg, publicados por Obregón (2003).

Los toretes fueron pesados los días 1 y 28 del experimento, tanto al peso inicial como al peso final de los animales sin dietar y se les descontó el 4% del peso como un estimado del peso de contenido del tracto digestivo (NRC, 1984). La ganancia diaria de peso expresada en kg/d (Zinn, 1987; Coleman *et al.*, 1995; Barajas y Felix, 2001), se calculó restando al peso final del periodo el peso inicial y dividiéndolo entre el número de días del periodo respectivo, dividiéndolo luego entre el número de animales en cada corral.

El alimento fue ofrecido una vez al día (1800) en cantidad suficiente para cumplir la condición de alimentación a libre acceso (105% del consumo promedio de la semana anterior). El consumo de alimento se consideró como el ofrecido menos el rechazo

semanal. Al inicio y al final (28 d) se tomaron dos muestras (4 kg) de cada una de las dietas, mismas que fueron molidas a un tamaño de partícula de 2 mm en molino tipo Wiley, posteriormente se secaron a 105 °C durante 24 h para determinar el contenido de MS (AOAC, 1995) y después de obtener por cuarteo de una muestra analítica (100 g) se les determinó el contenido de PC ( $N \times 6.25$ ; Kjeldhal) y MO (AOAC, 1995). El consumo diario de MS fue considerado igual al alimento ofrecido, menos el rechazo acumulado durante la semana, dividido entre siete días y luego dividido entre el número de animales dentro de cada corral y ajustado por el contenido de MS del alimento. La conversión alimenticia se calculó dividiendo el consumo de alimento (kg/animal/día) entre la ganancia diaria de peso del periodo (kg/animal/día). La ENm y ENg de las dietas se calcularon por un proceso iterativo (Zinn, 1987). La energía esperada de la dieta conteniendo rezaga de garbanzo, se calculó considerando los valores de ENm = 2.12 y ENg = 1.45 determinada en borregos por Obregón (2003), en tanto que los valores del resto de los ingredientes fueron los publicados en NRC (1996). Los resultados fueron analizados por ANOVA para un diseño de bloques completos al azar (Hicks, 1973), utilizando la versión 8 del paquete computacional Statistix™ (Analytical Software; Tallahassee, FL).

Los resultados de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, ENm de la dieta, ENg de la dieta se les analizó como un diseño en bloques completos al azar (Hicks, 1973) con cuatro repeticiones por tratamiento, considerando a cada corraleta con siete animales como la unidad experimental y se fijó un  $\alpha = 0.05$  para aceptar diferencia estadística; el modelo matemático (Hicks, 1973) que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + \tau_j + E_{ijk}$$

Donde:  $Y_{ijk}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$B_i$  = Efecto i-ésimo bloque

$\tau_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento

$E_{ijk}$  = Error aleatorio (experimental)

### 6.3. Experimento 3. Digestibilidad Aparente.

Se utilizaron los mismos 56 toretes cruzados de cebú con razas europeas (409.27 ± 8.9 kg), participando en la prueba de respuesta productiva descrita en el experimento 2. Después de veintiún días de considerados como la fase de adaptación a las dietas experimentales, se inició la fase de colección de muestras que tuvo una duración de cuatro días consecutivos, se tomaron 4 kg de alimento directamente de la salida del carro mezclador-repartidor, colocadas de inmediato en bolsas de plástico que fueron cerradas y selladas con cinta adhesiva, las muestras de alimento fueron llevadas al laboratorio, divididas en cuatro partes de aproximadamente 1 kg, se colocaron en charolas de peso conocido, se pesaron para tener el peso húmedo de las mismas y fueron secadas en estufa de aire forzado a 105 °C durante 48 horas, después colocadas en desecador hasta que fueron enfriadas y pesadas para obtener el peso seco de las mismas, con los valores del peso húmedo y peso seco se determinó el contenido de materia seca del alimento. La totalidad de las muestras de alimento seco fueron molidas en molino tipo Willey con criba de 2 mm, luego las correspondientes a un mismo tratamiento fueron mezcladas para obtener una muestra compuesta de las dietas; por la técnica de cuarteo homogenizando en cada paso se obtuvo una muestra analítica representativa de 100 g de cada una de las dietas, las muestras analíticas fueron colocadas en frasco de vidrio con tapón de rosca, sellado con cinta adhesiva, rotuladas para su identificación y guardadas para ser utilizadas posteriormente en los análisis de laboratorio.

En cada una de las ocho corraletas, durante cuatro días consecutivos se tomaron muestras de heces, las muestras diarias consistieron en aproximadamente 300 gramos de material fresco las que fueron colectadas de tres excretas recientemente depositadas en el suelo por los animales, se tuvo especial cuidado en no contaminar las muestras con material proveniente del suelo del corral, los horarios de colección de las muestras de heces fueron a las 8:00, 11:00, 14:00 y 17:00 horas en los días 1, 2, 3 y 4 de colección, respectivamente. Las muestras de excremento fueron colocadas inmediatamente en bolsas de plástico rotuladas para su identificación, cerradas y selladas con cinta adhesiva, colocadas en hielo para su transporte y almacenadas en congelador, una vez completado el periodo de colección de heces, éstas fueron descongeladas y las heces provenientes de un mismo corral fueron mezcladas para integrar una muestra compuesta del corral que se consideró como una observación,

colocadas en charolas de peso conocido, pesadas en fresco y luego se secaron en estufa de aire forzado a 105 °C durante 48 horas, después colocadas en desecador hasta que fueron enfriadas y pesadas para obtener el peso seco de las mismas, con los valores del peso húmedo y peso seco se determinó el contenido de materia seca de las heces. Las heces secas fueron molidas en molino tipo Willey con criba de 2 mm, luego por la técnica de cuarteo homogenizando en cada paso se obtuvo una muestra analítica representativa de 100 g de las heces de cada uno de los corrales (repeticiones), las muestras analíticas fueron colocadas en frasco de vidrio con tapón de rosca, sellado con cinta adhesiva, rotuladas para su identificación y guardadas para ser utilizadas posteriormente en los análisis de laboratorio.

Una vez en el laboratorio, de cada una de las muestras de heces y alimento correspondientes a los distintos tratamientos, se tomaron por duplicado alícuotas de aproximadamente 2 g y fueron colocados en vasos de precipitados de 100 mL previamente pesados, se secaron en estufa de aire forzado a 105 °C durante 48 horas, luego fueron pesadas; las muestras fueron calcinadas a 550 °C durante 3 horas (AOAC, 1995); enfriadas en desecador y pesadas, para determinar el contenido de materia orgánica.

A las muestras calcinadas se les adicionaron 20 mL de una solución 4N de HCl, se colocaron sobre plato caliente a 180 °C fueron hervidas durante aproximadamente 10 minutos dentro de una campana de extracción para ácido perclórico, a continuación fueron filtradas en caliente utilizando papel Wathman N° 42, lavadas con agua destilada caliente para eliminar el exceso de ácido del papel y secadas en estufa de aire forzado a 105 °C durante 48 horas, una vez seco el papel filtro con el residuo fueron pesados y con los resultados se calculó el contenido de cenizas insolubles en ácido (Van Keulen y Young, 1977) de las muestras de heces y alimento.

Con los resultados se calculó la digestibilidad aparente de materia seca y materia orgánica de las dietas con la fórmula propuesta por Schneider y Flatt (1975), utilizando las cenizas insolubles en ácido como indicador interno. La digestibilidad verdadera de la materia seca y materia orgánica de la rezaga de garbanzo, se calculó utilizando el método de sustitución (Zinn, 1987), se uso como referencia los valores de 78.4% y 80.1% de digestibilidad verdadera la MS y MO del maíz procesado en seco, respectivamente. Con los resultados de digestibilidad de la materia orgánica de la rezaga de garbanzo, se calculó su contenido de energía digestible utilizando la fórmula  $Y = 41.93 X - 28$  (Buchanan-Smith *et al.*, 1968), donde "Y" representa la energía

digestible (Kcal/kg) y "X" representa el porcentaje de digestibilidad de la materia orgánica. Los resultados fueron analizados por ANOVA para un diseño completamente al azar (Hicks, 1973), considerando a cada corraleta como la unidad experimental, utilizando la versión 8 del paquete computacional Statistix™ (Analytical Software; Tallahassee, FL). Se fijó un  $\alpha = 0.05$  para aceptar diferencia estadística. El modelo matemático (Hicks, 1973) utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$  = Variable de respuesta  
 $\mu$  = Media general  
 $\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento  
 $E_{ij}$  = Error aleatorio (experimental)

## 7. RESULTADOS.

Las características y calidad de la rezaga de garbanzo utilizada en la determinación de la degradabilidad ruminal de proteína cruda se presenta en el cuadro 7; en tanto que su composición química se presenta en el cuadro 8. El 94.27% de la rezaga estuvo constituida por restos de grano de garbanzo en diferentes condiciones (dañado, quebrado, inmaduro, entero) y el 5.63% restante fue integrado por materiales no correspondientes al grano de garbanzo.

Cuadro 7. Características y calidad de la rezaga de garbanzo.

Características de la semilla	Valor medio	DE
Densidad, g/litro <sup>a</sup>	811.26	3.48
Peso de 100 semillas, g <sup>a</sup>	31.59	0.92
Tamaño del grano, mm		
Largo <sup>b</sup>	9.18	1.26
Ancho <sup>b</sup>	6.54	1.20
Calidad de la semilla, % en 100 g de muestra		
Tierra <sup>a</sup>	4.57	1.04
Semilla, otras <sup>a</sup>	0.61	0.60
Grano dañado por insectos <sup>a</sup>	1.18	1.00
Grano quebrado <sup>a</sup>	27.59	2.58
Grano inmaduro <sup>a</sup>	7.90	3.22
Grano entero <sup>a</sup>	57.60	2.7
Trozos de tallo y vaina <sup>a</sup>	0.10	0.13
Material extraño <sup>a</sup>	0.45	0.18

<sup>a</sup> Valores promedio de 6 observaciones.

<sup>b</sup> Valores promedio de 50 observaciones.

DE = Desviación Estándar.

Cuadro 8. Contenido químico proximal en base seca de la rezaga de garbanzo.

Nutriente (%)	Media	DE
Materia seca (MS)	93.45 <sup>a</sup>	1.76
Proteína cruda	19.19 <sup>a</sup>	0.94
Fibra cruda	8.13 <sup>a</sup>	1.57
Cenizas	8.44 <sup>a</sup>	1.74
Grasa cruda	4.12 <sup>b</sup>	0.44
E.L.N.	60.12 <sup>b</sup>	0.91

<sup>a</sup> Valores promedio de cuatro observaciones.

<sup>b</sup> Valores promedio de dos observaciones.

DE = Desviación Estándar.



## 7.1. Experimento 1. Degradación Ruminal de la Materia Seca y Proteína Cruda.

Los valores de solubilidad y de degradación en rumen de MS de rezaga de garbanzo y pasta de soya se presentan en el cuadro 9. La materia seca de la rezaga de garbanzo fue más soluble ( $P < 0.01$ ) que la de pasta de soya, en general la degradación ruminal de la materia seca de rezaga garbanzo fue superior ( $P < 0.05$ ) a la de pasta de soya durante las primeras 15 h de incubación en rumen; a partir de las 18 h de incubación la degradación de los dos ingredientes fue similar ( $P > 0.05$ ) y a las 24 h de incubación ambas alcanzaron un valor de 97% de degradación en rumen.

Cuadro 9. Degradación de la MS de rezaga de garbanzo, pasta de soya, en rumen de bovino medido con la técnica de la bolsa de nylon, expresada en porcentaje.

Tiempo de incubación,	Tratamientos		EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	R. de Garbanzo <sup>2</sup>	P. de soya <sup>2</sup>		
0 <sup>3</sup>	51.89	31.22	2.08	< 0.01
3	56.07	46.20	2.73	< 0.01
6	54.65	47.86	2.62	0.02
9	64.02	68.67	6.47	0.35
12	80.51	69.06	3.62	0.05
15	93.33	79.93	3.64	0.02
18	94.07	91.93	4.42	0.51
21	96.01	94.47	2.49	0.06
24	97.24	97.00	2.35	0.52

<sup>1</sup> EEM = Error estándar de la diferencia entre dos medias.

<sup>2</sup> Valores promedio de cuatro repeticiones, expresados como porcentaje de la materia seca introducida a rumen.

<sup>3</sup> 0 h = Solubilidad medida en solución 0.15 N de NaCl.

En el cuadro 10 se presentan los valores de la cinética de la degradación ruminal de la MS de rezaga de garbanzo y pasta de soya incubadas hasta 24 h en rumen de bovinos de engorda alimentados con dietas integrales.

La degradación ruminal de la materia seca de la rezaga de garbanzo, presentó un comportamiento curvilíneo, el cual es representado por la ecuación exponencial:  $P = 51.89 + 45.43 (1 - e^{-0.091t})$ , ( $r^2 = 0.93$ ), en la Gráfica 1, se muestra la correspondencia entre los valores observados con los estimados por regresión en la degradación ruminal de la materia seca de la rezaga de garbanzo.

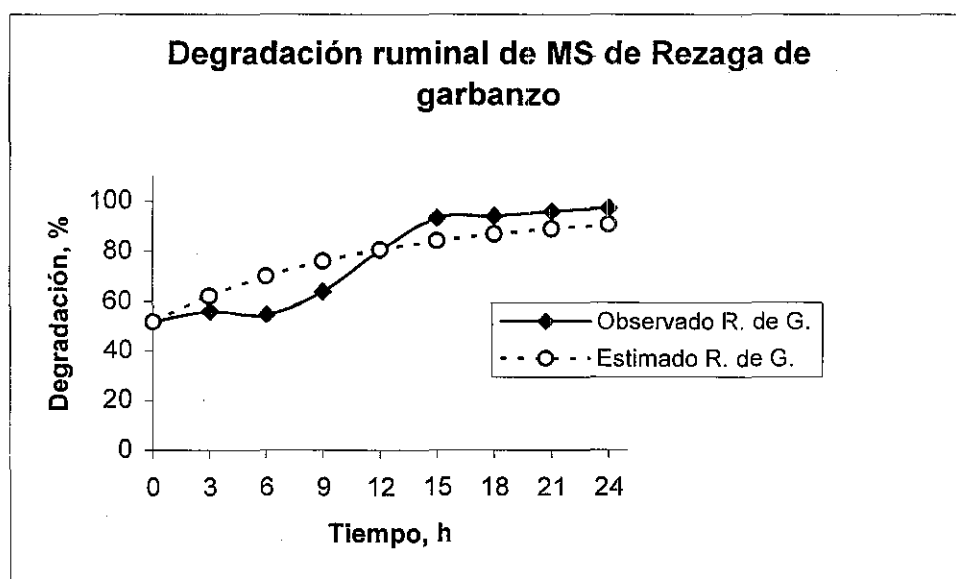
Cuadro 10. Indicadores de la cinética de la degradación ruminal de MS de rezaga de garbanzo y pasta de soya a un tiempo de 24 h en bovinos de engorda alimentados con dietas integrales.

Variable	Tratamientos		EEM <sup>1</sup>	Valor P
	Rezaga de Garbanzo <sup>2</sup>	Pasta de Soya <sup>2</sup>		
Fracción soluble (a), %	51.89	31.22	4.9	< 0.01
Fracción degradable (b), %	45.4	65.78	3.01	< 0.01
Tasa de degradación (c) de "b", %/h	9.1	9.4	0.01	0.63
Efectivamente degradada en rumen, %	88.5	85.56	4.49	<0.01
Coefficiente de correlación (r)	0.93	0.97	0.04	<0.01
Tasa de pasaje partículas finas (k)	0.03	0.03		

<sup>1</sup> Error estándar de la media.

<sup>2</sup> Valores promedio de cuatro observaciones.

La degradación efectiva de MS en la rezaga de garbanzo se calculó en 88.50%, siendo ésta mayor ( $P < 0.01$ ) que la correspondiente a la MS de pasta de soya que fue de 85.56%.



Gráfica 1. Valores observados y estimados de la degradación de Materia Seca de la rezaga de garbanzo en rumen de bovinos,  $P = 51.89 + 45.43(1 - e^{-0.091(t)})$ .

Los valores de solubilidad y de degradación en rumen de PC de la rezaga de garbanzo y pasta de soya se presentan en el Cuadro 11. La solubilidad de la PC en la

rezaga de garbanzo fue mayor ( $P < 0.01$ ) que en la de pasta de soya con valores de 46.51% y 25.77%, respectivamente. En el tiempo de 3 h el valor de 48.41% en la degradación ruminal de PC de la rezaga de garbanzo fue mayor ( $P < 0.01$ ) que la degradación de 34.34% observada en la pasta de soya, estos valores muestran que en las tres primeras horas la PC de la rezaga de garbanzo superó en un 6.81% en degradabilidad a la pasta de soya.

Cuadro 11. Efecto del tiempo de incubación en la degradación ruminal de la PC de rezaga de garbanzo y pasta de soya.

Incubación, h	Tratamientos		EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Rezaga de Garbanzo <sup>2</sup>	Pasta de Soya <sup>2</sup>		
0 (solubilidad)	46.51	25.77	5.31	< 0.01
3	48.41	34.34	2.58	< 0.01
6	47.63	38.02	2.42	0.03
9	60.86	59.19	4.73	0.81
12	89.50	60.64	4.87	< 0.01
15	95.37	75.46	3.74	< 0.01
18	96.26	92.88	2.49	0.37
21	98.68	95.49	0.56	< 0.01
24	99.23	98.19	0.32	0.13

<sup>1</sup> Error estándar de la media.

<sup>2</sup> Valores promedio de cuatro repeticiones, expresados como porcentaje de lo depositado en la bolsa.

La degradabilidad de PC en rumen a las 6 h en este trabajo fue mayor ( $P = 0.03$ ) en la rezaga de garbanzo (47.63%) que en la pasta de soya (38.02%).

A las 9 h de incubación en el rumen de los bovinos empleados en esta prueba la desaparición de PC (60.86%) de la rezaga de garbanzo fue similar ( $P = 0.81$ ) a la desaparición de PC (59.19%) de la pasta de soya.

En el tiempo de 12 h la degradación ruminal de PC de la rezaga de garbanzo fue mayor ( $P < 0.01$ ) que la de pasta de soya (89.50% vs. 60.64%). El valor de degradación ruminal de PC observado a las 15 h de incubación fue mayor ( $P < 0.01$ ) para la rezaga de garbanzo con relación a la de pasta de soya, (95.37% vs. 75.46%, respectivamente). En el tiempo de 18 h la degradación en el rumen de los animales usados en esta prueba, la rezaga de garbanzo fue similar ( $P > 0.05$ ) a la pasta de soya (96.26% vs. 92.88%).

En lo que concierne a las 21 h de incubación, la degradación de PC observada en esta investigación fue de 98.68% vs. 95.49% en la rezaga de garbanzo y pasta de soya, respectivamente. Los valores de 99.23% y 98.19% de degradación ruminal de PC observados en este experimento a las 24 h en la rezaga de garbanzo y pasta de soya, respectivamente, fueron similares ( $P = 0.13$ ).

En el Cuadro 12, se presentan los Indicadores de la cinética ruminal de la degradación de la proteína cruda de rezaga de garbanzo y pasta de soya usando la técnica de la bolsa de nylon, que incluyen el cálculo de proteína efectivamente degradada en rumen, así como la estimación de proteína cruda no degradable en rumen de cada uno de los dos ingredientes.

Cuadro 12. Indicadores de la cinética ruminal de la degradación de la proteína cruda de rezaga de garbanzo y pasta de soya usando la técnica de la bolsa de nylon.

Variable	Tratamientos		EEM <sup>1</sup>	Valor P
	Rezaga de Garbanzo <sup>2</sup>	Pasta de Soya <sup>2</sup>		
Fracción soluble (a), %	46.51	25.77	3.36	< 0.01
Fracción degradable (b), %	52.72	72.42	3.42	< 0.01
Tasa de degradación (c) de "b", %/h	8.0	8.17	1.12	0.45
Coefficiente de correlación (r)	0.92	0.94	0.02	0.80
Efectivamente degradada en rumen, % <sup>3</sup>	88.69	83.95	1.21	0.22
No degradable en rumen, % <sup>4</sup>	5.16	20	1.02	< 0.01
Tiempo calculado en rumen, h <sup>4</sup>	17.43	17.43	1.12	1.00

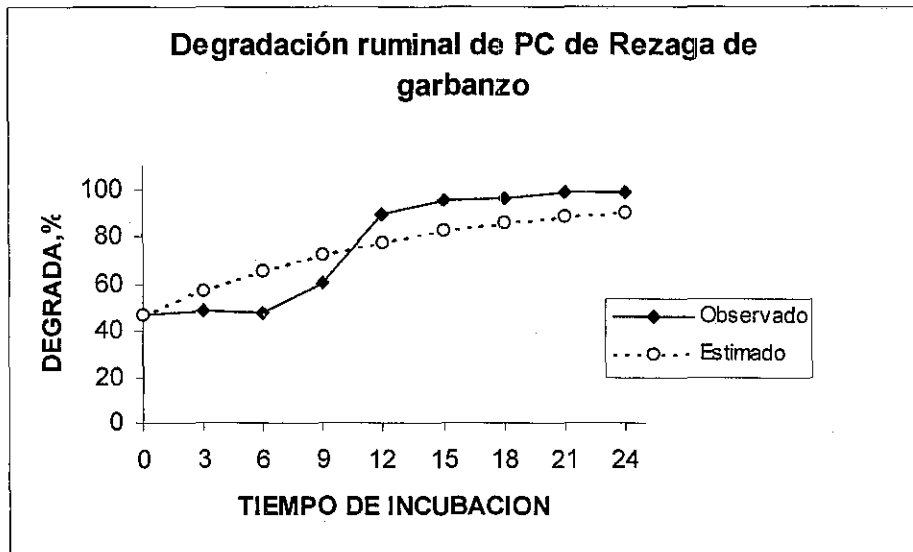
<sup>1</sup> Error estándar de la media.

<sup>2</sup> Valores promedio de cuatro observaciones.

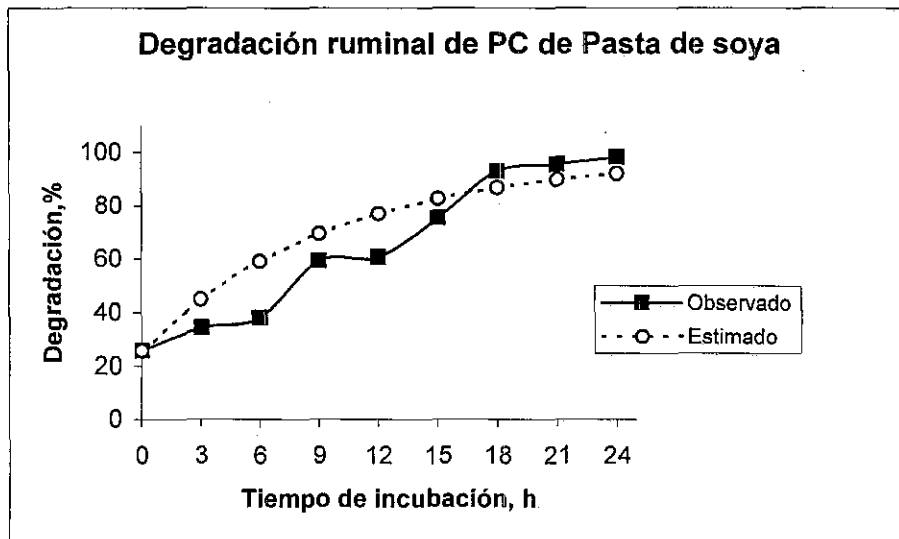
<sup>3</sup> Calculados con la ecuación de Orskov (1988).

<sup>4</sup> Calculada usando el procedimiento de Owens y Zinn (1982).

La degradación de la PC de la rezaga de garbanzo es explicada con la ecuación  $P = 46.51 + 52.72 (1 - e^{-0.08 t})$ ,  $r = 0.92$ ; en tanto que la ecuación correspondiente a pasta de soya fue  $P = 25.77 + 72.42 (1 - e^{-0.0817 t})$ ,  $r = 0.94$  en las Graficas 2 y 3 se muestra la correspondencia entre los valores observados con los estimados por regresión en la degradación ruminal de la materia seca de la rezaga de garbanzo y pasta de soya, respectivamente.



Gráfica 2. Valores observados y estimados de la degradación de PC de la rezaga de garbanzo en rumen de bovinos,  $P = 46.51 + 52.72 (1 - e^{-0.08(t)})$ ,  $r = 0.92$ .



Gráfica 3. Valores observados y estimados de la degradación de PC de la pasta de soya en rumen de bovinos,  $P = 25.77 + 72.42 (1 - e^{-0.0817(t)})$ ,  $r=0.94$ .

En esta prueba los valores observados de 88.69% vs. 83.95% de degradación efectiva de la PC de la rezaga de garbanzo y pasta de soya, respectivamente, fueron similares ( $P=0.22$ ) entre sí (Cuadro 12).

El cálculo de la PC no degradada en rumen de la rezaga de garbanzo fue de 5.16%, determinada por el método propuesto por Owens y Zinn (1982), utilizando como

referencia el de 20% de PC no degradable en rumen en la pasta de soya y se estimó en 17:43 h el tiempo de permanencia en rumen (Cuadro 12).

## 7.2. Experimento 2. Respuesta Productiva en Corral de Engorda.

El efecto de la sustitución de maíz por rezaga de garbanzo en la respuesta productiva de toretes en finalización se presenta en el cuadro 13. El peso final de los animales fue similar ( $P=0.32$ ) en los tratamientos con 0% y 20% de rezaga de garbanzo (445.52 Kg vs. 439.91 Kg, respectivamente). La ganancia diaria de peso no fue afectada ( $P>0.10$ ) por los tratamientos (1.312 vs. 1.089 Kg/d en las dietas con 0% y 20% de rezaga de garbanzo, respectivamente).

Cuadro 13. Efecto de la sustitución de grano de maíz molido por rezaga de garbanzo en la respuesta productiva de bovinos en finalización.

Variables	Tratamientos		EEM	P
	Rezaga de Garbanzo en dieta			
	0%	20%		
Toretos	28	28		
Corraletas, n	4	4		
Días en prueba	28	28		
Peso inicial, kg <sup>1</sup>	408.79	409.43	0.60	0.37
Peso final, kg <sup>1</sup>	445.52	439.91	4.70	0.32
GDP, kg	1.312	1.089	0.18	0.26
Consumo de MS, kg/d	8.914	8.160	0.32	0.10
Consumo/ganancia	6.794	7.490	0.78	0.32
ENm de la dieta, Mcal/kg	1.908	1.856	0.10	0.61
ENg de la dieta, Mcal/kg	1.263	1.218	0.09	0.61
Observada/esperada ENm	0.94	0.92	0.04	0.76
Observada/esperada ENg	0.92	0.90	0.06	0.74

<sup>1</sup> Se descontó un 4% del peso como llenado del TGI (NRC, 1984).

La cantidad de MS consumida fue similar ( $P = 0.10$ ) en la dieta con 20% de rezaga de garbanzo (8.91 Kg/d vs. 8.16 Kg/d, respectivamente). La conversión alimenticia (consumo/ganancia) no fue modificada ( $P = 0.32$ ) por la inclusión de rezaga de garbanzo, con valores de 6.794 kg/kg vs. 7.49 kg/kg para los animales que recibieron las dietas con 0% y 20% de rezaga de garbanzo, respectivamente.

La energía neta de mantenimiento y de ganancia de las dietas no fue modificada (P = 0.61) por la inclusión de rezaga de garbanzo.

### 7.3. Experimento 3. Digestibilidad Aparente.

Aunque el contenido de cenizas totales fue similar (P>0.05) en ambas dietas, 9.07% y 9.47%, la dieta con rezaga de garbanzo mostró un contenido de 61% mayor de Cenizas Insolubles en Ácido (CIA) que la dieta que no le fue agregado rezaga de garbanzo (0.80 vs. 1.29%). El resultado de la influencia de la sustitución de maíz molido por rezaga de garbanzo en la digestibilidad aparente de la dieta de bovinos en finalización, se presenta en el cuadro 14. La inclusión de rezaga de garbanzo tendió (P=0.053) a disminuir en 2.5% la digestibilidad de la materia seca (68.63 vs. 66.90%). La digestibilidad de la materia orgánica (MO) no fue afectada (P = 0.21) por los tratamientos (69.72 vs. 68.71%).

Cuadro 14. Influencia de la sustitución de maíz molido por rezaga de garbanzo en la digestibilidad aparente de la dieta de bovinos en finalización.

Variables	Tratamientos		EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Rezaga de garbanzo en la dieta			
	0%	20%		
Toretas, n	28	28		
Corrales, repeticiones, n	4	4		
Digestibilidad aparente, %				
Materia Seca	68.63	66.90	0.71	0.053
Materia Orgánica	69.72	68.71	0.71	0.210

<sup>1</sup> Error estándar de la media

## 8. DISCUSIÓN

El 19.19% de PC encontrado en la rezaga de garbanzo se ubica dentro del rango 17 y 30% de PC establecido para el grano de garbanzo (Wang y Daun, 2004), lo cual es explicable dado que el 94.27% de la rezaga estuvo integrada por grano de garbanzo en diferentes condiciones si se toma como base el 21% de PC en el grano de garbanzo encontrado por Nestares *et al.*, (1996), el 94.27% de esa proteína correspondería a un valor de 19.8%.

### 8.1. Experimento 1. Degradación Ruminal de la Materia Seca y Proteína Cruda.

La mayor solubilidad en la MS de la rezaga de garbanzo en relación a la de pasta de soya encontrada en este experimento, muestra el potencial de la rezaga de garbanzo como fuente de nutrimentos para la microbiota ruminal; la solubilidad ruminal es un indicador de la porción altamente fermentable de un ingrediente (Ikhimioya *et al.*, 2005) y una alta solubilidad favorece el crecimiento de los microbios del rumen (Djouvinov and Todorov, 1994). Hadjipanayiotou y Economides (2001) también encontraron una alta solubilidad de la MS del grano de garbanzo y lo interpretaron como evidencia de disponibilidad de una alta cantidad de componentes del garbanzo para ser rápidamente degradados en rumen.

La degradabilidad ruminal de la MS tanto de rezaga de garbanzo como de pasta de soya se puede considerar alta en ambos ingredientes y comparable a la encontrada por Hadjipanayiotou y Economides (2001) y Kim y Patterson (2003), respectivamente. Es destacable que los valores de 97.24% y 97.0% de la degradabilidad potencial (fracciones a+b) de la MS de rezaga de garbanzo y pasta de soya, respectivamente, que se obtuvieron a las 24 h de incubación, demuestran la existencia de componentes altamente degradables en ambos ingredientes, con ello es de esperarse que la desaparición de la MS de la rezaga de garbanzo en el rumen de bovinos se logre en menos de 24 h, siendo innecesarias las mediciones de períodos de fermentación más prolongados, como lo demuestra el trabajo de Hadjipanayiotou y Economides (2001), al obtener una degradabilidad de MS cercana a la de este experimento a las 48 h cuando evaluaron el grano de garbanzo en el rumen de cabras.

Al comparar las proporciones de MS degradadas (a + b) en diferentes períodos de incubación, se aprecia que en la rezaga de garbanzo, entre 0 y 3 horas de incubación



se degradó el 56.07% de la MS total, en cambio, en la pasta de soya sólo se degradó un 46.2% en el mismo lapso, diferencia que es explicable porque en la rezaga de garbanzo el contenido de fracción soluble fue más alto. Sin embargo, pasadas las 6 h de incubación, aunque la degradación fue similar en ambos ingredientes la rezaga de garbanzo sufre una fase de indiferencia o fase *lag* por parte de la microbiota, lo cual sugiere que para este ingrediente la microbiota ruminal ofrece una resistencia por degradar la fracción insoluble de la MS, debido a las diferencias químicas del sustrato en el ambiente ruminal y en consecuencia un tiempo de retardo para obtener energía de la fracción insoluble pero degradable para su multiplicación (Orskov, 1988; Mertens, 1993; Pingsheng *et al.*, 1997; Masson *et al.*, 2006), aunque dicha resistencia se manifiesta de forma temporal, se observa pues que pasadas las 9 h de fermentación los microorganismos ruminales inician de nueva cuenta su crecimiento exponencial (Orskov, 1988; Mertens, 1993) hasta la llegada de las 12 h, que una vez que reconocen el sustrato se inicia una mayor ( $P < 0.05$ ) degradación de la MS en la rezaga de garbanzo con relación a la pasta de soya durante las seis horas posteriores, de las 18 hasta las 24 h la degradación similar ( $P > 0.05$ ) con relación a la pasta de soya, indica que probablemente la porción degradable ya había sido agotada a las 18 h de incubación.

La fracción insoluble pero degradable (b) de la MS de rezaga de garbanzo fue menor que la encontrada en pasta de soya, debido a que una parte importante de ella fue solubilizada quedando entonces una porción menor para la degradación lenta por parte de los microorganismos ruminales, sin embargo la tasa de degradación de 9.1 y 9.4%/h, similar ( $P = 0.63$ ) en ambos ingredientes, indica que tanto la rezaga de garbanzo como la pasta de soya fueron fácilmente utilizados por la microbiota, manifestándose así que la rezaga de garbanzo es un ingrediente extensamente atacado por la microbiota ruminal y en consecuencia confirma su potencial para ser usado como alimento para rumiantes; los valores en la degradación efectiva así lo muestran, pues la proporción de MS que efectivamente fue degradada fue mayor ( $P < 0.01$ ) en la rezaga de garbanzo con respecto a la pasta de soya.

El 25.77% de solubilidad de la PC de pasta de soya observado en el presente experimento es bastante cercano a los valores de entre 28.5 y 29% encontrados por otros autores (Kirpatrick y Kennelly, 1987; Canbolat *et al.*, 2005). La mayor ( $P < 0.01$ ) solubilidad de la PC en la rezaga de garbanzo con respecto a la de pasta de soya, es entendible dado que la rezaga no fue sometida a ningún tipo de procesamiento térmico, en tanto que la soya durante el proceso de extracción del aceite es sometida a un

calentamiento y es conocido que el calentamiento disminuye la solubilidad en rumen de la proteína (Broderick, 1986; Goetsch y Owens, 1985; Ganesh y Grieve, 1990). Este evento puede ser atribuido a que las principales fracciones nitrogenadas en la rezaga de garbanzo provienen de globulinas y albúminas (Rubio *et al.*, 1998) y no fueron afectadas, porque a este ingrediente no se le aplicó calor, sin embargo la pasta de soya por la reacción de *Maillard* al recibir calor redujo la actividad proteolítica (Van Soest, 1994) por parte de los microorganismos ruminales. Canbolat *et al.* (2005) evaluaron la solubilidad de la proteína de la pasta de soya obtenida a través de calor durante la extracción de aceite a la semilla de soya y encontraron valores similares a los observados en este experimento.

La degradación ruminal de 98.19% de la PC de pasta de soya observada a las 24 h es comparable al 98% estimado por Kim y Patterson (2003) y al 99.47% obtenido por Landim *et al.* (1999). La proporción similar ( $P = 0.13$ ) de PC potencialmente degradable a las 24 h (a+b) de rezaga de garbanzo y pasta de soya (99.23% vs. 98.19%) observadas en este experimento sugieren que ambos ingredientes poseen un cantidad importante de proteína que puede ser utilizable por la microbiota ruminal.

La PC de la rezaga de garbanzo tuvo una fase de retardo de seis horas, después de lo cual fue rápidamente degradada hasta las 12 h, y luego su desaparición fue lenta. En tanto que si bien el calor afectó la solubilidad de la PC en pasta de soya, la fracción insoluble pero degradable no se apreció que limitará su uso por la microbiota ruminal y en consecuencia para el crecimiento microbiano (Canbolat *et al.*, 2005) por efecto de la aplicación térmica.

La tasa de degradación (c) similar para la PC insoluble pero degradable (fracción b) de ambos ingredientes ( $P = 0.45$ ), tomando en cuenta el reconocido valor nutricional de la pasta de soya, sugiere que la PC de la rezaga de garbanzo fue disponible para la microbiota ruminal.

El valor de 83.95% obtenido en este experimento como la PC de pasta de soya efectivamente degradada en rumen coincide con los valores de 82.1% encontrada por Kirpatrick y Kennelly (1987) y de 83% calculada por Song y Kennelly (1990). La similitud ( $P = 0.22$ ) en los valores de proteína cruda efectivamente degradada en rumen de rezaga de garbanzo y pasta de soya (88.69% vs. 83.95 %, respectivamente), indican que la rezaga de garbanzo es una fuente de PC ampliamente degradada en rumen y que en consecuencia puede contribuir adecuadamente a la síntesis de proteína microbiana (Owen y Zinn, 1993).

De acuerdo con el método propuesto por Owen y Zinn (1982), aparentemente se requerirían 17:43 h para que la PC de ambos ingredientes fuera degradada en rumen, sin embargo relacionando los valores de los cuadros 11 y 12 con las figuras de las gráficas 2 y 3, se desprende que cerca de las 12 h de permanencia en rumen la PC de rezaga de garbanzo habría sido degradada en cantidad equivalente al valor de proteína efectivamente degradada en rumen y que las partículas restantes pasarían a compartimentos posteriores, en tanto que la PC de pasta de soya necesitaría de un tiempo cercano a las 17 h para alcanzar su nivel de degradación efectiva en rumen; la discordancia entre los resultados calculados por el método de Owens y Zinn (1982) con los determinados por el método de Orskov y McDonald (1979), estriba en que el primero asume una tasa constante de degradación entre tiempos fijos y no contempla la tasa de pasaje de las partículas pequeñas como un factor de corrección, por lo que dicho método puede ser de utilidad en ingredientes con degradación homogénea y casi lineal entre los tiempos de medición (12 y 24 h), pero no con ingredientes en que la proteína es muy rápidamente degradada como resultó ser la rezaga de garbanzo.

## **8.2. Experimento 2. Respuesta Productiva en Corral de Engorda.**

El peso final promedio de 442 kg de los toretes utilizados en la prueba, y la ganancia diaria de peso promedio de 1.2 kg/día corresponden con los alcanzados en otros experimentos con bovinos en finalización alimentados con dietas basadas en maíz procesado en seco (Ramirez *et al.*, 1985; Zinn, 1987; Barajas y Zinn, 1998).

La ausencia de efecto en la ganancia de peso al utilizar la rezaga de garbanzo en sustitución parcial del maíz en esta prueba, concuerda con lo observado por Obregón *et al.* (2002), quienes no encontraron diferencia en la GDP de ovinos cuando incluyeron 40% de rezaga de garbanzo en sustitución de una mezcla de sorgo y pasta de soya. Anderson y Schoonmaker (2006), incluyendo 16.8% de grano de garbanzo en sustitución de una mezcla de maíz y pasta de canola, tampoco encontraron efecto en la respuesta productiva de becerros durante sus primeros 40 días en corral de engorda. Ilg *et al.* (1987), encontraron mejora en la GDP de vaquillas Holstein cuando incluyeron 10 y 20% de garbanzo en la dieta, pero al incluir 30%, la respuesta fue similar que con la dieta control basada en maíz y pasta de soya. En ovinos, Lanza *et al.* (2003) tampoco encontraron modificación en la GDP, con dietas hasta con 20% de grano de garbanzo.

La tendencia ( $P = 0.10$ ) a disminuir el consumo de MS como consecuencia de la inclusión de rezaga de garbanzo, coincide con lo observado por Illg *et al.* (1987), quienes apreciaron una disminución lineal en el consumo de MS en la medida que incrementó la proporción de garbanzo desde 0 hasta 30% en dietas de vaquillas en crecimiento. Lanza *et al.* (2003) observaron en ovinos una disminución en el consumo de MS cuando incluyeron 42% de grano de garbanzo en la dieta; en tanto que Obregón (2003) no encontró influencia de la adición de 40% de rezaga de garbanzo a la dieta en el consumo de MS de ovinos en finalización.

Este efecto detrimental en el consumo de materia seca de la dieta conteniendo rezaga de garbanzo, es atribuible al incremento en el consumo de proteína degradable en rumen (Koster *et al.*, 1996; Heldt *et al.*, 1999; Bodine *et al.*, 2000). Reed *et al.* (2004), también atribuyeron al incremento en la ingesta de proteína degradable en rumen la disminución en el consumo de MS observada en novillos cuando incluyeron chícharos en la dieta. Considerando que la dieta conteniendo rezaga de garbanzo contuvo 2% más de PC que la dieta testigo (13.4 vs. 15.4%) y que la inclusión de la rezaga fue en sustitución de maíz, tomando en cuenta que la degradabilidad en rumen de la PC de maíz es cercana al 40% (Prigge *et al.*, 1978; Stern *et al.*, 1983; NRC, 1988) y el de rezaga de garbanzo se calculó en 88.69% en el presente experimento, entonces el contenido de PC degradable en rumen fue 2.72% mayor en la dieta conteniendo rezaga de garbanzo que en la dieta testigo (9.79 y 7.49%, respectivamente).

La conversión alimenticia similar ( $P = 0.32$ ) entre los tratamientos encontrada en el presente trabajo, concuerda con los resultados obtenidos en ovinos por Obregón *et al.* (2002) con la inclusión de 40% de rezaga de garbanzo, así como los de Lanza *et al.* (2003), con la inclusión de grano de garbanzo. Aunque Illg *et al.* (1987) observaron una mejoría en la conversión alimenticia de vaquillas cuando el grano de garbanzo integró el 30% de la dieta.

Tomando los valores observados del contenido de energía neta de las dietas y utilizando la técnica de sustitución, el contenido de ENm de la rezaga de garbanzo se calculó en 1.98 Mcal/kg ( $((1.856 - 1.908) / 0.2) + 2.24 = 1.98$ ) y el correspondiente a la ENg en 1.325 Mcal/kg ( $((1.218 - 1.263) / 0.2) + 1.55 = 1.325$ ), usando como referencia los valores de 2.24 y 1.55 Mcal/kg asignados para la ENm y ENg del maíz, respectivamente (NRC, 1996).

El contenido de energía neta para mantenimiento de la rezaga de garbanzo calculado en 1.98 Mcal/kg es cercano al de 2.1 Mcal/kg estimado en ovinos por Obregón

*et al.* (2002) y corresponde al 88.4% del atribuido al maíz (NRC, 1996); en tanto que el valor de energía neta de ganancia de 1.325 Mcal/kg calculado en el presente experimento para la rezaga de garbanzo es bastante aproximado al de 1.4 Mcal/kg obtenido por Obregón *et al.* (2002) en pruebas con ovinos en finalización y corresponde al 85.5% del contenido de ENg asignado al maíz (NRC, 1996).

Considerando que la materia es una expresión de la energía, entonces el valor nutricional de la rezaga de garbanzo en términos de la energía retenida por el animal es de un 85.5% del valor asignado al grano de maíz.

Los resultados del presente experimento sugieren, que la rezaga de garbanzo puede ser considerada como un ingrediente alternativo en la formulación de dietas para bovinos en finalización y como subproducto de disponibilidad estacional, y puede ser utilizable cuando su precio corresponda a no más del 85% del valor de mercado del grano de maíz.

### **8.3. Experimento 3. Digestibilidad Aparente.**

El mayor contenido de cenizas insolubles en ácido ( $P < 0.05$ ) de la dieta conteniendo rezaga de garbanzo (0.80 vs. 1.29%), es atribuible a los materiales contaminantes que contiene la propia rezaga, como son el 4.7% de restos del suelo que por poseer un alto contenido de sílice contribuyen a incrementar notoriamente esta variable. Los tallos, hojas y bolsas que de manera común se encuentran presentes en la rezaga del garbanzo aportan algo al contenido de CIA, tomando en cuenta que el garbanzo se cosecha cuando la planta está madura y que el contenido de lignina y sílice se incrementa conforme la madurez de la planta avanza (Van Soest, 1994)

La tendencia ( $P = 0.053$ ) a disminuir en 2.5% la digestibilidad de la materia seca observada en la dieta con rezaga de garbanzo, pudo contribuir a reducir el consumo de materia seca de la dieta y de alguna manera participa también en la diferencia numérica de 2.7% en la ENm observada en la dieta.

La disminución en la digestibilidad de la materia seca de la dieta conteniendo la rezaga de garbanzo es atribuible a su mayor contenido de cenizas insolubles en ácido, que se interpreta como representativa del contenido de sílice, así como por la participación de tejidos altamente lignificados y poco digeribles provenientes de los pedazos de tallos, hojas y bolsas de la planta que aparecen en la rezaga. Como la presencia de impurezas totales en la rezaga superaron al 5% y todos los materiales que

la integran contienen sílice y lignina, sustancias que además de no ser digeribles también afectan a la digestibilidad de otros componentes de la dieta (Schneider y Flatt, 1973; Van Soest, 1994).

Sommerfeldt y Lyon (1988) no encontraron influencia de la adición de grano de garbanzo en la digestibilidad de la dieta en novillos. En experimentos con ovinos en engorda (Obregon y Barajas, 2002a; Obregón *et al.*, 2005) no se han observado efecto de la inclusión de rezaga de garbanzo en la digestibilidad de la MS en las dietas.

El valor de digestibilidad de la materia orgánica de 69.7% encontrado en la dieta de 0% de rezaga de garbanzo en este experimento, es bastante cercano al de 69.8% observado por Barajas y Zinn (1998), en dietas para bovinos en finalización conteniendo 12% de forraje y maíz quebrado, utilizando óxido de cromo como indicador, lo que permite considerar como confiables los valores obtenidos en este experimento.

El valor similar ( $P = 0.21$ ) de digestibilidad de la materia orgánica encontrado en las dos dietas (69.72 vs. 68.71%), sugiere que una vez retirado del cálculo el componente mineral que incluye a la tierra con que se contamina la rezaga, los compuestos integrantes de la materia orgánica fueron digeridos adecuadamente y en igual magnitud por la acción conjunta de la microbiota en rumen y el sistema enzimático del tracto digestivo de los bovinos.

Obregón y Barajas (1998), tampoco encontraron un efecto en la digestibilidad aparente de MO cuando la rezaga de garbanzo integró el 20% de la dieta de ovinos en finalización en sustitución de grano de sorgo molido. De igual forma Gilbery *et al.* (2006), utilizando grano de garbanzo a un nivel de 40% en sustitución de grano de maíz en la dieta de finalización para novillos Holstein, no encontraron efecto alguno en la digestibilidad de la MO.

Partiendo de los valores de digestibilidad de la materia orgánica de las dietas en prueba y utilizando el método de sustitución tomando como referencia el 80.1% de la digestibilidad en tracto completo de la materia orgánica del maíz procesado en seco determinada por Ramirez *et al.* (1985), la digestibilidad en tracto completo de la materia orgánica de la rezaga de garbanzo sería de 75.05% y calculando a partir de este valor con la fórmula propuesta por Buchanan-Smith *et al.* (1968) el contenido de energía digestible de la rezaga de garbanzo sería de 3.119 Mcal/kg lo que representa el 85.2% del valor de 3.66 Mcal de ED/kg atribuido al grano de maíz (NRC, 1984), lo que concuerda con el 85.5% de la energía neta de mantenimiento del maíz calculada en esta investigación a partir de la respuesta productiva.

## 9. CONCLUSIONES.

1. La rezaga de garbanzo es un ingrediente que es degradado de manera rápida y extensa en el rumen de bovinos en engorda.

2. La inclusión de 20% de rezaga de garbanzo sustituyendo a maíz no afecta la respuesta productiva de toretes en finalización.

3. La inclusión de 20% de rezaga de garbanzo disminuye la digestibilidad de la materia seca en 2.5%, pero mantiene la digestibilidad de la materia orgánica en dietas para bovinos en finalización.

4. El valor nutricional para bovinos en engorda de la rezaga de garbanzo es descrito con los siguientes indicadores: Un contenido de materia seca de 93%, 51.89% soluble en rumen y un 88.5% degradable en rumen; con 19.19% de Proteína cruda, 46.5% de PC soluble en rumen y 88.6% de PC degradable en rumen; con un contenido energético equivalente a 1.98 Mcal de ENm/kg de MS y ENg con 1.325 Mcal de ENg/kg de MS.

## 10. LITERATURA CITADA.

- Anderson, V. and J. Schoonmaker. 2006. Effect of pulse grains on performance of newly weaned feedlot steers. Proceedings 2005 Sheep & Beef Day Livestock Research. North Dakota State University. Disponible en <http://www.ag.ndsu.nodak.edu/hettinge/livestock/2005sheepday/indek.htm>
- AOAC. 1995. Official Methods of Analisis 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analitical Chemist. Washington, DC.
- ASERCA. 2003. El garbanzo mexicano: el mejor del mundo. Revista Claridades Agropecuarias. SAGARPA-ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/042/ca042.pdf#page=3>
- Barajas, R. and J.A. Felix. 2001. Effect of shade and organic zinc supplementation on performance of Brahman bull calves fed growing diets in dry tropic weather. *J. Anim. Sci.* 79 (suppl. 1): 291.
- Barajas, R. and R.A. Zinn. 1998. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: Influence of protein supplementation. *J. Anim. Sci.* 76:1744-1752.
- Barajas, R., J.F. Obregon, and A. Estrada. 2000. Effect of substitution of safflower meal by chickpeas on organic matter digestibility and digestible energy value of finishing diets for sheep. *J. Anim. Sci.* 78 (suppl.1): 301.
- Barajas, R., J.F. Obregon, A. Estrada and J.A. Felix. 1999. Effect of substitution of chickpeas by soybean meal on total tract digestion of finishing diets for sheep. *J. Anim. Sci.* 77 (suppl.1): 249.
- Batterham, E.S., H.S. Saini, R.M. Andersen and R.D. Baigent. 1993. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas and pigeon peas. *J. Sci. Food Agric.* 61:211-216.
- Bodine, T.N., H.T. Purvis, C. J. Ackerman, and C. L. Goad. 2000. Effects of supplementing prairie hay with corn and soybean meal on intake, digestion, and ruminal measurements by beef steers. *J. Anim. Sci.* 78: 3144-3154.



- Broderick, G.A. 1986. Relative value of solvent and expeller Soybean meal for lactating cow. *J. Dairy Sci.* 69:2948-2958.
- Buchanan-Smith, J.G., R. Totusek and A.D. Tillman. 1968. Effect of method of processing on digestibility and utilization of grain sorghum by cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 27:525-530.
- Canbolat, O., A. Kamalak, E. Efe, M. Sahin and C.O. Ozkan. 2005. Effect of heat treatment on in situ rumen degradability and in vitro gas production of full fat soybeans and soybean meal. *South Afric. J. Anim. Sci.* 35:186-194.
- Casarin, V.A., F.O. Bravo, L.A. de Uriarte y A.S. Shimada. 1976. Empleo del garbanzo (*Cicer arietinum*) como única fuente proteica para el cerdo. *Tec. Pec. Mex.* 31:27-31.
- Chavan, J.K., Kadam, S.S. and Salunkhe, D.K. 1989. Chickpea. In "CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization". vol I, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA.
- Coleman, S.W., R.H. Gallavan, C.B. Williams, W.A. Philips, S.D. Volesky, S. Rodriguez, and G.L. Bennett. 1995. Silage or limit-fed grain growing diets for steers: I. Growth and carcass quality. *J. Anim. Sci.* 73:2609-2620.
- Coronel, E.F. 1980. Sistemas de Producción del Cultivo de Garbanzo en el Área de Influencia del CIAPAN. Folleto Técnico No. 3, CEVACU, CIFAP, SIN. SARH, Culiacán, Sinaloa, México.
- Cubero, J.I. 1987. Morphology of chickpea. In "The Chickpea", Ed. Saxena, M.C. and Singh, K.B. Wallingford, Oxon, UK:CAB, Int.
- De Miguel, G.E. 1991. El garbanzo. Una alternativa para el Secano. Ed. Mundi Prensa, Madrid España.
- Djouvinov, D.S. and N.A. Todorov, 1994. Influence of dry matter intake and passage rate on microbial protein synthesis in the rumen of sheep and its estimation by cannulation and a non-invasive method. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 48:289-304.
- Duke, J.A. 1981. Handbook of legumes of world economic important. Penum press, New York.
- FAO. 2003. Sistemas de información de los recursos del pienso. FAOstat. Base de datos estadísticos. Food and Agriculture Organization of United Nation.
- Farrel, D.J., R.A. M. Perez and P.F. Mannion. 1999. Optimum inclusion of field peas, faba beans, chickpeas and sweetlupins in pultry diets.II. Broiler experiments. *Brit. Poult. Sci.* 40:674-680.

- Fernandes, A.J.M. and A.M.S. Bruno. 1998. Chemical composition, organic matter digestibility and gas production of nine legume grains. *Anim. Feed Sci. Tech.* 70:49-57.
- Ganesh, D. and D.O. Grieve. 1990. Effect of roasting raw soybeans at three temperatures on in situ dry matter and nitrogen disappearance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:3222-3230
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3ª ed. México DF.
- Gilbery, T., G. Iardy, S. Navarro, M. Bauer and V. Anderson. 2006. Effect of pulse grains on rumen fermentation, digestion, and microbial protein synthesis in receiving diets for beef cattle. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl. 2):68.
- Goetsch, A.L. and F.N. Owens. 1985. Effects of sampling site on passage rate estimata in heifers fed alfalfa hay or a high concentrate diet. *J. Dairy Sci.* 68:914-922.
- Gómez G.L. y R.M. G. Gómez. 2003. Formación de variedades de garbanzo blanco *Cicer arietinum* L. para Sinaloa. Publicación Especial N° 6. INIFAP-PRODUCE-SAGARPA-Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Valle de Culiacán.
- Gómez, G.R.M., M.K.G. Avilés, J.J.P. Valdez y J.R. M. Sandoval. 2002. El cultivo de garbanzo blanco en el centro de Sinaloa. Folleto para productores N° 48. INIFAP-PRODUCE-Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Valle de Culiacán.
- Hadjipanayiotou, M. 2002. Replacement of soybean meal and barley grain by chickpea in lamb and kid fattening diets. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 96:103-109.
- Hadjipanayiotou, M. and S. Economides. 2001. Chemical composition, in situ degradability and amino acid composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. The international journal for research into sustainable developing world agriculture Published by Fundación CIPAV, Cali, Colombia. *Livestock Research for Rural Development* Vol. 13(6): Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/6/hadj136.htm>
- Hadsell, D.L. and J.L. Sommerfeldt. 1988. Chickpeas as a protein and energy supplement for high producing dairy cow. *J. Dairy Sci.* 71:762-772.

- Heldt, J. S., R. C. Cochran, C. P. Mathis, B. C. Woods, K. C. Olson, E. C. Titgemeyer, T. G. Nagaraja, E. S. Vanzant, and D. E. Johnson. 1999. Effects of level and source of carbohydrate and level of degradable intake protein on intake and digestion of low-quality tallgrass-prairie hay by beef steers. *J. Anim. Sci.* 77: 2846-2854.
- Hicks, C.R. 1973. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Holt, Reinhart and Wiston, New York.
- Hulse, J.H. 1991. Nature, composition and utilization of grain legumes. In: *Uses of tropical legumes: Proceedings of a consultants meeting*. 27-30 march. ICRISAT Center-ICRISAT Patancheru, AP. 502324. India. pp. 11-27.
- Ikhimioya, I., O.A. Isah, U.J. Ikhatua and M.A. Bamikole. 2005. Rumen degradability of dry matter and crude protein in tree leaves and crop residues of humid Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition* 4:313-320.
- Illg, D.J., J.L. Sommerfeldt and A.A. Boe. 1987. Chickpeas as a substitute for corn and soybean meal in growing heifer diets. *J. Dairy Sci.* 70: 2181-2185.
- INIFAP. 1997. Registro de observaciones climatológicas diarias. Estación meteorológica, Campo Experimental del Valle de Culiacán. Culiacán, Sin., México. pp. 10-12.
- Kadam, S.S., Deshpande, S.S. and Jambahale, N.D. 1989. Seed Structure and Composition. In "CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization". vol I, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA.
- Khader, J. And S.V. Rao. 1982. Limiting amino acid in bengal gram (*Cicer arietinum*) as determined from blood amino acid level and amino acid supplementation studies in the rat. *Ann. Nutr. Metab.* 26:353-359.
- Khan, M.A., N. Ullah and S. Jaffery. 1995. Nutritional evaluation of desi and kabuli chickpeas and their products commonly consumed in Pakistan. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 46:215-223.
- Kim, W.K. and P.H. Patterson. 2003. In situ evaluation of hen mortality meal as a protein supplement for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:3337-3342.
- Kirpatrick, B.K. and J.J. Kennelly 1987. In situ degradability of protein and dry matter from single protein sources and from a total diet. *J. Anim. Sci.* 65: 567-576.

- Koster, H. H., R. C. Cochran, E. C. Titgemeyer, E. S. Vanzant, I. Abdelgadir, and G. St-Jean. 1996. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. *J. Anim. Sci.* 74: 2473-2481.
- Landim B.M., de Sousa, L.C, Melotti, L., and Kodaira, V. 1999. In situ ruminal degradability of dry matter and crude protein from soybean meal and extruded whole soybean. *Braz. J. Vet. Res. Aim.Sci.* 36:3, Sao Paulo, disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1413-95961999000300009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1413-95961999000300009&lng=en&nrm=iso).
- Lanza, M., M. Bella, D. Barbagallo, V. Fasone, L. Finocchiaro and A. Priolo. 2003. Effect of partially or totally replacing soybean meal and maize by chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in lamb diets: growth performances, carcass and meat quality. *Anim. Res.* 52:263–270.
- Llamas, L.G. y C. Tejada. 1990. Manual de técnicas de investigación en rumiología. Capítulo II. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C. Editores: Arturo Castellanos Ruelas, Gerardo Llamas y Armando S. Shimada. México, D.F.
- Mason, A, N. Agrawal, M. T. Washington, S. A. Lesley and A. Koh. 2006. A lag-phase in the reduction of flavin dependent thymidylate synthase (FDTs) revealed a mechanistic missing link. *Chem. Commun (Camb)*, 16:1781–1783.
- McIntosh, G.H., Y.H. Alex and P.J. Royle. 1998. A diet containing chickpeas and wheat offers less protection against colon tumor than a casein and wheat diet in dimethylhydrazine treated rat. *J. Nutr.* 128:804-809.
- Mertens, D.R. 1993. Rate and extent of digestión. En *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Editado por J.M. Forbes y J. France, CAB International, Wallingford, UK.
- Messina, M.J. 1999. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am. J. Clin. Nutr.* 70(suppl): 439S-450S.
- Miller, P., K. McKay, B. Jenks, J. Riesselman, K. Neill, D. Buschena and A.J. Bussan. 2002. Growing chickpeas in the northern great plains. Montguide # MT200204-ag3/2002, Extension service, University State Montana State. Disponible en: <http://www.montana.edu/wwwpb/pubs/mt200204.pdf>

- Morales, L.J., M.L. Cassis and P.S. Cesin. 2000. Obtaining a fermented chickpea (*Cicer arietinum* L.) extract and its use as a milk extensor. Arch. Latinoam. Nutr. 50: 157-163.
- Muehlbauer, F.J. and T. Abebe. 1997. *Cicer arietinum* L. New crop Factsheet, Center for new crop and plant product, University of Purdue. Disponible en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/Chickpea.html>
- Mustafa, A.F., P.A. Thacker, J.J. McKinnon, D. A. Christensen and V.J. Racz. 2000. Nutritional value of feed grade chickpea for ruminant and pigs. J. Sci. Food Agric. 80:1581-1588.
- Nestares, T., M. López-Frías, M. Barrionuevo and G. Urbano. 1996. Nutritional assessment of raw and processed chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein in growing rats. J. Agric. Food Chem. 44:2760-2765.
- Nighat, B., A.H. Gilani and H.N. Saeed. 2000. Effect of cooking and supplementation on nutritional value of gram (*Cicer arietinum*) J. Nutr. Res. 20:297-307.
- Nocek, J.E. 1988. In situ and other methods to stimate ruminal protein and energy digestibility: A review. J. Dairy Sci. 71:2051-2069.
- NRC, 1984. Nutrient Requirements of beef Cattle (6 th Ed.). National Academic Press. Washington, DC. USA
- NRC, 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (6 th Ed.). National Academic Press. Washington, DC. USA
- NRC, 1996. Nutrient Requirements of beef Cattle (7 th Ed.). National Academic Press. Washington, DC. USA
- Obregón, J.F. 1999. Efecto de la sustitución de sorgo por garbanzo (*Cicer arietinum* L.) sobre la digestibilidad aparente de dietas para ovinos en engorda. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Obregón, J.F. 2003. Valoración nutricional del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en dietas integrales para ovinos en engorda intensiva. Tesis Doctorado. Facultad de Agricultura-Universidad Autónoma de Nayarit.
- Obregon, J.F. and R. Barajas. 1998. Effect of substitution of chickpeas by sorghum grain on total tract digestion characteristic in sheep fed finishing diets. J. Anim. Sci. 76 (suppl.1): 341.
- Obregon, J.F. and R. Barajas. 2001. Ruminal degradation of crude protein of cull chickpeas using nylon bag technique in sheep. J. Anim. Sci. 79 (suppl.1): 417.

- Obregon, J.F. and R. Barajas. 2002a. Effect of substitution of a soybeans meal sorghum grain blend for cull chickpeas on growth performance and carcass traits in sheep. *J. Anim. Sci.* 80 (suppl.1): 231.
- Obregon, J.F. and R. Barajas. 2002b. Effect of substitution of a soybeans meal-sorghum grain blend for cull chickpeas on apparent digestibility of finishing diets for sheep. *J. Anim. Sci.* 80 (suppl.1): 231.
- Obregon, J.F., E. Ibarra, A. Gomez, A. Estrada y F.G. Rios. 2005. Growth performance of sheep fed with diets containing soybean meal, cull chickpea or cull chickpea-fish meal as protein source. *J. Anim. Sci.* 83 (suppl.1): 195.
- Obregon, J.F., H.R. Guemez, J.M. Uriarte, G. Contreras and R. Barajas. 2002. Effect of substitution of a corn-soybeans meal blend with cull chickpeas on growth performance and carcass traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 80 (suppl.1): 224.
- Obregon, J.F., R. Barajas and A. Estrada. 2000. The substitution of canola meal by chickpeas as protein supplement in finishing diets for sheep: effect on apparent digestibility. *J. Anim. Sci.* 78 (suppl.1): 302.
- Orskov, E.R., F.D. DeB Hovell and F. Mould 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5:195-213.
- Orskov, E.R. 1988. *Nutrición Proteica de los Rumiantes*. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Orskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agr. Sci. (Camb.)*. 92: 499-503.
- Owens, F.N. and R.A. Zinn. 1982. The standard reference system of protein bypass estimation. In: *Protein Requirements for Cattle: Symposium*. Oklahoma State Univ. MP-109., p.352-357.
- Owens, F.N. and R.A. Zinn. 1993. Metabolismo de la proteína en los rumiantes. En: *El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición*. Editor Church, D.C. Editorial Acribia. Zaragoza, Esp., p.255-281.
- Pennisi, P., Bosi, P, M. Avondo and G. Urso. 1994. Study on the use of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in feeding on lean pigs. *Rev. Suinicultura* 35:61-64.
- Perez, M.R.A. 1997. Testing and improving the nutritional value of grain legumes. Final report to rural industry research and development council egg industry and chicken meat program, project numbers DAQ28 E and DAQ 30 CM. The Queensland Poultry Research and Development Centre, The Queensland Department of Primary Industries and The University of Queensland

- Perez, M.R.A., P.F. Mannion and D.J. Farrel. 1999. Optimum inclusion of field peas, faba beans, chickpeas and sweet lupins in poultry diets. I. Chemical composition and layer experiment. *Brit. Poult. Sci.* 40: 667-673.
- Pingsheng M., T. Goncalves, A. Maretzek, M. C. L. Dias and J. M. Thevelein. 1997. The lag phase rather than the exponential growth phase on glucose is associated with a higher cAMP level in wild-type and cAMP attenuated strains of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology* 143:3451-3459
- Pond, W.G. and J.H. Maner. 1984. *Swine Production and Nutrition*. Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Prigge, E.C., M.L. Gaylean, F.N. Owens, D.G. Wagner, and R.R. Johnson. 1978. Microbial protein synthesis in steers fed processed corn rations. *J. Anim. Sci.* 46:249-254.
- Quevedo, G., J.F. Obregon, R. Barajas and A. Estrada. 2001. Effect of cull chickpeas variety on apparent digestibility of diets for sheep. *J. Anim. Sci.* 79 (suppl.1): 415.
- Ramirez, R.G., H.E. Kiesling, M.L. Galyean, G.P. Lofgreen, and J.K. Elliott. 1985. Influence of steam-flaked, steamed-whole or whole shelled corn on performance and digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 61:1-8.
- Reed, J. J., G. P. Lardy, M. L. Bauer, T. C. Gilbery, and J. S. Caton. 2004. Effect of field pea level on intake, digestion, microbial efficiency, ruminal fermentation, and in situ disappearance in beef steers fed growing diets. *J. Anim. Sci.* 82:2123-2130.
- Rincon, F., B. Martinez and M.V. Ibañez. 1998. Proximate composition and antinutritive substances in chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by the biotype factor. *J. Sci. Food Afric.* 78:382-388.
- Robinson, D. and D.N. Singh. 2001. Alternative protein source for laying hens. Rural Industries Research and Development Corporation, Queensland Poultry Research and Development Centre. Report Project N° DAQ-241<sup>a</sup>, Publication N° 00/144. Págs. 85.
- Robles, S.R. 1975. *Producción de Granos y Forrajes*. Ed. LIMUSA. S.A., D.F. México.
- Rubio, L.A. and I. Seiquer. 2002. Transport of amino acid from in vitro digested legume protein or casein in caco-2 cell cultures. *J. Agric. Food Che.* 50:5202-5206.

- Rubio, L.A., G. Grant, P. Dewey, D. Brown, M. Annand, S. Bardocz and A. Pusztai. 1998. Nutritional utilization by rat of chickpeas (*Cicer arietinum*) meal and its isolated globulin proteins is poorer than that of defatted soybean or lactalbumin. *J. Nutr.* 128:1042-1047.
- SAGARPA. 2003. Principales variedades recomendadas para el ciclo O.I. en Sinaloa. PRONASE.
- SAGARPA. 2006. Centro de Estadística Agropecuaria. Sistema de Información Agropecuaria de consulta (SIACON ver 1.1), Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>
- Salgado, P., J.P. Lalles, R. Toullec, M. Mourato, F. Cabral and J.P.B. Freire. 2001. Nutrient digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds and effect on the small intestine of weaned piglets. *Anim. Feed Sci. Tech.* 91:197-212.
- Salisbury, F.B. y Parke, R.V. 1968. Las Plantas Vasculares: Forma y Función. Ed. Herrero Hermanos Sucesores S.A. México.
- Schneider, H.B. and W.P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments. The University of Georgia. Press. Athens. GA. U.S.A.
- Shamonthaka, S. 1987. The contribution of trypsin inhibitors to the nutritional value of chickpea seed protein. *J. Sci Food. Agric.* 40:253-261.
- Shimada, A.S. and E.A. Gonzalez. 1975. Limiting amino acid of chickpea (*Cicer arietinum* L.) for chickens and pigs. *Arch. Latinoam. Nutr.* 25:363-375.
- Shimada, A.S. y S. Brambila. 1967. Efecto del cocimiento del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) sobre su valor nutritivo para el cerdo. *Téc. Pec. Méx.* 10:5-8.
- Singh, D.N., N.N. Hung and M., Magee. 2000. Comparison of growth response of pigs growing from 20-90 kg when fed mungbean (*Vigna radiata*) or chickpea (*Cicer arietinum*). *Proceeding of the Nutrition Society of Australia* 24:120.
- Singh, G., A. Kuwatra and S. Sehgal. 2001. Nutritional composition of selected green leafy vegetables herbs and carrots. *Plant Food Hum Nutr.* 56:359-364.
- Sommerfeldt, J.L. and A. Lyon. 1988. Ration digestibilities and ruminal characteristic in steers fed chickpeas *J. Dairy Sci.* 71:843-847.
- Song, M.K. and J.J. Kennelly. 1990. Ruminal fermentation pattern, bacterial population and ruminal degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. *J. Anim. Sci.* 68:1110-1120



- Sotelo, A., F. Flores and M. Hernandez. 1987. Chemical composition and nutritional value of mexican varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Plant Food Hum. Nutr. 37:299-306.
- Statistix-8. 2003. User's Manual. Analytical Software; Tallahassee, FL. Version 8.0.
- Stern, M.D., L.M. Rode, R.W. Prange, R.H. Stauffacher, and L.D. Satter. 1983. Ruminant protein degradation of corn gluten meal in lactating dairy cattle fitted with duodenal T-type cannulae. J. Anim. Sci. 56:194-205.
- Tarek, A.E. 2002. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum*) undergoing different cooking method and germination. Plant Food Hum. Nutr. 57:83-97.
- Thacker, P.A., S. Quiao and V.J. Racz. 2002. A comparison of the nutrient digestibility of Desi and kabuli chickpeas fed to swine. J. Sci. Food Agric. 82:1312-1318.
- Ulloa, J.A., M.E. Valencia and Z.H. Garcia. 1988. Protein concentrate from chickpea: Nutritive value of a protein concentrate from chickpea (*Cicer arietinum*) obtained by ultrafiltration and its potencial use in an infant formula. J. Food Sci. 43:1396-1401.
- Upadhyaya, H.D., P.J. Bramel and S. Singh. 2001. Plant Genetic Resource. Plenum Press, New York.
- Van Keulen, J. and B.A. Young. 1977. Evaluation of acid insoluble ash a natural marker in ruminant digestibility studies. J. Anim. Sci. 44:282-287.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminants. 2.ed. Cornell University Press, New York.
- Vanzat, E.S., R.C. Cochran and E.C. Titgemeyer. 1998. Standarization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. J. Anim. Sci. 76:2717-2729.
- Viveros, A., A. Brenes, R. Elices. F. Arija and R. Canales. 2001. Nutricional value of raw and autoclaved kabuli and desi chickpeas (*Cicer arietinum*) for growing chickens Brit. Poult. Sci. 42:241-251.
- Wang, N. and J. K. Daun. 2004. The Chemical Composition and Nutritive Value of Canadian Pulses. Canadian Grain Commission Grain Research Laboratory Winnipeg, Canadian, MBR3C3G8. Disponible en: <http://www.saskpulse.com/media/pdfs/composition-pea.pdf>
- Wang, Y.H. and G.H. McIntosh. 1996. Extrusion and boiling improve rat body weight gain and plasma cholesterol lowering ability of peas and chickpeas. J. Nutr. 126:3054-3062.

- Wiryawan, K.G. 1997. Grain legumes for poultry. Thesis of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Animal Science. University of Queensland.
- Zamora, J.M., M.C. Aguirre, A.S. Shimada y L.R. Martinez. 1975. Estudio preliminar sobre el efecto de la alimentación de cerdos con garbanzo (*Cicer arietinum*) en las características de la canal. *Téc. Pec. Méx.* 31:27-31.
- Zinn, R.A. 1987. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of steam-flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 65:256-266.

## 11. Anexo I.

### 11.1. Análisis económico.

En el cuadro 15 se muestra un análisis económico de los valores obtenidos como resultado de la prueba de comportamiento, utilizando dietas sin o con 20% rezaga de garbanzo en sustitución parcial del grano de maíz molido para bovinos de engorda intensiva.

Cuadro 15. Análisis económico de la sustitución de maíz por rezaga de garbanzo, en la alimentación de bovinos de engorda intensiva en corral.

Variable	Tratamientos		Comparación con respecto a Maíz en la dieta	
	Rezaga de garbanzo en la dieta		Unidades	Porcentaje
	0%	20%		
Indicadores Productivos				
Peso Inicial, kg	425.14	425.81		
Peso Final, kg	463.34	457.51		
Días en alimentación, n	28	28		
Ganancia de peso, kg	38.20	31.70	- 6.50	- 17.02
Alimento consumo BH, kg	283.64	252.46	- 31.16	- 10.99
Indicadores Económicos				
Costo kg de alimento, \$	1.64	1.47	- 0.16	- 9.77
Precio kg en pío, \$	16.50	16.50		
Costo kg de aumento, \$	12.17	11.78	- 0.39	- 3.21
Valor de kg producidos, \$	630.30	523.05	- 107.25	- 17.02
Costo de alimentación, \$	464.73	373.27	- 91.46	- 19.68
Utilidad Bruta / animal, \$	165.56	149.78	- 15.79	- 9.54
Rentabilidad por alimentación, %	42.43	46.34	+ 3.91	+ 9.22

La inclusión del 20% de rezaga de garbanzo se disminuyó en 17.02% el valor de la producción, pero también redujo en 3.21% el costo de kg aumentado por los toretes, lo que se reflejó en una disminución de 19.68% en el costo de alimentación; por lo que, aunque la utilidad bruta por animal fue 9.54% menor con la inclusión de la rezaga de garbanzo, la combinación de estos resultados arrojó una mejora de 9.22% en la rentabilidad por el concepto de alimentación del proceso de engorda, al aumentar de 42.43% a 46.34% la relación costo-beneficio de la inversión en alimento, estos valores sugieren que la inclusión de rezaga de garbanzo al 20% en la alimentación de bovinos de engorda intensiva, representa una alternativa económica para mejorar la rentabilidad de la inversión en alimentación por parte del productor.