



**REPÚBLICA DE CUBA**

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

**INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL**

**UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS**

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

**EVALUACIÓN DEL FORRAJE DE *Arachis pintoi* (CULTIVAR CIAT-18751)  
COMO ALIMENTO PARA CERDOS EN CRECIMIENTO-CEBA**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias.

Verónica Cristina Andrade Yucailla

“Año 58 de la Revolución”  
Santa Clara  
2016

**REPÚBLICA DE CUBA**  
**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR**



**UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DEL FORRAJE DE *Arachis pintoi* (CULTIVAR CIAT-18751)**  
**COMO ALIMENTO PARA CERDOS EN CRECIMIENTO-CEBA**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias.

Aspirante: Ing. Verónica Cristina Andrade Yucailla, MSc.

Tutor: D.M.V. Raciél Lima Orozco, Dr. C.

Cotutor: Ing. Julio César Vargas Burgos, Dr. C.

“Año 58 de la Revolución”  
Santa Clara  
2016

*PENSAMIENTO*

*“Cuida tus Pensamientos*

*Porque se volverán Actos.*

*Cuida tus Actos*

*Porque se harán Costumbre.*

*Cuida tus Costumbres*

*Porque formarán tu Carácter.*

*Cuida tu Carácter*

*Porque formará tu Destino.*

*Y tu Destino será tu Vida.”*

*Mahadma Gandhi*

## DEDICATORIA

*A Dios padre todo poderoso.*

*A la mujer que es el mayor ejemplo de lucha incansablemente en mi vida para cumplir mis anhelos mi hermosa madre Beatriz y el hombre que ha guiado y ha sido un ejemplo de superación mi padre José Luis.*

*A mis hermanos Sandra, Mauricio, Yomira y sobrina Adriana por el amor brindado siempre.*

*A mis abuelitos, Ángel, Manuela, Brígida, a mis tíos y primos quienes constantemente estuvieron alentando mi carrera.*

*A toda mi familia quienes amo y extraño por ser lo principal en mi vida.*

## AGRADECIMIENTO

*Le doy gracias a Dios por haberme bendecido con salud y fuerzas para mantenerme en pie cada día durante esta larga aventura de aprendizaje y conocimiento. A mis padres por sus bendiciones y formarme como una persona de bien.*

*A mi tutor, maestro y amigo Dr. C. Raciél Lima Orozco por haberme dado el honor de conocerlo y haberme brindado la paciencia, apoyo y confianza para guiarme en esta formación personal y profesional.*

*A mi tutor, guía y amigo Dr. C. Julio Cesar Vargas Burgos por confiar siempre en mí y abrir nuevos caminos en mi vida profesional.*

*Al MSc Milton Celiano Ortiz por confiar desde siempre en mí y ser el mentor en esta gran aventura.*

*A mis profesores de la UCLV de la FCA, quienes me brindaron su amistad y su valioso conocimiento, para enriquecer constantemente este trabajo para mi superación profesional.*

*Al equipo de técnicos docentes, investigadores y obreros del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica de la UEA, por la ayuda prestada durante el proceso de experimentación.*

*A las autoridades de la Universidad Central "Marta Abreu de las Villas", por el apoyo brindado a los estudiantes extranjeros y dar nuevas oportunidades de superación.*

*A mis queridos amigos (as) Roberto, Paulina, Lisbeth, Diana, Isabel, y en especial Carmita y Arahis que estuvieron siempre conmigo cuando sentía que nada podía ser peor y con amor, paciencia levantaban mis ánimos.*

*A Lilia y Héctor que me ayudaron y abrieron las puertas de su hogar y han cuidado de mi como una hija, a Isabel por estar siempre pendiente de mí y brindarme su amistad y amor, a Mayra, Dailyn y Jesús quienes también me acogieron en su casa y estuvieron siempre pendientes de mí.*

*Y en fin no me canso de agradecer a cada uno de aquellos actores que participaron en mi formación profesional y la amistad brindada de manera desinteresada.*

*A todos, Muchas Gracias.*

*Y un Dios le pague.*

## ABREVIATURAS

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
A	Animal
AGCC	Ácidos grasos de cadena corta
AGV	Ácidos grasos volátiles
B	Bloque
bx	Coefficiente de regreso y variable concomitante peso inicial
°C	Grados Celsius
cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado
CIPCA	Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CED	Consumo de energía digestible
CEM	Consumo de energía metabolizable
CMS	Consumo de materia seca
CPB	Consumo de proteína bruta
d	Día
D	Dietas
dEB	Digestibilidad fecal de la energía bruta
dEE	Digestibilidad fecal del extracto etéreo
divMS	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca
dMO	Digestibilidad fecal de la materia orgánica
dMS	Digestibilidad fecal de la materia seca
dPB	Digestibilidad fecal de la proteína bruta
EB	Energía bruta
ED	Energía digestible
EE±	Error estándar de la media
EEt	Extracto etéreo
EM	Energía metabolizable
FB	Fibra bruta
FC	Frecuencia de corte

---

<b>FDA</b>	Fibra detergente ácido
<b>FDN</b>	Fibra detergente neutro
<b>FV</b>	Forraje verde
<b>g</b>	Gramo
<b>GMD</b>	Ganancia media diaria
<b>ha</b>	Hectárea
<b>HF</b>	Harina del forraje
<b>ID</b>	Intestino delgado
<b>IG</b>	Intestino grueso
<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
<b>INIAP</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>LM</b>	Ley de mataderos
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>Mcal</b>	Mega caloría
<b>MGL</b>	Modelo general lineal
<b>MJ</b>	Mega Joule
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetros
<b>MO</b>	Materia orgánica
<b>MS</b>	Materia seca
<b>m.s.n.m.</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>n</b>	Número de observaciones
<b>N</b>	Nitrógeno
<b>NI</b>	Nivel de inclusión
<b>PB</b>	Proteína bruta
<b>PV</b>	Peso vivo
<b>PV<sup>0,75</sup></b>	Peso metabólico
<b>S</b>	Sexo
<b>RAE</b>	Región Amazónica Ecuatoriana
<b>RCC</b>	Rendimiento a la canal caliente
<b>RCF</b>	Rendimiento a la canal fría
<b>t</b>	Tonelada
<b>TGI</b>	Tracto gastrointestinal
<b>U</b>	Unidad
<b>UFC</b>	Unidades formadoras de colonias
<b>vs.</b>	Versus

## SÍNTESIS

El presente trabajo evaluó el efecto de las frecuencias de corte (FC: 20, 35 y 50 días (d)) sobre el valor nutritivo de la harina del forraje de *Arachis pinto* Krapov. & WC. Greg. Se empleó un diseño de bloques al azar con tres réplicas por tratamiento en tres bloques. En la prueba de comportamiento productivo se emplearon 28 cerdos ( $25 \pm 0,85$  kg de peso vivo) alimentados con o sin (0 y 15 %) harina de *A. pinto* producida con FC de 35 d. La mayor producción forrajera por ha/año ( $P < 0,001$ ) se presentó con FC de 35 d y la mayor concentración de proteína bruta correspondió a la harina de forraje de *A. pinto* producida con la FC de 20 d; sin embargo la mayor concentración de aminoácidos se presentó en la harina producida a la FC de 35 d. En la prueba de digestibilidad fecal se obtuvo mayor absorción de los nutrientes para la dieta control. Los niveles energéticos y digestibles, así como el desempeño productivo y calidad de la canal de cerdos en crecimiento-ceba sugieren que la harina de forraje de *A. pinto* puede utilizarse en dietas para cerdos en crecimiento-ceba en un 15 % de inclusión.

---



---

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
HIPOTESIS .....	3
OBJETIVO GENERAL .....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
NOVEDADES CIENTÍFICAS .....	4
IMPORTANCIA TEÓRICA Y PRÁCTICA .....	5
APORTES CIENTÍFICOS .....	5
<b>CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	6
<b>1.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA REGIÓN AMAZÓNICA DE ECUADOR</b> .....	6
<b>1.2. MANÍ FORRAJERO (<i>ARACHIS PINTOI</i> KRAPOV. &amp; WC. GREG)</b> .....	8
<b>1.2.1. Clasificación</b> .....	8
<b>1.2.2. Origen</b> .....	9
<b>1.2.3. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el <i>A. pintoi</i></b> .....	9
<b>1.2.4. Características generales</b> .....	11
<b>1.2.5. Descripción morfológica</b> .....	13
<b>1.2.6. Condiciones de adaptación</b> .....	16
<b>1.2.7. Formas de establecimiento del pasto con material vegetativo</b> .....	16
<b>1.2.8. Formas de aplicación de humus de lombriz</b> .....	18
<b>1.2.9. Usos potenciales</b> .....	19
1.2.9.1. Cobertura del suelo y control de malezas .....	19
1.2.9.2. Maní forrajero como mejorador del suelo .....	20
1.2.9.3. Maní forrajero en la nutrición animal .....	21

1.2.9.4.	Aporte del maní forrajero .....	22
<b>1.2.10.</b>	<b><i>Comportamiento animal</i></b> .....	<b>24</b>
1.2.10.1.	Eficiencia digestiva de los alimentos fibrosos en el intestino grueso del cerdo.....	24
1.2.10.2.	Aceptabilidad, consumo, ganancia media diaria (GMD) y conversión .....	30
<b>CAPÍTULO II. EFECTO DE FRECUENCIA DE CORTE SOBRE EL RENDIMIENTO FORRAJERO Y EL VALOR NUTRITIVO DE HARINA DEL FORRAJE DE <i>Arachis pintoi</i> .....</b>		
<b>33</b>		
<b>2.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>33</b>
	OBJETIVO.....	34
<b>2.2.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
2.2.1.	<i>Diseño Experimental</i> .....	35
2.2.2.	<i>Estadística</i> .....	37
<b>2.3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>37</b>
2.3.1.	<i>Producción forrajera</i> .....	37
2.3.2.	<i>Composición química</i> .....	40
2.3.3.	<i>Energía y digestibilidad in vitro</i> .....	43
<b>2.4.</b>	<b>CONCLUSIONES PARCIALES</b> .....	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD FECAL Y CONCENTRACIÓN ENERGÉTICA PARA CERDOS EN CRECIMIENTO-CEBA DE DIETAS CON HARINA DEL FORRAJE DE <i>Arachis pintoi</i> .....</b>		
<b>46</b>		
<b>3.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>46</b>
	OBJETIVO.....	48
<b>3.2.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>48</b>
3.2.1.	<i>Diseño Experimental</i> .....	48
3.2.1.1.	<i>Producción de harina del forraje de A. pintoi</i> .....	48
3.2.1.2.	<i>Dietas formuladas</i> .....	49
3.2.1.3.	<i>Animales y manejo</i> .....	51
3.2.1.4.	<i>Análisis químico</i> .....	51
3.2.2.	<i>Estadística</i> .....	52

<b>3.3. RESULTADO Y DISCUSIÓN</b> .....	52
<b>3.3.1. Digestibilidad fecal y consumo de nutrientes</b> .....	52
3.3.1.1. <i>Digestibilidad fecal</i> .....	52
3.3.1.2. <i>Consumo de nutrientes</i> .....	55
<b>3.4. CONCLUSIONES PARCIALES</b> .....	56
<b>CAPÍTULO IV. RASGOS DE COMPORTAMIENTO DE CERDOS EN CRECIMIENTO-CEBA ALIMENTADOS CON HARINA DE <i>Arachis pinto</i> EN CONDICIONES DE LA REGIÓN AMAZÓNICA DE ECUADOR.</b> .....	57
<b>4.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	57
OBJETIVOS .....	59
<b>4.2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	59
<b>4.2.1. Diseño Experimental</b> .....	59
4.2.1.1. <i>Producción de harina del forraje de A. pinto</i> .....	59
4.2.1.2. <i>Animales y manejo</i> .....	60
4.2.1.3. <i>Dietas formuladas</i> .....	60
4.2.1.4. <i>Canales</i> .....	61
<b>4.2.2. Estadística</b> .....	63
<b>4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	64
<b>4.3.1. Comportamiento productivo</b> .....	64
<b>4.3.2. Canales</b> .....	69
<b>4.3.3. Análisis económico</b> .....	75
<b>4.4. CONCLUSIONES PARCIALES</b> .....	81
<b>CAPÍTULO V. DISCUSIÓN GENERAL</b> .....	82
CONCLUSIONES GENERALES .....	88
RECOMENDACIONES .....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	91
<b>ANEXOS</b> .....	100
FOTOS EXPERIMENTO I .....	100

---

FOTOS EXPERIMENTO II.....	102
FOTOS EXPERIMENTO III .....	105

---



---

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.1.</b> Calidad nutricional del maní forrajero en condiciones de la Orinoquia, colombiana, en suelos oxisoles .....	11
<b>Tabla 1.2.</b> Parámetros productivos y de calidad de tres ecotipos de maní forrajero .....	18
<b>Tabla 1.3.</b> Composición bromatológica (%) del forraje cosechado a los 60 d post siembra de <i>A. pintoï</i> comparado con heno de pangola ( <i>Brachiaria decumbens</i> ), pasto estrella africana ( <i>Cynodon dactylon</i> ) y concentrado iniciador .....	23
<b>Tabla 1.4.</b> Composición bromatológica de la harina de maní forrajero (pool de cultivo)...	24
<b>Tabla 1.5.</b> Digestibilidad de la proteína bruta, fibra bruta y energía bruta en cerdos de diferentes pesos vivos (PV) en relación con el contenido de fibra bruta en la dieta ..	29
<b>Tabla 1.6.</b> Rasgos de comportamiento y digestibilidad en cerdos alimentados con dietas isoenergéticas, isoproteicas y niveles variables de grasa y fibra bruta .....	31
<b>Tabla 1.7.</b> Correlación entre índices digestivos (digestibilidad de MS, N y energía) y de comportamiento (consumo de MS, ganancia de peso vivo y conversión alimenticia) en cerdos cebados con maíz o miel de caña.....	32
<b>Tabla 2.1.</b> Rendimiento forrajero del <i>Arachis pintoï</i> cultivar CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte en cultivos establecidos en la amazonia ecuatoriana .....	38
<b>Tabla 2.2.</b> Composición química de la harina del forraje de <i>Arachis pintoï</i> CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte en cultivos establecidos en la amazonia ecuatoriana .....	40

---

<b>Tabla 2.3.</b> Concentración de aminoácidos de la harina del forraje de <i>Arachis pinto</i> CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte en cultivos establecidos en la amazonia ecuatoriana .....	42
<b>Tabla 2.4.</b> Concentración energética y digestibilidad <i>in vitro</i> de la harina del forraje de <i>Arachis pinto</i> CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte.....	44
<b>Tabla 3.1.</b> Características de las dietas experimentales (% en base seca) .....	50
<b>Tabla 3.2.</b> Digestibilidad fecal (g de nutriente digestible/g de nutriente total) de cerdos en crecimiento-ceba alimentados con dietas que incluían harina de forraje de <i>A. pinto</i> (CIAT-18751) .....	53
<b>Tabla 3.3.</b> Consumo de materia seca, proteína bruta y energía digestible de cerdos en crecimiento-ceba alimentados con dietas que incluían harina de forraje de <i>A. pinto</i> (CIAT-18751) .....	55
<b>Tabla 4.1.</b> Características de las dietas experimentales (% en base seca) .....	61
<b>Tabla 4.2.</b> Rasgos del comportamiento productivo de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de <i>A. pinto</i> en un 15 %.....	65
<b>Tabla 4.3.</b> Rendimiento de la canal y cortes principales de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de <i>A. pinto</i> en un 15 % .....	71
<b>Tabla 4.4.</b> Peso absoluto de las vísceras y su contenido de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de <i>A. pinto</i> en un 15 % .....	72
<b>Tabla 4.5.</b> Dimensiones de los cortes principales de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de <i>A. pinto</i> en un 15 %.....	73
<b>Tabla 4.6.</b> Espesor de la grasa dorsal y en otros cortes de la región dorsal de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de <i>A. pinto</i> en un 15 % ..	74

**Tabla 4.7.** Elementos básicos del sistema económico de producción de harina de *Arachis pinto* de 35 días/ha/año ..... 76

**Tabla 4.8.** Costo de producción de harina de *Arachis pinto* de 35 días de edad cosechada en una hectárea por un año..... 77

**Tabla 4.9.** Costo de producción de las dietas con 0 y 15 % de inclusión harina de *Arachis pinto* de 35 días ..... 78

**Tabla 4.10.** Balance económico de los cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de *Arachis pinto* en un 15 %, considerando la venta del estiércol . 79

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1. Mecanismos de acción de la fibra de la dieta y de los carbohidratos indigestibles en el incremento del peso y el volumen colónico y fecal. ....	27
Figura 2.1. Cultivo de <i>Arachis pintoi</i> a la edad de 20 d .....	39
Figura 2.2. Cultivo de <i>Arachis pintoi</i> a la edad de 35 d .....	39
Figura 2.3. Cultivo de <i>Arachis pintoi</i> a la edad de 50 d .....	39
Figura 3.1. Dieta 0 % nivel de inclusión de HF <i>A. pintoi</i> .....	49
Figura 3.2. Dieta 10 % nivel de inclusión de HF <i>A. pintoi</i> .....	49
Figura 3.3. Dieta 15 % nivel de inclusión de HF <i>A. pintoi</i> .....	50
Figura 3.4. Dieta 20 % nivel de inclusión de HF <i>A. pintoi</i> .....	50
Figura 3.5. Curvas de regresion entre la digestibilidad fecal de la materia orgánica (dMO), la materia seca (dMS), la proteína bruta (dPB) y el extracto etéreo (dEEt) y el nivel de inclusión (NI) de la harina de forraje de <i>A. pintoi</i> en la dieta de cerdos en crecimiento-ceba.....	54
Figura 4.1. Cortes diferenciados según criterios de LM (1996).....	63
Figura 4.2. Relación del consumo de materia seca (CMS) y el peso metabólico ( $P^{0.75}$ ) de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de <i>A. pintoi</i> en un 15 % .....	67
Figura 4.3. Relación del consumo de proteína bruta (CPB) y el peso metabólico ( $PV^{0.75}$ ) de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de <i>A. pintoi</i> en un 15 % .....	68

Figura 4.4. Relación del consumo de energía metabolizable (CEM) y el peso metabólico (PV<sup>0.75</sup>) de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de *A. pintoi* en un 15 % ..... 69

Figura 4.5. Elementos básicos del sistema económico..... 75

*Introducción General*

## **INTRODUCCIÓN GENERAL**

El incremento permanente de los precios de los granos y cereales ha forzado a varios estados a buscar alimentos alternativos destinados al consumo animal. La utilización de forrajes en la alimentación de los cerdos trae consigo ventajas nutricionales y fisiológicas, las que favorecen el comportamiento productivo de los animales (Savón *et al.* 2005). Estos métodos posibilitan que los productores, especialmente los campesinos, puedan incrementar la productividad y contribuyan así a la seguridad alimentaria y a la protección del medio ambiente, además de mejorar sus ingresos (Brea *et al.* 2014).

El trópico ofrece numerosas ventajas dado por el potencial natural que posee, representado en la abundante biomasa vegetal, la cual hay que aprovechar para obtener una producción animal de acuerdo a las condiciones actuales, utilizando los recursos disponibles del medio, especialmente por la variedad de plantas que, por su velocidad de crecimiento, aportan una cantidad de biomasa suficiente para suplir parte de las necesidades nutricionales de los animales monogástricos, tanto de proteína como de energía (Pico 2010).

En los últimos años en los países tropicales se ha incrementado la utilización de fuentes fibrosas (harinas de forraje de leguminosas y gramíneas) en la alimentación de especies monogástricas, como una alternativa alimentaria de bajo costo, además de no competir con los alimentos destinados al hombre (Savón 2002). La región Amazónica ecuatoriana cuenta con gran variedad de plantas forrajeras que aportan biomasa, proteína bruta y energía, entre otros nutrimentos (Ordóñez 2010); sin embargo, no se dispone de muchas evaluaciones

desarrolladas en estos distintos ambientes tropicales (Domínguez y Ly 1997 y Thanh *et al.* 1997 y Le Van *et al.* 2004), que provean información acerca de los procesos digestivos que tienen lugar en diferentes secciones del tracto gastrointestinal de cerdos (Díaz *et al.* 2014).

Los pastos y forrajes constituyen la fuente basal alimenticia más económica para los sistemas de producción ganadera a nivel mundial (Estupiñan *et al.* 2009), una alternativa en la producción porcina es el uso de la biomasa forrajera con alto valor proteico, las que se han utilizado con éxito en la alimentación de rumiantes, pero han sido escasamente estudiadas en la alimentación de cerdos (Sarria 1991).

El uso de forrajes arbóreos y arbustivos tropicales en la alimentación porcina pueden ser alternativas para los países del trópico con bajos recursos financieros (Sarria 2003 y Ly 2004), como en otros lugares similares (Gutteridge y Sheltonm 1998).

Es interesante la utilización de materias primas no convencionales como el maní forrajero (*Arachis pintoi* Krapov. & WC. Greg) que por su velocidad de crecimiento, propagación y composición nutricional lo convierten en un excelente candidato en la amazonia ecuatoriana (Ordóñez 2010). *A. pintoi*, particularmente se ha convertido en una opción forrajera para mejorar los sistemas ganaderos y transformarlos en sustentables, debido a que estimula la diversidad biológica, recupera los suelos degradados y es fuente de proteína metabolizable para los animales de altos requerimientos nutricionales (Bourrillon 2007).

La cría de cerdos en crecimiento-ceba utilizando harina del forraje de *A. pintoi* puede constituir una alternativa para los sistemas productivos de pequeña y mediana escala para satisfacer las necesidades de aquellos productores que buscan nuevas oportunidades. Pensando en función al costo de alimentación con concentrados a base de maíz y soya, productos importados por el Ecuador. La generación de información relativa a la utilización

digestiva de recursos no convencionales, contribuye a impulsar el conocimiento; la escasa experiencia existente al respecto, incentiva la búsqueda para mejorar las formas de alimentación (Nieves *et al.* 2002). Al recapitular sobre los avances logrados en este tema, Ly (2005) señaló que el mayor interés se ha centrado en sustituir al menos una parte de la proteína requerida para el buen desarrollo de los cerdos, buscando abaratamiento de los costos e independencia en las fuentes de abastecimiento.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se formuló la siguiente hipótesis:

### HIPOTESIS

El forraje de *A. pinto* cosechado a tres frecuencias de corte permite confeccionar dietas para que cerdos en crecimiento-ceba alcancen niveles de producción adecuados y a menor costo productivo que aquellos cerdos que reciban dietas convencionales.

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento forrajero del cultivo de *A. pinto* y el valor nutritivo de la harina de su forraje; así como el desempeño productivo y económico de cerdos en crecimiento-ceba alimentados con dietas que contengan estas harinas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el efecto de tres frecuencias de corte (20, 35 y 50 días) sobre el rendimiento forrajero de *A. pinto* y el valor nutritivo de la harina de su forraje para cerdos en crecimiento-ceba.

2. Evaluar la digestibilidad fecal de los nutrientes de tres dietas (10, 15 y 20 % de inclusión de harina del forraje de *A. pintoii*) para cerdos en crecimiento-ceba.
3. Evaluar el comportamiento productivo y composición de la canal de cerdos alimentados con dietas que incluyan harina de forraje de *A. pintoii*.
4. Determinar el desempeño económico de dietas para cerdos en crecimiento-ceba que incluyan harina de forraje de *A. pintoii*.

## NOVEDADES CIENTÍFICAS

1. Se realizó por vez primera en la región Amazónica de Ecuador (RAE), cantón Carlos Julio Arosemena Tola, una evaluación del efecto de la frecuencia de cortes sobre el rendimiento forrajero de *A. pintoii* y el valor nutritivo de la harina de su forraje entre los que se mencionan: la materia seca, la materia orgánica, la proteína bruta, el extracto etéreo, la energía bruta, digestible y metabolizable, el fraccionamiento de la fibra, los aminoácidos y la digestibilidad *in vitro* de materia seca y materia orgánica.
2. Se determinó por vez primera en la RAE la digestibilidad fecal de la materia seca, la proteína bruta, el extracto etéreo y la energía de dietas que incluían harina de forraje de *A. pintoii* producida con frecuencia de corte de 35 d.
3. Se ofrecen por vez primera datos relacionados al rendimiento y composición de la canal de cerdos alimentados con dietas que incluyen un 15 % de harina de forraje de *A. pintoii* producida con frecuencia de corte de 35 d.

## IMPORTANCIA TEÓRICA Y PRÁCTICA

La importancia teórica de la presente investigación está dada por la amplia información que brinda en relación al efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento forrajero del cultivo de *A. pintoi* (cultivar CIAT-18751), el valor nutritivo de la harina de su forraje y su empleo en la alimentación de cerdos en crecimiento-ceba. De la misma forma da a conocer el efecto de las dietas que incluían un 15 % de harina de forraje de *A. pintoi* en la alimentación de cerdos sobre el rendimiento, calidad y composición de la canal.

La importancia práctica radica en que se emiten recomendaciones sobre la cosecha del forraje del *A. pintoi* y el uso de la harina de su forraje producida con frecuencia de corte de 35 d en la alimentación de cerdos en crecimiento-ceba bajo las condiciones agrometeorológicas del cantón Carlos Julio Arosemena Tola, provincia de Napo en la RAE.

## APORTES CIENTÍFICOS

1. Se determina la edad óptima de cosecha del forraje de *A. pintoi* para alcanzar mayor valor nutritivo y establecer el nivel de inclusión óptimo de la harina del forraje para dietas de cerdos en crecimiento-ceba.
2. Se ofrece información relacionada al rendimiento, calidad y composición de la canal de cerdos alimentados con dietas que incluyen un 15 % de harina de forraje de *A. pintoi* producida con frecuencia de corte de 35 d.
3. Se brindan recomendaciones prácticas y económicas sobre el empleo de la harina de *A. pintoi* en dietas para cerdos en crecimiento ceba.

*Revisión Bibliográfica*

## CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA REGIÓN AMAZÓNICA DE ECUADOR

La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), comprende el 2 % de la cuenca del río Amazonas, con una extensión territorial de 116 441 km<sup>2</sup>. Representa en superficie la región natural más grande del Ecuador con aproximadamente el 45 % del territorio Nacional (Nieto y Caicedo 2012). Por sus bosques naturales y la extraordinaria biodiversidad constituye un ecosistema de gran interés local y global (Martin y Pérez 2009). En este contexto, se ha venido estableciendo sistemas ganaderos, destinando un 31 % de la superficie Amazónica a la producción de pasto, donde el 70 % de dicha área es cultivada como monocultivo (Bravo *et al.* 2015). Todo ello, representa alta tasas de deforestación, expansión de la frontera agropecuaria con impactos sobre la biodiversidad y conservación de los recursos naturales (MAGAP 2012). La provincia de Pastaza como parte de esta región, no está exenta de los conflictos que se generan entre la conservación del entorno y la reducción de la capacidad de los ecosistemas de ofrecer sus servicios ambientales (Vargas-Burgos *et al.* 2013). Al respecto se ha señalado que el ritmo de explotación del bosque se efectúa de manera arbitraria sin técnicas forestales adecuadas, lo que trae como consecuencia la pérdida de especies forestales de gran valor (Martin y Pérez 2009). Desde la perspectiva del manejo sustentable y agroecológico, cualquier sistema de

producción a desarrollar en la Amazonía debe estar fundamentado en usos compatibles con el bosque ya que más de la mitad del territorio (52,7 %) tiene potencial para dicho uso (Nieto y Caicedo 2012). Las condiciones del clima extremadamente lluvioso, con suelos poco fértiles y susceptibles al lavado de nutrientes y a la erosión, explicarían la poca aptitud de la región para actividades agropecuarias tradicionales, pero sí para sistemas productivos análogos al bosque o para sistemas conservacionistas (Bravo *et al.* 2015) .

Esta degradación de los suelos producida por el mal manejo, la erosión, pérdida de la biodiversidad de cultivos y especies autóctonas de la región, producto de la tala indiscriminada e introducción de la ganadería, ha incidido en un desequilibrio donde prevalecen los insectos dañinos. La situación climática tan agresiva, unido al desconocimiento técnico, ha propiciado que una gran cantidad de pequeños productores abandonen la siembra de cultivos, debido a los rendimientos cada vez más bajos, la mala calidad de los productos y el encarecimiento de los costos de producción (Burnham 2002).

El concepto de la palabra “eco-desarrollo” incluye la armonización del desarrollo con los aspectos económicos y sociales como un manejo ecológicamente prudente de los recursos medio-ambientales. Este es un enfoque que requiere fomentar cada ecosistema para satisfacer las necesidades de la población por medio de una gran variedad de medios y de tecnologías apropiadas (Braun 1991).

Ecuador tiene una población de 14 483 499 habitantes según datos del último censo de población y vivienda, distribuidos en cuatro regiones naturales Costa, Sierra, Orienta y la Región Insular (INEC 2010).

La población porcina en Ecuador es de 1 800 000 cabezas en el año 2011 un 22,9 % más que el año 2010, según los últimos resultados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del Instituto Nacional de Estadística y Censos.

En la provincia de Santo Domingo se encuentra el mayor número de cabezas de ganado porcino con 608 075 cabezas, seguido por Manabí con 157 285 y Chimborazo con 149 606 cabezas de ganado porcino (INEC 2011).

En el año 2013 el consumo per cápita de carne de cerdo en el Ecuador fue 10 kg, cifra que se incrementó en relación al año 2007 que era de 7 kg, esto demuestra que la porcicultura en el Ecuador ha tenido un adelanto importante, siendo la producción tecnificada y semitecnificada la que más aporta con 74 908 t, y la producción de cerdos familiar y traspatio aporta 42 800 t (ASPE 2013).

## **1.2. MANÍ FORRAJERO** (*Arachis pintoi* Krapov. & WC. Greg)

### **1.2.1. Clasificación**

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae* (*Papilionacea*)

Tribu: *Aeschynomeneae*

Subtribu: *Stylosanthinae*

Sección: *Caulorhizae*

Género: *Arachis*

Especie: *pintoi*

### 1.2.2. Origen

El género *Arachis* es originario de América del Sur y está restringido naturalmente a Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay (Valls y Simpson 1995). *A. pintoii* cv. Porvenir fue colectado en 1981 en Brasil por J. Valls y W. Werneck de Centro Nacional de Investigaciones en Recursos Genéticos y Biotecnología / Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria en las márgenes del Río Preto (Valls 1992). Esta accesión fue donada por las anteriores instituciones brasileras al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en 1984, donde se le asignó el código de introducción CIAT 18744; en 1987 fue introducida para evaluación a Costa Rica dentro del convenio entre el antiguo Programa de Forrajes Tropicales del CIAT y el Ministerio de Agricultura y Ganadería. El primer sitio de siembra fue la Estación Experimental Los Diamantes localizada en Guápiles (Argel y Villarreal 2000).

### 1.2.3. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el *A. pintoii*

Para una producción pecuaria eficiente es importante comprender el efecto de la frecuencia e intensidad de defoliación en el rendimiento, composición botánica y persistencia de las pasturas (Hernández *et al.* 2005). El efecto de la altura y la frecuencia de corte sobre el rendimiento y proteína bruta de tres variedades de maní forrajero, se evaluó en un experimento desarrollado en la finca Borbollón, localizada en Jají, estado Mérida, Venezuela, a 1 950 m.s.n.m., durante 2 años. Las mayores producciones se lograron cuando se cosechó a ras de suelo con 19,6 t MS/ha/año, disminuyendo para las alturas de 5 y 10 cm con 9,3 y 6,2 t MS/ha/año, respectivamente. La producción de materia seca y proteína bruta por superficie de *A.*

*pintoi*, aumenta a medida que disminuye la altura de corte, mientras que el mayor incremento en altura y porcentaje de proteína se obtuvo con el tratamiento de 5 cm (Urbano *et al.* 2010).

Según Hernández *et al.* (2005) al evaluar el efecto de la altura y frecuencia de corte en la biomasa total (aérea más radical), rendimiento de forraje, tasa de crecimiento y crecimiento foliar del pasto buffel en invernadero, obtuvo como resultados que la altura de corte que produce el mayor rendimiento de forraje de pasto buffel, en invernadero, fue 8 cm con dos cortes por semana.

El maní forrajero se ha introducido en la zona superior a los 1 700 m.s.n.m., creciendo sólo o asociado con gramíneas, como el pasto estrella (*Cynodon plectostachium*), el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y *Setaria anceps*, con un manejo similar al de las gramíneas, en cuanto a días de descanso y carga animal (Urbano *et al.* 2005 y Álvarez *et al.* 2006). Es conveniente conocer el efecto de la altura y frecuencia de corte sobre algunas características morfológicas de diferentes cultivares ya liberados en otras localidades, en relación a la capacidad de rebrote, proporción hoja/tallo, área foliar, floración y producción de semillas, que permitan inferir como se asociaría con las gramíneas y como sería su manejo bajo pastoreo (Dávila *et al.* 2011).

**Tabla 1.1.** Calidad nutricional del maní forrajero en condiciones de la Orinoquia, colombiana, en suelos oxisoles

Parámetro	Maní Forrajero	Requerimiento Animal
Proteína, %	16,20	-
Fibra detergente neutro, %	41,00	-
Degradabilidad, %	81,00	-
Fósforo, %	0,18	0,23
Potasio, %	0,80	0,65
Calcio, %	1,05	0,30
Magnesio, mg/kg MS	0,65	0,10
Azufre, %	0,12	0,10
Cobre, mg/kg MS	10,00	8,00
Manganeso, mg/kg MS	114,00	40,00
Zinc, mg/kg MS	30,00	30,00

**Fuente:** Rincón (1999)

El maní forrajero es una de las leguminosas de mejor calidad y consumo por los animales. El contenido de proteína y de minerales, con excepción del fósforo, cubre los requerimientos del ganado. Los minerales de mayor contenido en sus hojas son calcio, potasio y magnesio con 1,05; 0,80 y 0,65 % respectivamente (Rincón 1999).

#### 1.2.4. Características generales

*A. pintoi* es una leguminosa, herbácea perenne nativa de América del Sur y tiene demostrado su adaptabilidad a una amplia gama de regímenes de precipitaciones (650 a 3 500 mm anuales de precipitación) en ecosistemas cuya temporada seca dura menos de seis meses (Bowman y Wilson 1996 y Adjolohoun *et al.* 2013a y Adjolohoun *et al.* 2013b). Esta leguminosa forrajera

puede manejarse intensivamente en combinación con gramíneas forrajes y es eficaz contra la erosión (Cook 1992). Presenta una alta tolerancia a la sombra, en la que a menudo parece más vigorosa que a plena luz del sol (Cook *et al.* 2005). *A. pintoi* es catalogado como una importante especie de pasto en la evolución de sistemas agrícolas de África Occidental tanto para pastoreo como corte, en particular cuando se combina con las gramíneas (Adjolohoun *et al.* 2008). Estos atributos ecológicos y agronómicos de *A. pintoi* son influenciados por el medio ambiente y las prácticas de gestión (Gobbi 2011), que incluye la densidad de siembra en establecimiento (Perin *et al.* 2003).

Una de las mayores contribuciones de *A. pintoi* en el sistema de producción es su potencial de fijación de nitrógeno atmosférico (N) tanto en suelo como en su biomasa, lo que hace que sea un forraje de mejor valor nutricional y mejora la fertilidad del suelo (Miranda *et al.* 2003). Esta capacidad lo convierte en un cultivo de establecimiento muy lento y es una de las principales limitaciones de esta especie (Ramos *et al.* 2010).

Teniendo en cuenta estas limitaciones, la gestión debe ser adecuada a fin de promover el establecimiento de maní forrajero para pastoreo de forma intercalada con pastos. Debido a que el N determina el crecimiento de las plantas forrajes y la velocidad de producción (Da Silva *et al.* 2008) por ser parte de los componentes celulares importantes tales como la clorofila, proteínas y ácidos nucleicos, se requiere en grandes cantidades y la limitación de crecimiento de las plantas (Taiz y Zeiger 2000), la fertilización nitrogenada puede ser un mecanismo de aceleración del crecimiento inicial de las leguminosas, lo que permite rápido establecimiento y la tolerancia a los periodos secos, la presencia de nitrógeno aumenta el contenido de clorofila total de *A. pintoi* cv. Belmonte, que afecta el crecimiento, sobre todo de los brotes, la dosis de

120 kg/ha de nitrógeno promueve mayores niveles de sacarosa en las raíces a baja disponibilidad de agua (Porto *et al.* 2013).

Las diferencias entre variedades para la aparición de estolones secundarios y la similitud entre sitios para estos parámetros sugieren que la aparición de estolones primarios está relacionado con características genéticas de cada variedad y las diferencias entre los sitios en condiciones ambientales como humedad y temperatura, durante el establecimiento no tienen influencia y la capacidad de aparición de variedades para germinar más rápido y desarrollar estolones es una característica deseable ya que puede contribuir eficazmente a la cobertura del suelo, la competencia contra las malezas y ayuda a reducir la erosión del suelo (Adjolohoun *et al.* 2013a).

#### **1.2.5. Descripción morfológica**

La leguminosa forrajera *A. pintoi* posee un hábito de crecimiento postrado, estolonífero, y se adapta bien en sombrío (Zelada y Ibrahim 1996 y Andrade y Valentim 1999) semejante al *A. pintoi* cv. Porvenir que es una planta herbácea perenne de crecimiento rastrero y estolonífero, tiene raíz pivotante, hojas alternas compuestas de cuatro folíolos, tallo ligeramente aplanado con entrenudos cortos y flor de color amarillo (Argel y Villarreal 2000). Similar al cv. maní forrajero perenne (CIAT 17434), descrito por Rincón *et al.* (1992), el cv. Porvenir posee folíolos aovados, pero más pequeños, glabros y de color verde intenso; presenta venas en las estípulas pero pocas cerdas sobre éstas en contraste con el primero (Maass *et al.* 1993). La variación morfológica entre nuevas líneas de *A. pintoi* ha sido confirmada por Valls (1992),

particularmente en lo que se refiere al color de las flores, forma y tamaño de folíolos y presencia o ausencia de pelos en los entrenudos, estípulas y pecíolos (Argel y Villarreal 2000). Las hojas son alternas, compuestas de cuatro folíolos ovoides de color verde claro a oscuro de 6 a 8 cm de largo y 5 a 7 cm de ancho. El tallo es ramificado circular ligeramente aplanado con entrenudos cortos; llega a tener 1,5 m de largo con producción abundante de raíces en los entrenudos.

Presenta floración indeterminada y continua, debido a la respuesta fotoperiódica neutral lo que le permite varios periodos de floración al año. Inmediatamente después de la fecundación, la flor se marchita sin caerse de la planta. Pasados 7 a 10 días (d) se inicia la formación del carpóforo que llega a medir 24 cm, crece primero unos 2 cm hacia arriba, posteriormente se dobla hacia el suelo respondiendo a un estímulo geotrópico y termina por enterrar el ovario que lleva en su punta. El fruto es una vaina, clasificada como cápsula indehiscente, que contiene normalmente una semilla, a veces dos y rara vez, tres semillas (Pardo *et al.* 1999).

El sistema radical de *A. pintoii* es moderadamente profundo; los tallos son herbáceos, cilíndricos, de 1,9-3,9 mm de diámetro. Las hojas son compuestas con 4 folíolos ovalados, Las flores son solitarias, pequeñas, largamente pedunculadas de hasta 8 cm de largo, con estandarte amarillo brillante, de 0,9-1,6 cm de largo y 1,0-1,9 cm de ancho. Es una especie diploide con  $2n=20$  cromosomas (Vallejo 2000). Se caracterizaron morfológicamente las accesiones de *A. pintoii* usando una lista de descriptores preparada por el Consejo Internacional de Recursos Fitogenética/Instituto internacional de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (IBPGR/ICRISAT). Los datos de los tallos, las hojas, flores, clavijas, vainas, y semillas fueron reunidos. Las correlaciones fenotípicas fueron calculadas entre los

descriptores, y se calcularon los índices de diversidad para acceder a la diversidad genética entre las accesiones. El análisis de componentes principales y del racimo fue realizado para agruparse el germoplasma. Hubo una gran variabilidad morfológica en la mayoría de los descriptores. De 595 correlaciones calculadas, 96 fueron estadísticamente significativas ello demostró el polimorfismo de las accesiones investigadas (Carvalho y Quesenberry 2009).

La localización de genes ribosomales por hibridación fluorescente *in situ* en otras especies de *Arachis* incrementó el número de marcadores cromosómicos permitiendo establecer las homologías en un mayor número de pares cromosómicos (Ortiz *et al.* 2008), particularmente en los citotipos diploide y triploide de *A. pintoi* (Lavia *et al.* 2011).

En los análisis mitóticos, el número cromosómico observado en los tres taxones analizados es  $2n = 20$ . La fórmula cariotípica determinada es la misma para las tres entidades, la cual está compuesta por 9 pares de cromosomas metacéntricos y un par de cromosomas submetacéntricos (18 cromosomas metacéntricos + 2 submetacéntricos), donde se observó entre los metacéntricos un par con satélite. En *A. pintoi* el tamaño cromosómico varió entre 1,68 y 2,34 mm con un promedio de 2,01 mm y los cromosomas SAT (par 6) presentan el satélite de menor longitud que el brazo 1 y el segmento proximal diminuto, por lo que correspondería a un cromosoma SAT tipo 2. Para *A. repens* se determinó un tamaño de cromosomas de 1,43 a 2,11 mm con un promedio de 1,77 mm y un par de cromosomas SAT (par 3) que corresponden al tipo 3 en el cual el satélite es más o menos igual al brazo 1 más el segmento proximal que es diminuto. El híbrido *A. pintoi* × *A. repens* presenta cromosomas cuyo tamaño cromosómico oscila entre 1,55 y 2,41 mm con un promedio por cromosoma de

1,98 mm y, dos cromosomas SAT, uno tipo 2 y otro tipo 3 ambos satélites ubicados en el par cromosómico 3 (Pucciariello *et al.* 2013).

Bajo la sombra, los forrajes pueden experimentar cambios de morfología de la planta y estructura del forraje. Muchos autores han reportado esos cambios y a las modificaciones a la luz cantidad y calidad (Varella *et al.* 2011).

### 1.2.6. Condiciones de adaptación

En el Programa de Pastos Tropicales (informes anuales Cali, Colombia), indica que, el maní forrajero se adapta bien en regiones tropicales con alturas de 0 a 1 800 m.s.n.m. y con precipitación de 2 000 a 3 500 mm anuales. Se desarrolla adecuadamente en diversos tipos de suelos, desde los oxisoles, ácidos y pobres en nutrientes, hasta aquellos encontrados en la zona cafetera de mejor fertilidad. En los Llanos Orientales su establecimiento ha sido bueno en suelos Franco arcillosos con contenidos de materia orgánica superiores al 3 %. Los elementos minerales que más influyen en el buen desarrollo de la planta son el calcio y magnesio (CIAT 1992).

### 1.2.7. Formas de establecimiento del pasto con material vegetativo

Cuando se usan tallos (estolones), existen 3 formas de establecimiento de pastos:

1. **Manualmente:** Por golpe (postura) se siembran entre 2 a 4 fracciones de tallo de unos 40 a 60 cm de largo. Al enterrarlos, se deja salir de la tierra uno o los 2 extremos de los tallos. Lo importante es que esas fracciones de tallo tengan de 2 a 3 nudos (yemas), y

por lo menos, uno de ellos quede bien tapado con tierra y haciendo buen contacto con el suelo.

2. **Mecánicamente:** Primero, se distribuye material vegetativo uniformemente sobre el terreno. Cuando los tallos tienen más de 50 cm de largo, conviene recortarlos para evitar que se enreden en la rastra. Luego, se pasa la rastra fina para enterrar este material. Es importante que la persona que maneje el tractor evite que la rastra se asiente mucho o se entierre sobre el terreno, con esto se evita que el material se enrede en el implemento.
  
3. **Usando ganado:** Se distribuye el material uniformemente sobre el terreno y luego, se guía un grupo de animales hasta lograr que su pisoteo haya enterrado buena parte de los tallos. Es importante mantener los animales en movimiento para evitar que ellos coman el material de siembra. Siempre es mejor usar material vegetativo recién cortado y no marchitado, para alargar el período durante el cual el pasto no se seca (Nieuwenhuyse *et al.* 2008).

**Tabla 1.2.** Parámetros productivos y de calidad de tres ecotipos de maní forrajero

Variab <sup>l</sup>	Rendimiento (t MS/ha/año)	PB (%)	Altura (cm)	Relación Hoja/Tallo	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	Flores/m <sup>2</sup>	Semilla/m <sup>2</sup>
Variedades							
CIAT-18798	9,4	18,1	10,1	2,1	9,1	57,4	62
CIAT-18744	9,2	10,8	10,6	1,9	10,0	68,9	216
CIAT-17434	9,1	15,9	10,2	1,9	9,5	61,5	198
Frecuencia de corte (día)							
35	9,6	18,1	10,4	1,9	9,7	56,5	130
49	10,9	17,1	10,3	2,0	9,4	69,1	190
Altura de corte (cm)							
0	17,5	17,2	5,9	1,6	7,7	121,1	114
5	8,0	18,6	10,9	2,1	10,0	42,7	115
10	5,3	16,9	14,2	2,3	10,9	10,9	256

Fuente: Peters et al. (2003)

### 1.2.8. Formas de aplicación de humus de lombriz

- Una de las formas de aplicación es al voleo. Es una distribución uniforme de fertilizante sobre el suelo para tener mayor contacto, se puede dejar en la superficie o enterrarlo junto al árbol. Es la forma más utilizada por las personas para abonar las plantas.
- Otra forma de aplicar el humus es en banda. Es una aplicación en línea repetida cada cierta distancia de terreno. Se usa más en siembra en forma de filas y se tiene menos contacto entre las raíces y el abono (Ochoa 2009).

El sector ganadero de la región Amazónica debe fomentar la utilización de los abonos orgánicos especialmente del humus que es un producto completo, resistente al lavado del suelo ocasionado por las constantes precipitaciones de este lugar y así poder garantizar una

producción forrajera sustentable, preservar y conservar el medio ambiente y reducir la dependencia de los fertilizantes químicos, según Bonifaz (2011) en sus resultados recomienda utilizar 12 t/ha de humus, debido a que se obtienen mejores respuestas en producción de forrajes, altura de la planta, cobertura basal, aérea y análisis beneficio/costo.

### **1.2.9. Usos potenciales**

#### *1.2.9.1. Cobertura del suelo y control de malezas*

Una de las leguminosas perenne con alto potencial para ser utilizada como cobertura es el maní forrajero (*A. pintoï*). Es una especie con hábito de crecimiento postrado, estolonífero e invasor, tiene una altura que no supera los 20 cm, y al combinarlo con los sistemas silvopastoriles descompactan, mejoran el suelo y las pasturas, y ayudan en el secuestro de carbono (Montagnini 2010 y Pagano y Cabello 2011). Los nuevos ecotipos *A. pintoï* CIAT 18744 y 18748, disminuyen la invasión de malezas en el cultivo y el costo para su control se disminuye además, después de la implantación de los sistemas silvopastoriles intensivos, el valor de los terrenos se incrementó en un 33 % (Murgueitio *et al.* 2012).

La capacidad del maní forrajero de crecimiento bajo sombra facilita la asociación con plantas forrajeras. Esto promueve aumentos en la biomasa forrajera en relación con el monocultivo. Experiencias con maíz demostraron un aumento de 6,13 t MS/ciclo del monocultivo de maíz a 7,97 t MS/ por ciclo cuando el maní CIAT 17434 represento un 19 % de la mezcla forrajera. Como ventajas adicionales a dichas asociaciones se eliminó la utilización de herbicidas para el

control de malezas y se eliminó una de las fertilizaciones nitrogenadas requeridas para el cultivo de maíz (Nieto 2004).

#### *1.2.9.2. Maní forrajero como mejorador del suelo*

El retorno de nutrientes al suelo mediante la hojarasca producida por la planta, es generalmente de mayor importancia cuantitativa que la que retorna desde el animal a través de las excretas, para el reciclaje de nutrientes en pasturas tropicales. El balance entre estos dos procesos de reciclaje determina si el suelo gana o pierde materia orgánica y nutrientes (Murgueitio *et al.* 2012).

Los cambios cuantificados con la introducción de *A. pintoi* a pasturas de *Brachiaria brizanta* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf y su evolución en cuatro años mejoran el contenido de materia orgánica, la tasa de mineralización del nitrógeno, y tienden a mejorar el contenido de nitrógeno y el nitrógeno microbiano (Torres 1995). En pasturas asociadas por tres y nueve años de *A. pintoi* y *Brachiaria ssp.* muestran mejoras sustanciales en contenido de calcio, magnesio y de materia orgánica (Rincón 1999). La calidad ambiental del agroecosistema de pasturas asociadas de maní forrajero y gramíneas como *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov, *Ischaemun ciliare* Retz y *B. brizanta* revelan, en la mayoría de los casos, una mayor diversidad de organismos en estas asociaciones en comparación con los monocultivos de gramíneas (Villalobos *et al.* 1999).

La evaluación de la eficiencia de *A. pintoi* en el mejoramiento de la calidad de suelos arroja como resultados que el uso de esta leguminosa como cobertura vegetal contribuye en el mejoramiento de la calidad del suelo, sin embargo para que la respuesta sea de mayor significancia es necesario aplicar labores agronómicas antes de la siembra (Gómez 2015),

Según Cab *et al.* (2008) es potencialmente capaz de producir altos rendimientos de forraje en las zonas tropicales y el mejoramiento de los suelos y pasturas degradadas.

### 1.2.9.3. Maní forrajero en la nutrición animal

El uso de leguminosas como alternativa para solucionar problemas de la alimentación animal es una opción atractiva debido a su habilidad para fijar nitrógeno atmosférico y su valor proteico para el animal (ASPE 2013).

En este sentido, se considera que un recurso forrajero adaptado y de alta calidad como *A. pintoii*; puede ser una alternativa viable en los sistemas de producción animal en áreas tropicales. Esta leguminosa asociada con gramíneas ha mostrado ser promisorio, debido a su buen establecimiento y desarrollo bajo condiciones de pastoreo que permiten la producción de niveles adecuados de carne y leche (Navarrete *et al.* 2016).

El éxito en la utilización de bancos de *A. pintoii* con animales en producción, parece estar condicionada a situaciones específicas donde la calidad y la disponibilidad de los otros componentes forrajeros de la dieta sean deficientes (ASPE 2013 y Gómez 2015 y Navarrete *et al.* 2016). Es importante señalar que la mayor digestibilidad y tasa de aprovechamiento de esta leguminosa, se reflejó en una mayor concentración de ácidos grasos volátiles en el rumen y se asoció con un incremento en la biomasa bacteriana, lo cual permitió un incremento de la energía metabólica de la ración y, consecuentemente, un aumento de la eficiencia de los sistemas de producción animal, a través de la sustitución de insumos (Quan *et al.* 1996).

Posada *et al.* (2006), con el fin de evaluar la respuesta productiva de *A. pintoii* como reemplazo parcial de la proteína bruta del alimento en cerdos en crecimiento-ceba se utilizaron 10, 20 y

30 % de harina de maní forrajero, y obtuvieron pesos finales que fluctuaron entre 47 y 52 kg sin presentar diferencias estadísticas.

La inclusión de leguminosas en dietas a base de pastos tiene beneficios nutricionales debido al mejoramiento del valor proteico de la ración (Niderkorn y Baumont 2009). Además, se especula con que las leguminosas tropicales pueden contribuir a reducir la emisión de gases de efecto invernadero comparado con las dietas compuestas exclusivamente de pastos (Archimède *et al.* 2011). Sin embargo, bajo condiciones de pastoreo, estas ventajas no siempre son posibles de obtener. Esto ocurre cuando la distribución espacial de pastos limita el acceso a los animales de pastoreo de leguminosas (Solomon *et al.* 2007). Este puede ser el caso, por ejemplo, cuando las legumbres están superpuestas por las hojas de la hierba tupida como pasto elefante enano (Crestani *et al.* 2013).

#### *1.2.9.4. Aporte del maní forrajero*

Las especies forrajeras de *A. pintoii* presentan una digestibilidad de la materia seca entre el 60 y el 70 %, niveles de energía digestible del orden de 9,62 MJ/kg MS y valores de proteína bruta entre 13 y 18 % (Whittemore 1996 y Posada *et al.* 2006).

**Tabla 1.3.** Composición bromatológica (%) del forraje cosechado a los 60 d post siembra de *A. pintoi* comparado con heno de pangola (*Brachiaria decumbens*), pasto estrella africana (*Cynodon dactylon*) y concentrado iniciador

Componente	Alimentos			
	Maní Forrajero (60 d)	Heno Pangola	Estrella Africana (21 d)	Concentrado Iniciador
Materia seca	21,2	88,5	22,0	87,0
Proteína bruta	19,5	4,3	14,5	18,0
Extracto etéreo	1,5	1,6	3,2	2,9
Fibra Detergente Neutro	60,7	66,5	64,5	16,8
Fibra Detergente Ácido	29,9	40,1	32,1	6,9
Calcio	0,8	-	0,2	0,8
Fósforo	0,3	-	0,3	0,6
<b>divMS</b> <sup>1</sup>	71,7	51,2	65,0	-

**Fuente:** Rojas-Bourrillón *et al.* (1999)

<sup>1</sup>**divMS:** Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca

Es un buen forraje tropical, y se ha referido como la mejor leguminosa herbácea disponible para el trópico húmedo de Costa Rica (Hernandez *et al.* 1995), presentando un alto contenido en proteínas (18-25% MS), y un nivel relativamente bajo de FDN (44-56 % MS), con una concentración relativamente alta de lignina (6-12% MS) (Silva *et al.* 2010 y Ferreira *et al.* 2012b y Schnaider *et al.* 2014) en lo que respecta a la concentración de FDA de *A. pintoi* es muy variables, desde niveles relativamente bajos cerca de 21-31 % de MS (Silva *et al.* 2010 y Ferreira *et al.* 2012b) hasta altos niveles de 36-41 % MS (Delgado *et al.* 2007 y Ferreira *et al.* 2012a y Schnaider *et al.* 2014). A diferencia de muchos pastos tropicales, la calidad de *A. pintoi* se mantiene durante la estación seca, con una concentración de proteína superior al 11 % de MS y digestibilidad *in vitro* de la MS, las concentraciones de Ca y P de 15,4 y 4,1 g / kg MS, respectivamente (Delgado *et al.* 2007). Los pastos mixtos que contienen 39 % de *A.*

*pinto* tenían el mismo valor nutritivo como pasturas mixtas que contienen el 24% de trébol rojo (Azevedo *et al.* 2012).

**Tabla 1.4.** Composición bromatológica de la harina de maní forrajero (pool de cultivo)

Componentes	Aporte (%)
Materia seca	89,0
Materia orgánica	93,9
Extracto etéreo	2,2
Proteína bruta	17,7
Energía metabolizable, MJ/kg MS	13,4
Fibra cruda	29,2

Fuente: LNB (2007)

Particularmente, *A. pinto*, constituye una opción forrajera para mejorar los sistemas ganaderos y transformarlos en sustentables, debido a que estimula la diversidad biológica, recupera los suelos degradados y es fuente importante de proteína metabolizable para los animales de altos requerimientos nutricionales (Bourrillon 2007). Además, es una especie que resiste el pastoreo por la presencia de estolones, se asocia bien con gramíneas de crecimiento agresivo y es muy aceptable por los animales (Pizarro *et al.* 1996 y Dávila *et al.* 2004).

## 1.2.10. Comportamiento animal

### 1.2.10.1. Eficiencia digestiva de los alimentos fibrosos en el intestino grueso del cerdo

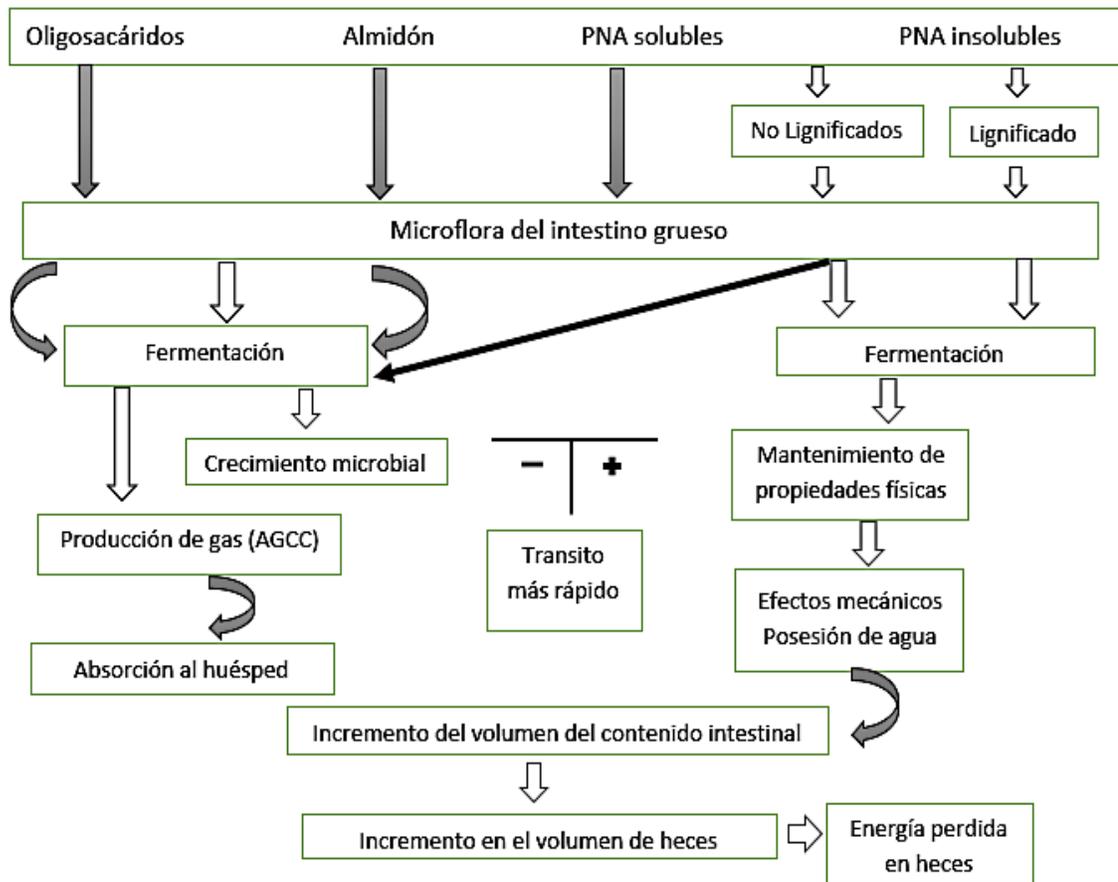
Se han encontrado valores altos para las correlaciones entre los rasgos de producción y la digestibilidad total o rectal de la materia orgánica, que cuando esta se midió a nivel de la

válvula íleo-cecal, lo que significa que hay que tener en cuenta la contribución de la fermentación en el intestino grueso (IG) y la producción concomitante de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en esa zona del tracto gastrointestinal, particularmente en el caso de las dietas con alto contenido de fibra (Ly 2000).

De acuerdo con las características del tracto digestivo de los cerdos, es evidente que en todos los procesos digestivos que tienen lugar entre la boca y la válvula ileocecal intervienen enzimas del animal, mientras que entre la válvula ileocecal y el recto, solamente ocurren procesos fermentativos. De esta manera se ha logrado establecer que toda la energía y los aminoácidos que desaparecen en lo que se ha llamado digestibilidad ileal o prececal (digestión entre la boca y la válvula ileocecal) es enteramente disponible para el animal, y por razones obvias, sólo parte de la energía y nada del N que desaparece en el IG es lo que el cerdo puede aprovechar para su metabolismo (Ly 2000).

La digestión de la fibra tiene lugar principalmente en el ciego y el colon, dónde las bacterias degradan los carbohidratos fermentables (los almidones, polisacáridos y mucopolisacáridos de la pared celular de la planta) que han escapado a la digestión en el estómago y el intestino delgado (ID), utilizándolos para la producción de AGCC (fundamentalmente ácidos acético, propiónico y butírico), metano, hidrógeno, otros gases y masa microbiana (que forma alrededor del 55 % de la materia seca fecal, y más en las dietas con altos contenidos de fibras). Los AGCC producto de la fermentación de la fibra proporcionan entre el 5 % y el 28 % de los requerimientos energéticos del cerdo en crecimiento, siendo para las cerdas gestantes más altas esta proporción. Sin embargo, los AGCC no se utilizan tan eficazmente como los productos de la degradación de almidones y azúcares en el ID (Ogle 2006).

La fibra presente en la dieta de los cerdos tiene importantes funciones fisiológicas en el tracto gastrointestinal. La edad, la adaptación del animal a las dietas fibrosas y la masa corporal del cerdo interactúan en los procesos de digestión. La fibra en la dieta es considerada como una fracción con un bajo contenido energético y su efecto de dilución en animales con un bajo desempeño productivo permite incrementar el consumo de los alimentos, al disminuir el tiempo de tránsito de la digesta. Los forrajes fibrosos favorecen el crecimiento microbiano en el tracto gastrointestinal, principalmente bacterias con capacidad hemicelulolítica y celulolítica (*Fibrobacter succinogenes*, *F. intestinales*, *Ruminococcus albus*, *R. flavefacies*, *Butyrivibrio* spp. y *Bacteroides* spp.) lo que permite que se produzcan en mayor cuantía los AGCC y que los microorganismos indeseables sean excluidos, además de regular la acción peristáltica de los intestinos, lo que evita la posibilidad de constipación en los animales (Wenk 2001 y Contino 2007).



**Figura 1.1.** Mecanismos de acción de la fibra de la dieta y de los carbohidratos indigestibles en el incremento del peso y el volumen colónico y fecal. **Fuente:** Contino (2007)

La principal diferencia entre el ID y el IG de cerdos es el tipo de digestión y el tiempo de retención. El tiempo de tránsito de la digesta es mucho mayor a través del IG, de 20 a 40 horas, con respecto al estómago e ID, dos a seis horas. Estas condiciones permiten un crecimiento bacteriano prolífico:  $10^{10}$ - $10^{11}$  bacterias viables por gramo de material fresco, que incluye más de 500 especies (Moore *et al.* en 1987 citado por Contino (2007)), con producción de AGCC (Giusi-Perier *et al.* 1989 citado por Contino (2007)) y gases. En la Figura 1.1 se

pueden observar, de manera general, los mecanismos de acción que provoca la fibra de la dieta en el tracto gastrointestinal.

Con relación al sitio de digestión de la fibra se declara que el ciego y el colon son los lugares donde tiene lugar la fermentación de la fibra. Estudios realizados con cerdos canulados han revelado que existe alguna degradación a nivel cecal especialmente con algunas fuentes fácilmente fermentables como la pulpa de cítricos (Dierick *et al.* 1989). Savón (2002), encontró valores más elevados de degradación a nivel ileal de componentes de la pared celular en dietas no convencionales de harina de caña. Además halló bacterias y hongos celulolíticos ( $10^{11}$  UFC/mL) en esta región, lo que pudiera explicar estos resultados.

En cerdos en crecimiento las fuentes de fibra con pared celular lignificada son más resistentes a la actividad de los microorganismos y más efectivas en el incremento del volumen de las heces fecales; así como la reducción en el tiempo de tránsito. La capacidad de los cerdos para digerir y utilizar la fibra es afectada por: la fuente de fibra y el contenido de lignina. El grado de digestibilidad de la fibra depende principalmente del origen de la fibra y de la concentración de fibra en la dieta (Dung *et al.* 2002). La hemicelulosa a menudo es más digestible que la celulosa en animales monogástricos debido al efecto de la hidrólisis de la hemicelulosa.

Los efectos negativos de la fibra en la digestibilidad de la dieta y el crecimiento del cerdo están bien documentados, y generalmente se acepta que dietas que contienen más de un 7 % de fibra dan como resultado una disminución de la tasa de crecimiento (Kass *et al.* 1980).

Según López y Tapia (2005) el peso vivo y la edad de los animales ejercen su efecto sobre la digestibilidad del alimento fibroso. Esta digestibilidad se incrementa a medida que se incrementa la edad de los cerdos, datos que se pueden apreciar en la Tabla 1.5.

**Tabla 1.5.** Digestibilidad de la proteína bruta, fibra bruta y energía bruta en cerdos de diferentes pesos vivos (PV) en relación con el contenido de fibra bruta en la dieta

Indicadores	PV (kg)	Fibra bruta en la dieta (%)			
		3	8	11	16
Digestibilidad de la proteína bruta, %	25	91	85	81	75
	46	92	86	83	73
	78	93	88	84	77
Digestibilidad de la fibra bruta, %	25	36	39	35	32
	46	46	44	53	32
	78	57	59	61	57
Digestibilidad de la energía bruta, %	25	90	85	80	74
	46	91	86	84	74
	78	92	88	85	79

**Fuente:** Fernández y Jorgensen 1986 citados por López y Tapia (2005)

Diversos trabajos realizados con fuentes fibrosas demostraron que la digestibilidad aparente de MS, PB y las fracciones fibrosas disminuyó significativamente con el aumento de la concentración de fibra en la dieta de animales monogástricos. La magnitud de la digestibilidad estará influenciada por la composición de la fibra y su concentración en la dieta (Sarria *et al.* 2005).

La baja digestibilidad de materia seca de *Vigna unguiculata* se debe fundamentalmente a la baja digestibilidad de la FDN. Al parecer la *Vigna unguiculata* tiene la proteína muy ligada a su fibra, lo que dificulta el ataque de enzimas, principalmente de proteasas o la presencia de

otras sustancias que interfieren en la digestibilidad de nutrientes, como son los compuestos fenólicos (Dihigo *et al.* 2004). Estos disminuyen en la producción de  $\text{NH}_3$  lo que limita el crecimiento de las bacterias y la digestión de la fibra a nivel del ciego García *et al.* 2000, citado por Dihigo *et al.* (2004) afectando el grado de digestibilidad de las leguminosas por los microorganismos presentes en el ciego.

Botero (2004) evaluó la digestibilidad de dietas a base de maíz y torta de soya en cerdas adultas (190-240 kg de PV), incorporando un 15 y un 30 % de forraje de nacedero (*Trichanthera gigantea*) y morera (*Morus alba*). Estos autores sugieren que estas plantas pueden ser incluidas hasta un 30 % en la dieta de cerdas adultas.

#### *1.2.10.2. Aceptabilidad, consumo, ganancia media diaria (GMD) y conversión*

En la Tabla 1.6, se muestra los rasgos de comportamiento así como los índices de digestibilidad ileal y total de los cerdos que consumieron ocho dietas de prueba en Gante, Bélgica.

**Tabla 1.6.** Rasgos de comportamiento y digestibilidad en cerdos alimentados con dietas isoenergéticas, isoproteicas y niveles variables de grasa y fibra bruta

Indicadores	Dietas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Grasa, %	3,7	6,2	5,6	6,3	7,6	8,2	8,7	8,5
Fibra bruta, %	4,9	4,9	5,9	6,9	7,7	8,0	7,9	7,8
Ganancia, kg/d	0,74	0,77	0,71	0,78	0,68	0,72	0,67	0,69
Conversión, kg/kg de canal	3,45	3,63	3,61	3,65	3,67	3,75	4,07	4,12
<b>Digestibilidad del nitrógeno, %</b>								
Ileal	75,1	74,0	76,7	76,0	68,5	72,1	67,7	65,0
Rectal	83,9	83,8	83,9	81,1	77,8	81,3	80,3	77,8
Diferencia	8,8	9,8	7,2	5,1	9,3	9,2	12,6	12,8
<b>Digestibilidad de la materia orgánica, %</b>								
Ileal	70,7	65,1	68,0	66,0	58,2	57,0	57,8	56,8
Rectal	86,6	82,1	84,0	80,0	78,4	78,9	76,9	75,6
Diferencia	15,9	17,0	16,0	14,0	20,2	21,9	19,1	18,8

Fuente: Dierick *et al.* (1989)

En paralelo con los estudios que se hacían en Gante, Bélgica y en La Habana, Cuba se encontró que los rasgos de comportamiento animal podían correlacionarse con índices de digestibilidad total cuando los cerdos eran alimentados con melaza de caña como única fuente de energía, y que por extensión, era posible explicar los rasgos de comportamiento animal de interés económico a partir de los índices digestivos, en cerdos alimentados con dietas tropicales no convencionales. En la Tabla 1.7 aparecen los resultados relacionados con la interdependencia comportamiento-digestibilidad en la nutrición porcina con mieles de caña (Ly 2000).

**Tabla 1.7.** Correlación entre índices digestivos (digestibilidad de MS, N y energía) y de comportamiento (consumo de MS, ganancia de peso vivo y conversión alimenticia) en cerdos cebados con maíz o miel de caña

<b>Criterios</b>	<b>Consumo MS</b>	<b>Ganancia de peso vivo</b>	<b>Conversión alimenticia</b>
Digestibilidad fecal			
Materia Seca	0,120	0,596*	-0,787**
Nitrógeno	0,576*	0,865***	-0,806**
Energía	0,220	0,662*	-0,828***

Fuente: Ly (2000)

Nivel de significación estadística entre columnas: \* P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001

Según trabajos realizados por Contino (2007), los valores de ganancia de peso diaria fluctuaron desde los 390 g/d entre el inicio del experimento y los 84 d de nacidos hasta 720 g/día entre los 84 d y los 196 d de nacidos en el grupo que solo consumió el concentrado, mientras que los cerdos que consumieron forraje de morera fresca presentaron un comportamiento similar, sin diferencias significativas entre los grupos. Además en los cerdos que solo consumieron concentrado el índice fue menor, pero ello no significa que la cantidad de concentrado empleada para producir un kilogramo de carne fuera menor que en el grupo experimental, donde se sustituyó una parte del concentrado por morera, pues para cubrir los porcentajes de proteína bruta que requiere el animal es necesario incorporar mayor cantidad de materia seca en la dieta, lo que desvirtúa los resultados y su interpretación. Según Contino (2007) este cambio estará presente siempre que se incluya una fuente fibrosa en la dieta de los cerdos.

*Efecto de frecuencia de corte sobre el  
rendimiento forrajero y el valor nutritivo  
de harina del forraje de *Arachis pintoi**

---

**Reescrito después de:**

Andrade-Yucailla, Verónica; Lima-Orozco, R.; Vargas-Burgos, J.C.; y Velázquez-Rodríguez F. (2016). Efecto de frecuencia de corte sobre el rendimiento forrajero y el valor nutritivo de harina del forraje de *Arachis pintoi*. *Revista Científica Zootecnia Tropical*, (en revisión).

Andrade V., Lima R., Vargas J., Andino M. y Ankuash M. (2015) Maní forrajero (*Arachis pintoi* CIAT-18751) una alternativa para la alimentación de monogástricos. *Huellas del Sumaco*, 13, 6-10.

## **CAPÍTULO II. EFECTO DE FRECUENCIA DE CORTE SOBRE EL RENDIMIENTO FORRAJERO Y EL VALOR NUTRITIVO DE HARINA DEL FORRAJE DE *Arachis pinto***

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

La situación generada por los elevados costos de los alimentos convencionales aumenta la importancia de los sistemas alternativos de alimentación animal, el estudio y evaluación de nuevos recursos alimenticios no convencionales para dietas en la alimentación de cerdos que no compitan con el hombre es necesario (Hurtado *et al.* 2011).

La decisión de usar forrajes arbóreos procedentes del mismo escenario donde se desarrolle la porcicultura tropical debe tener en cuenta no solamente los rendimientos de forraje y la manipulación de los factores que los modifiquen favorablemente, sino también el valor nutritivo de estos recursos (Ly 2004 y Ly *et al.* 2007). Sin embargo, la inclusión de este tipo de alimento en dietas para cerdos determina una elevación del consumo de fracciones fibrosas y una disminución de los índices digestivos (Díaz 2003). La nutrición adecuada es esencial para un nivel alto de producción de carne, donde la calidad nutritiva representa el factor clave de los sistemas de alimentación; esta incluye algunas características inherentes al alimento tales como la palatabilidad del forraje, la composición química y su digestibilidad. La calidad se refiere a la capacidad del alimento a suplir los requerimientos del animal para mantener su balance energético y nutritivo para un fin y un propósito determinado (Shelton 1998). La

búsqueda de fuentes proteicas de bajo costo en el trópico ha incluido el examen de los forrajes arbóreos por su gran disponibilidad (Ly 2004), lo cual puede facilitar su inclusión en las dietas para cerdos (Limcangco-Lopez 1990 y Sánchez 1999). La especie *A. pintoii* puede catalogarse tentativamente como la leguminosa tropical ideal para el pastoreo en asociaciones con gramíneas, debido a que resiste el pisoteo por la presencia de estolones, tolera la sombra, se asocia bien con gramíneas de crecimiento agresivo y es muy aceptable por los animales (Pizarro *et al.* 1996 y Dávila *et al.* 2004). Así mismo, Whittemore (1996) reportó que el forraje de *A. pintoii* posee digestibilidad de la materia seca entre el 60 y el 70 %.

Esta leguminosa presenta buenos contenidos de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, en el orden de 16-19 % y 58-69 %, respectivamente (Lascano 1995).

Es conveniente conocer el efecto de la frecuencia de corte sobre algunas características morfológicas de diferentes cultivares ya liberados en otras localidades, en relación a la capacidad de rebrote, proporción hoja/tallo, área foliar, floración y producción de semillas y forrajes (Dávila *et al.* 2011). Además, es de gran importancia realizar estudios sobre la base del comportamiento fisiológico bajo diferentes condiciones, como la frecuencia de corte, la ecofisiología de plantas forrajeras y el correcto manejo de las pasturas en las condiciones del trópico ecuatorial (Hernández y Babbar 2001).

## OBJETIVO

Determinar el efecto de tres frecuencias de corte (20, 35 y 50 días) sobre el rendimiento forrajero de *A. pintoii* y el valor nutritivo de la harina de su forraje para cerdos en crecimiento-ceba.

---

## **2.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica-CIPCA de la Universidad Estatal Amazónica en el programa de Pastos y Forrajes, ubicado en el km 44, vía Puyo-Tena, Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, Provincia de Napo. Ubicado geográficamente a 700 m.s.n.m., 1° 13' 33.267" latitud Sur y a 78°01' 0" longitud Oeste. Se encuentra en un ambiente tropical, un clima cálido-húmedo donde la precipitación anual alcanza los 4 000 mm, la humedad relativa es del 80 % y la temperatura promedio de 25 °C. Su topografía se caracteriza por relieves ligeramente ondulados sin pendientes pronunciadas, distribuidos en mesetas naturales de gran extensión; la altitud varía entre los 580 y 990 m.s.n.m. El suelo (Inseptisol) tiene una composición muy heterogénea, sin embargo la mayoría lleva su origen desde los sedimentos fluviales procedentes desde la región andina del país (Mariño 2002).

### **2.2.1. Diseño Experimental**

El experimento se realizó sobre cultivos establecidos de maní forrajero cultivar CIAT-18751 (año 2012) y a los que previamente se les efectuó un corte de homogenización y se dio un periodo de reposo de 60 d (Ramos 2009) para comenzar el estudio de las frecuencias de corte (20, 35 y 50 d) durante un año. Se establecieron 3 parcelas experimentales de 25 m<sup>2</sup> (5x5 m) por cada frecuencia de corte las que se distribuyeron al azar en cada uno de los tres bloques conformados. Se fertilizó con humus de lombriz a razón de 12 t/ha (Bonifaz 2011).

El área de cosecha fue en los 16 m<sup>2</sup> del área central de la parcela, todo el material fue pesado, troceado y homogenizado. La cosecha se realizó en todos los tratamientos a una altura de corte

de 5 cm del suelo (Dávila *et al.* 2011). La evaluación de producción de materia verde y seca se realizó mediante el método propuesto por Bobadilla (2009).

Inmediatamente después de la cosecha 3 kg de forraje verde por cada parcela se procedió al secado a 65 °C durante 72 horas en triplicado. El material secado fue molido a 1 mm de tamaño de partícula y 500 g se guardaron en fundas ziploc a temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C); una vez secas las muestras fueron mezcladas y homogenizadas en tres grupos por cada frecuencia de corte como sigue: para la frecuencia de corte de 20 d se agruparon del corte 1-6, del corte 7-12 y del corte 13-18; para la frecuencia de corte de 35 d se agruparon del corte 1-4, del corte del 5-7 y del corte 8-10; para la frecuencia de corte de 50 d se agruparon del corte 1-3, del corte 4-5 y del corte 6-7.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Santa Catalina, Cutuglagua, Pichincha, Ecuador para que se les realizara el análisis proximal según U.Florida (1970): Materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB: N x 6,25) y extracto etéreo (EEt). El fraccionamiento de la fibra se realizó según Van Soest *et al.* (1991): La fibra detergente neutro (FDN) se analizó con amilasa termoestable y expresada exclusiva de ceniza residual, la fibra detergente ácido (FDA) determinada secuencialmente en el residuo de la FDN y expresada exclusiva de ceniza residual y la hemicelulosa se calculó como la diferencia entre FDN y la FDA. La celulosa y la lignina se determinaron, donde la lignina fue oxidada con permanganato. Además, este laboratorio del INIAP determinó la EB de las muestras en una bomba calorimétrica según el procedimiento de la U.Florida (1974) y calcularon los valores de ED y EM siguiendo las recomendaciones de este mismo autor (U.Florida 1974); mientras que la digestibilidad *in vitro*

de la materia seca y la materia orgánica la realizaron siguiendo los procedimientos de la U.Florida (1970) y los contenidos de aminoácidos por los protocolos del CIMMYT (1985).

### 2.2.2. Estadística

Los datos obtenidos se procesaron por el paquete SPSS versión 21 (SPSS 2012), se empleó un diseño de bloques al azar, con 3 réplicas, para comparar el valor nutritivo de la harina de forraje de *A. pintoi* en cada frecuencia de corte como sigue:

$$Y_{ijk} = \mu + FC_{i=1,3} + B_{j=1,3} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,  $\mu$ = media o intercepto;  $FC_i$  = efecto fijo de la *i*-ésima frecuencia de corte (20 vs. 35 vs. 50) ( $i=1, 2, 3$ );  $B_j$ =efecto fijo del *j*-ésimo bloque (1 vs. 2 vs. 3) ( $j=1, 2, 3$ );  $\varepsilon_{ijk}$  = error experimental asociado a las observaciones normalmente distribuidas, adicionalmente, se empleó la prueba de Tukey (1949) para detectar la significancia entre las diferentes frecuencias de corte.

## 2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.3.1. Producción forrajera

Los resultados muestran que a medida que se aumentaron los días de corte (20 vs. 35 vs. 50) se incrementó ( $P<0,05$ ) la producción forrajera por corte, alcanzándose a los 50 d de edad la máxima producción por corte (1,04 vs. 1,47 vs. 1,90 t MS/ha por corte, respectivamente). Esta tendencia se explica por la relación directamente proporcional entre la edad de la planta y la biomasa producida, aun cuando el valor nutritivo disminuye con la edad del cultivo (Villarreal *et al.* 2005 y Ledesma 2011). Sin embargo, la mayor producción forrajera y de MS por ha por

año ( $P < 0,05$ ) se alcanzó con la frecuencia de corte de 20 d (Tabla 2.1) a pesar de ser esta frecuencia de corte la de menor concentración de MS (178 g/kg FV vs. 211 g/kg FV a los 35 o 50 d). Estos resultados se deben a que se pueden realizar 18 cortes con frecuencia de 20 d (Figura 2.1) vs. 10 cortes con FC de 35 d (Figura 2.2) vs. siete cortes con FC de 50 d (Figura 2.3).

**Tabla 2.1.** Rendimiento forrajero del *Arachis pintoi* cultivar CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte en cultivos establecidos en la amazonia ecuatoriana

Variable <sup>1</sup> (t/ha/año)	Frecuencia de corte (días) <sup>2</sup>			EE±	P <sup>3</sup>	
	20	35	50		FC	B
Producción de FV	105 <sup>a</sup>	69,7 <sup>b</sup>	62,5 <sup>c</sup>	3,71	<0,001	0,726
Producción de MS	18,7 <sup>a</sup>	14,7 <sup>b</sup>	13,3 <sup>c</sup>	0,48	<0,001	0,679

<sup>1</sup>FV: forraje verde; MS: materia seca.

<sup>2</sup>Medias con letras desiguales en la misma fila denotan diferencias estadísticas entre los tratamientos para  $P < 0,05$  (Tukey 1949)

<sup>3</sup>P: Significación estadística acorde al modelo general lineal; FC: frecuencia de corte; B: bloque como factor aleatorio; EE±: error estándar de la media.

Ferguson *et al.* (1992) expresaron que el periodo poco lluvioso prolongado afecta severamente la producción de forraje de *A. pintoi*; sin embargo, con las primeras lluvias reinicia su crecimiento vigorosamente y la mayoría de las semillas presentes en el suelo germinan. Estas últimas condiciones coinciden con la amazonia (4 000 a 5 000 mm de precipitaciones/año), región donde se desarrolló el experimento; en las cuales, muy pocos cultivos son capaces de desarrollarse, siendo *A. pintoi* entre los más promisorios (Dávila *et al.* 2011). Sin embargo, la altitud en que se desarrolló el presente experimento pudo tener efectos negativos sobre la producción forrajera (Urbano *et al.* 2010) y pudiera explicar el bajo rendimiento forrajero anual por hectárea comparado con reportes previos (24,2-26,8 t MS/ha por año; según

Villarreal *et al.* (1999)) en las condiciones agroecológicas (bosque húmedo tropical a 172 m.s.n.m.) de Costa Rica.



**Figura 2.1.** Cultivo de *Arachis pintoi* a la edad de 20 d



**Figura 2.2.** Cultivo de *Arachis pintoi* a la edad de 35 d



**Figura 2.3.** Cultivo de *Arachis pintoi* a la edad de 50 d

### 2.3.2. Composición química

La FC afectó ( $P < 0,05$ ) los valores de MS y MO (Tabla 2.2). Sin embargo existió diferencia ( $P < 0,001$ ) entre todas las FC estudiadas para la PB, EEt, hemicelulosa, y lignina. Además todas las harinas de forrajes producidas mostraron alto contenido de PB y no se observó efecto ( $P > 0,05$ ) de bloque en todas las variables químicas estudiadas. La mayor concentración de PB correspondió al material vegetativo cosechado con la FC de 20 d, presentando una disminución a mayor FC, similar tendencia fue descrita por Godoy *et al.* (2012).

**Tabla 2.2.** Composición química de la harina del forraje de *Arachis pinto* CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte en cultivos establecidos en la amazonia ecuatoriana

Variable <sup>1</sup> (g/kg MS)	Frecuencia de corte (días) <sup>2</sup>			EE±	P <sup>3</sup>	
	20	35	50		FC	B
Materia seca (g/kg FV)	930 <sup>a</sup>	911 <sup>b</sup>	931 <sup>a</sup>	3,18	0,013	0,999
Materia orgánica	935 <sup>b</sup>	943 <sup>a</sup>	940 <sup>ab</sup>	1,18	0,025	0,997
Proteína Bruta	290 <sup>a</sup>	259 <sup>b</sup>	231 <sup>c</sup>	5,37	<0,001	0,996
Extracto etéreo	23,9 <sup>b</sup>	28,7 <sup>a</sup>	20,5 <sup>c</sup>	0,82	<0,001	0,975
Fibra detergente neutro	431 <sup>c</sup>	481 <sup>a</sup>	450 <sup>b</sup>	4,93	<0,001	0,999
Fibra detergente ácido	327 <sup>a</sup>	356 <sup>b</sup>	368 <sup>b</sup>	3,48	<0,001	0,999
Hemicelulosa	105 <sup>b</sup>	125 <sup>a</sup>	82,1 <sup>c</sup>	4,10	<0,001	0,999
Celulosa	270 <sup>b</sup>	277 <sup>a</sup>	278 <sup>a</sup>	0,97	<0,001	0,993
Lignina	57,0 <sup>a</sup>	78,9 <sup>b</sup>	89,7 <sup>c</sup>	2,73	<0,001	0,996

<sup>1</sup>FV: forraje verde; MS: materia seca; EE±: error estándar de las medias

<sup>2</sup>Medias con letras desiguales en la misma fila denotan diferencias estadísticas entre los tratamientos para  $P < 0,05$  (Tukey 1949)

<sup>3</sup>P: Significación estadística acorde al modelo general lineal; FC: frecuencia de corte; B: bloque como factor aleatorio

En este estudio la harina de forraje de *A. pintoï* producida a diferentes frecuencias de corte mostró diferentes concentraciones de MO ( $P < 0,05$ ), pero todas las harinas de forraje tuvieron contenidos de MO superiores a 900 g/kg MS reportados previamente (Duchi 2003) para harinas de forrajes *A. pintoï*. En otros estudios, Godoy *et al.* (2012) no encontraron diferencias en la MO de harina de *A. pintoï* con frecuencias de cortes de 30, 45, 60 o 75 d.

Los contenidos de carbohidratos estructurales (Tabla 2.2) se encuentran entre los niveles reportados para forrajes tropicales (400-600 g/kg MS; Pirela (2005), se evidencio que a medida que envejece el cultivo se incrementa la fracción indigestible de la fibra (ejemplo, la lignina) (Leng 1990), conociendo que el valor de FDN, es la pared total de la célula que está comprendido por la fracción de FDA más la hemicelulosa e incrementa con el estado de madurez de los forrajes, con respecto a la fibra detergente ácido (FDA) también es una porción de pared celular del forraje constituido por celulosa y lignina cuyos valores se relacionan con la habilidad de los animales para digerir el forraje y a medidas que aumenta su valor, la digestibilidad del forraje disminuye (Lechartier y Peyraud 2011). Sin embargo, la FDN y hemicelulosa se encontraron en mayor ( $P < 0,001$ ) proporción en la harina de forraje producida a los 35 d; esto tiene relación al ciclo vegetativo de este cultivo donde la planta se prepara para la floración y comienzo de la fructificación acumulando nutrientes (Dávila *et al.* 2011), además estos autores encontraron una menor relación hoja tallo entre los 35 y 49 d de edad con respecto a edades más juveniles o seniles, donde los tallos tiernos aportan altos niveles de FDN con bajos tenores de lignina.

Con respecto al contenido de aminoácidos de *A. pintoï* cultivar CIAT-18751 (Tabla 2.3) se demostró que este fue afectado ( $P < 0,001$ ) por la FC excepto para el triptófano. Además, la

cantidad más alta de aminoácidos totales se presentó en la harina de forraje de *A. pinto* producida en la FC de 35 d.

**Tabla 2.3.** Concentración de aminoácidos de la harina del forraje de *Arachis pinto* CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte en cultivos establecidos en la amazonia ecuatoriana

Variable <sup>1</sup> (g/kg MS)	Frecuencia de corte (días) <sup>2</sup>			EE±	P <sup>3</sup>	
	20	35	50		FC	B
Ácido aspártico	57,0 <sup>a</sup>	50,4 <sup>b</sup>	38,8 <sup>c</sup>	1,48	<0,001	0,999
Ácido glutámico	22,4 <sup>b</sup>	23,1 <sup>a</sup>	21,8 <sup>c</sup>	0,10	<0,001	0,999
Alanina	15,2 <sup>c</sup>	16,2 <sup>a</sup>	15,7 <sup>b</sup>	0,09	<0,001	0,999
Arginina	16,2 <sup>b</sup>	17,4 <sup>a</sup>	13,4 <sup>c</sup>	0,35	<0,001	0,999
Cistina	0,30 <sup>b</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,35 <sup>ab</sup>	0,02	0,056	0,999
Fenilalanina	13,9 <sup>b</sup>	16,4 <sup>a</sup>	13,7 <sup>b</sup>	0,26	<0,001	0,999
Glicina	13,0 <sup>b</sup>	13,3 <sup>a</sup>	13,0 <sup>b</sup>	0,04	<0,001	0,999
Histidina	5,45 <sup>b</sup>	6,25 <sup>a</sup>	5,75 <sup>b</sup>	0,09	<0,001	0,999
Isoluicina	9,25 <sup>b</sup>	10,5 <sup>a</sup>	9,35 <sup>b</sup>	0,13	<0,001	0,999
Leucina	15,6 <sup>b</sup>	16,7 <sup>a</sup>	16,0 <sup>b</sup>	0,12	<0,001	0,999
Lisina	9,70 <sup>b</sup>	10,7 <sup>a</sup>	10,5 <sup>a</sup>	0,10	<0,001	0,999
Metionina	1,95 <sup>b</sup>	2,05 <sup>b</sup>	2,25 <sup>a</sup>	0,03	<0,001	0,999
Prolina	12,7 <sup>c</sup>	14,2 <sup>b</sup>	14,6 <sup>a</sup>	0,16	<0,001	0,999
Serina	7,90 <sup>c</sup>	9,25 <sup>a</sup>	8,35 <sup>b</sup>	0,13	<0,001	0,999
Tirosina	6,20 <sup>b</sup>	7,65 <sup>a</sup>	6,70 <sup>b</sup>	0,15	<0,001	0,999
Treonina	8,80 <sup>c</sup>	10,0 <sup>a</sup>	9,20 <sup>b</sup>	0,11	<0,001	0,999
Triptófano	2,50	2,50	2,45	0,04	0,829	0,999
Valina	14,8 <sup>b</sup>	16,9 <sup>a</sup>	14,6 <sup>b</sup>	0,21	<0,001	0,999
<b>Total</b>	<b>233<sup>b</sup></b>	<b>242<sup>a</sup></b>	<b>216<sup>c</sup></b>	<b>3,09</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,999</b>

<sup>1</sup>FV: forraje verde; MS: materia seca; EE±: error estándar de las medias

<sup>2</sup>Medias con letras desiguales en la misma fila denotan diferencias estadísticas entre los tratamientos para P<0,05 (Tukey 1949)

<sup>3</sup>P: Significación estadística acorde al modelo general lineal; FC: frecuencia de corte; B: bloque como factor aleatorio

Por otra parte, el contenido aminoacídico de la harina de forraje (Tabla 2.3) producido por el *A. pintoi* a diferentes FC en este estudio mostró contenidos de los aminoácidos esenciales aceptables para los cerdos (Rostagno *et al.* 2011) la harina de forraje producida a la FC de 35 d mostró el contenido de los aminoácidos más elevados; además, la concentración de aminoácidos sugiere que menos del 20 % de la PB al corte de 20 d proviene de fuentes nitrogenadas no proteicas, en tanto al corte de 35 o 50 d estas fuentes nitrogenadas no proteicas fueron inferiores al 7 %. Además, los contenidos de los aminoácidos esenciales tales como arginina, histidina, lisina, fenilalanina y valina mostrados en las harinas de forraje de *A. pintoi*, independiente de la FC, fueron superiores a los valores de estos aminoácidos reportados por Kambashi *et al.* (2014) para 20 especies de plantas forrajeras del Congo. El resto de los aminoácidos esenciales estuvieron en el rango de las plantas estudiadas por (Kambashi *et al.* 2014).

La EB mayor ( $P < 0,001$ ) fue mostrada por la harina de forraje producida a FC de 35 d; sin embargo la FC no afectó ( $P > 0,05$ ) la ED y EM de la harina de forraje de *A. pintoi*. En adición, la FC tuvo efectos ( $P < 0,001$ ) sobre la digestibilidad de la MS y MO (Tabla 2.4) donde la harina de forraje a FC de 20 d mostró la mayor digestibilidad.

### **2.3.3. Energía y digestibilidad *in vitro***

La EB, ED y EM así como la digestibilidad *in vitro* de la MS y MO de la harina de forraje de *A. pintoi* producida se muestra en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4.** Concentración energética y digestibilidad *in vitro* de la harina del forraje de *Arachis pintoi* CIAT-18751 cosechado a tres frecuencias de corte.

Variable <sup>1</sup>	Frecuencia de corte (días) <sup>2</sup>			EE±	P <sup>3</sup>	
	20	35	50		FC	B
Energía (MJ/kg MS)						
Energía bruta	18,5 <sup>b</sup>	18,7 <sup>a</sup>	18,3 <sup>c</sup>	0,03	<0,001	0,999
Energía digestible	12,8	12,9	12,8	0,09	0,678	0,999
Energía metabolizable	10,5	10,6	10,5	0,07	0,729	0,999
<b>Digestibilidad <i>in vitro</i> (g/kg)</b>						
MS	689 <sup>a</sup>	680 <sup>b</sup>	662 <sup>c</sup>	2,20	<0,001	0,987
MO	736 <sup>a</sup>	724 <sup>b</sup>	711 <sup>c</sup>	1,97	<0,001	0,851

<sup>1</sup>FV: forraje verde; MS: materia seca; EE±: error estándar de las medias

<sup>2</sup>Medias con letras desiguales en la misma fila denotan diferencias estadísticas entre los tratamientos para P<0,05 (Tukey 1949)

<sup>3</sup>P: Significación estadística acorde con el modelo general lineal; FC: frecuencia de corte; B: bloque como factor aleatorio

La concentración de ED y EM en la harina de forraje de *A. pintoi* producida fue más baja que el requerimiento nutritivo del cerdo según NRC (1998). En el presente estudio, la EB de la harina de forraje de *A. pintoi* fue similar a los resultados (18,2 MJ/kg MS) de Posada *et al.* (2006), mientras Whittemore (1996) reportó valores inferiores (9,6 MJ/kg MS) (Tabla 2.4). Esta variación podría estar influenciada por los diversos factores como el genotipo (cultivar), estación del año (temperatura, precipitaciones, humedad), irrigación, fertilización y tipo de suelo (Baxter *et al.* 1984 y Marrero *et al.* 2000).

Además, la mayor digestibilidad *in vitro* fue mostrada por la harina de forraje producida a FC de 20 d con una tendencia a disminuir con la edad de cosecha. Esta tendencia podría estar influenciada por el incremento de la fracción insoluble con la edad (ejemplo, lignina; Leng (1990)). Al respecto, los niveles digestibles de MO y MS de las harinas elaboradas en este estudio fueron similares a los reportados en estudios previos con otras edades de corte de *A.*

*pinto* en experimentos *in vivo* (Godoy *et al.* 2012) o en otras dietas (FDN < 190 g/kg MS) empleadas para cerdos a base de maíz (Gao *et al.* 2015).

## 2.4. CONCLUSIONES PARCIALES

- El cultivo de *A. pinto* (cultivar CIAT-18751) cosechado a tres FC (20, 35 y 50 d) en cultivos establecidos en la amazonia ecuatoriana (Cantón C.J. Arosemena Tola, Provincia de Napo, Ecuador) presentó un rendimiento forrajero inferior a otras regiones del trópico y subtrópico americano, sin embargo el valor nutritivo de la harina producida fue similar y/o superior a las obtenidas en esas regiones.
- Bajo las condiciones agrometeorológicas de la región estudiada la harina de forraje *A. pinto* (cultivar CIAT-8751) producida mostró mejores resultados integrales cuando fue cosechada a los 20 y 35 d, aunque la proporción de aminoácidos con respecto a la proteína bruta fue superior a los 35 d, lo que sugiere mayor calidad nutritiva para cerdos en crecimiento-ceba.

*Evaluación de la digestibilidad fecal y  
concentración energética para cerdos en  
crecimiento-ceba de dietas con harina del  
forraje de *Arachis pintoi**

---

**Reescrito después de:**

Andrade-Yucailla, V.; Lima-Orozco, R.; Vargas-Burgos, J. (2016). Evaluación de la digestibilidad *in vivo* y concentración energética de dietas con harina de forraje de *Arachis pintoi* para cerdos en crecimiento y ceba. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 22 (4), 209-212.

## **CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD FECAL Y CONCENTRACIÓN ENERGÉTICA PARA CERDOS EN CRECIMIENTO-CEBA DE DIETAS CON HARINA DEL FORRAJE DE *Arachis pinto***

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

Dentro de los animales de granja, los cerdos han sido considerados como candidatos para ser alimentados con forraje en varios países del trópico americano (Osorto 2003 y Tepper 2006).

La digestibilidad de un alimento denota el porcentaje de un nutriente, en particular del alimento, que puede ser absorbido para ser puesto a disposición del organismo animal a través de procesos metabólicos. Existen muchos factores que pueden, directa o indirectamente, afectar la digestibilidad del alimento, entre los que se destaca el estado de madurez de la planta (Ramírez, 2003). De igual forma se consideran factores que pueden afectar la digestibilidad de un alimento los relacionados con el animal (edad, especie, estado de salud), el alimento (composición del alimento, composición de la dieta, tamaño de la partícula, cocción del alimento, factores antinutricionales) y el medioambiente (temperatura, pluviosidad, humedad relativa) (Pichardo *et al.* 2003).

Se conocen varios métodos con los cuales se puede medir la digestibilidad de un alimento, entre los más empleados se encuentran los métodos *in vivo* e *in vitro* (Araiza-Piña *et al.* 2003). Las técnicas *in vitro* representan modelos biológicos que simulan los procesos de digestión *in vivo* con diferentes niveles de complejidad (López 2005), siendo estas técnicas poco costosas y rápidas, que reúnen las condiciones más apropiadas comparándolas con las formas clásicas de hacerlo (Crampton y Harris 1969 y Schneider y Flatt 1975). En las técnicas *in vivo* existen dos formas comúnmente utilizadas para determinar la digestibilidad de un alimento, de acuerdo al lugar de colecta de la muestra; la digestibilidad ileal (cuando la muestra es obtenida antes de la válvula ileocecal) y la digestibilidad fecal (cuando se colectan las heces) (Henry 1998).

El valor nutricional de alimentos no convencionales debe determinarse mediante métodos que permitan obtener resultados confiables en el menor tiempo y de la forma más económica posible (Mederos *et al.* 1995 y Nieves *et al.* 2008), existe la práctica de un muestreo rectal en cerdos, que consiste en determinar una recolección fecal matutina o vespertina, para hacer la evaluación nutritiva de dietas dadas a cerdos (Ly 2007), García y Ly (2011) sugieren que con el ganado porcino, un solo muestreo rectal es suficiente para determinar el valor nutritivo del alimento. Además, según estos autores, la digestibilidad *in vivo* de un alimento se puede medir directa e indirectamente, en la forma directa se registra exactamente el consumo de alimento y la excreción fecal de un animal sometido a un tratamiento dietético, en un periodo de tiempo dado, como desventaja de este método, puede existir contaminación entre excretas y orina; además el confinamiento de los animales reduce el tono muscular y probablemente disminuye el tránsito de la digesta, se sobreestima la digestibilidad con respecto a los animales alojados en corrales. La forma indirecta para medir la digestibilidad no requiere cuantificar el consumo

ni la excreción fecal y se puede utilizar un marcador que se agrega o que está incluido dentro del alimento en forma natural.

## OBJETIVO

Evaluar la digestibilidad fecal de los nutrientes de tres dietas (10, 15 y 20 % de inclusión de harina del forraje de *A. pintoii*) para cerdos en crecimiento-ceba.

## 3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica-CIPCA de la Universidad Estatal Amazónica en el programa porcino, ubicado en el km 44, vía Puyo-Tena, Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, Provincia de Napo, geográficamente a 700 m.s.n.m., 1° 13' 33.267" latitud Sur y a 78° 01' 0" longitud Oeste.

### 3.2.1. Diseño Experimental

#### 3.2.1.1. Producción de harina del forraje de *A. pintoii*

La producción de forraje se realizó a partir de cultivos establecidos de maní forrajero CIAT-18751 (año 2012) y a los cuales previamente se les realizó un corte de homogenización y se dio un periodo de reposo de 60 d (Ramos 2009) para comenzar la cosecha del forraje cada 35 d para producir la harina. El cultivo fue fertilizado con humus de lombriz a razón de 12 t/ha/año (Bonifaz 2011). La cosecha se realizó a una altura de corte de 5 cm del suelo (Dávila *et al.* 2011).

El forraje se secó en un secadero artesanal (utilizado para secado de forrajes en la RAE) en forma de bombo con funcionalidad a gas licuado de petróleo, rotación y flujo de aire caliente (160 °C) continuo con capacidad de secado de 70 kg por hora, seguido se molió en un molino de martillo (Stihl, Ecuador) en el laboratorio de alimentos y se almacenó a  $14 \pm 2$  °C hasta su uso.

### 3.2.1.2. Dietas formuladas

Se prepararon cuatro dietas atendiendo al nivel de inclusión (0 (Figura 3.1), 10 (Figura 3.2), 15 (Figura 3.3) y 20 % (Figura 3.4)) de harina de forraje de *A. pinto* cultivar CIAT-18751. Las mismas se formularon isoproteicas e isoenergéticas (Tabla 3.1).



**Figura 3.1.** Dieta 0 % nivel de inclusión de HF *A. pinto*



**Figura 3.2.** Dieta 10 % nivel de inclusión de HF *A. pinto*



**Figura 3.3.** Dieta 15 % nivel de inclusión de HF *A. pintoi*



**Figura 3.4.** Dieta 20 % nivel de inclusión de HF *A. pintoi*

**Tabla 3.1.** Características de las dietas experimentales (% en base seca)

Materias primas <sup>1</sup>	% inclusión			
<b>HF de <i>A. pintoi</i></b>	0,00	10,00	15,00	20,00
<b>Harina de maíz</b>	79,98	73,06	69,97	66,83
<b>Torta de soya</b>	12,73	8,00	5,34	2,68
<b>Harina de pescado</b>	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>Grasa vegetal</b>	0,15	1,80	2,55	3,35
<b>Antioxidantes</b>	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Sal común</b>	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Núcleo vitamínico</b>	1,50	1,50	1,50	1,50
<b>Antimicóticos</b>	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Coccidiostatos</b>	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Carbonato de calcio</b>	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Monofosfato de calcio</b>	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Metionina + Cistina</b>	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Composición química (valores calculados)</b>				
<b>Materia seca</b>	88,82	88,27	87,98	87,70
<b>Proteína bruta</b>	16,00	16,00	16,00	16,00
<b>Fibra bruta</b>	2,21	3,96	4,83	5,71
<b>ED (MJ/kg MS)</b>	14,22	14,43	14,53	14,63
<b>EM (MJ/kg MS)</b>	13,66	13,66	13,66	13,66

<sup>1</sup>HF de *A. pintoi*: Harina de forraje de *Arachis pintoi*; **ED**: Energía Digestible; **EM**: Energía Metabolizable

### 3.2.1.3. Animales y manejo

Se emplearon ocho cerdos machos castrados de cruce comercial (Landrace × Duroc Jersey)  $60 \pm 5$  kg de PV), clínicamente sanos según metodología de Cuesta *et al.* (2007), alojados en jaulas metabólicas individuales, provistas de un comedero y un bebedero. El período de adaptación a las dietas fue de 10 días y siete días de recolección de heces y alimentos, en el primer día de recolección de datos se tomó a las 8:00 am una muestra fecal por medio del estímulo digital del ámpula rectal. En el comienzo de cada período experimental, los animales fueron pesados para ajustar el consumo de alimento al nivel de  $0,10 \text{ kg MS/PV}^{0,75}$  para  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (NRC 2012) dado en dos raciones diarias. El agua se ofreció *ad libitum* a los animales.

### 3.2.1.4. Análisis químico

Las muestra fecales fueron almacenadas en congelación a  $-4 \text{ }^\circ\text{C}$  en un congelador Wer pool hasta el momento en que fueron utilizadas para su análisis, salvo en el caso del N, que se realizó inmediatamente después de ser colectadas. Posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Santa Catalina, Cutuglagua, Pichincha, Ecuador para que se le realizara el análisis proximal, determinándose según U.Florida (1970): MS, MO, PB, FB y EEt. Además, este laboratorio del INIAP determinó la EB de las muestras en una bomba calorimétrica según el procedimiento de la U.Florida (1974) y calcularon lo valores de ED y EM siguiendo las recomendaciones de este mismo autor (U.Florida 1974).

### 3.2.2. Estadística

Para evaluar el efecto de las dietas elaboradas sobre la digestibilidad fecal de la MS, MO, EB, PB y EEt fue empleado el paquete SPSS versión 21 (SPSS 2012) mediante un modelo general lineal (MGL) de clasificación jerárquica anidado (Lima *et al.* 2011) como sigue:

$$Y_{ijk} = \mu + D_{i=1,..,4} + D(A)_{j=1,2} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,  $\mu$  = media o intercepto;  $D_i$  = efecto fijo del *i*-ésima dieta (control vs. 10 % vs. 15 % vs. 20 %) ( $i=1,.., 4$ );  $D(A)_j$  = efecto aleatorio del *j*-ésimo animal dentro de la dieta ( $j=1, 2$ );  $\varepsilon_{ijk}$  = error experimental asociado a las observaciones normalmente distribuidas, adicionalmente, se empleó la prueba de Tukey (1949) para detectar la significación entre las dietas.

Adicionalmente se realizó un análisis de regresión lineal para relacionar la digestibilidad de los nutrientes y el nivel de inclusión de harina de forraje de *A. pinto* en dietas para cerdos en crecimiento-ceba (Steel *et al.* 1997).

## 3.3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

### 3.3.1. Digestibilidad fecal y consumo de nutrientes

#### 3.3.1.1. Digestibilidad fecal

Como se esperaba para la digestibilidad fecal de los nutrientes de las dietas elaboradas se observó superioridad de la dieta control sobre las dietas experimentales (Tabla 3.2). No obstante, la mayoría de las dietas presentaron digestibilidad fecal de la MO y la EB superiores a 700 g/kg de MO o EB, respectivamente, valores aceptables para cerdos en crecimiento-ceba (Boisen y Fernández 1997 y NRC 1998 y Noblet y Jaguelin-Peyraud 2007). En adición, Bach-Knudsen y Hansen (1991) han sugerido que la voluminosidad de las dietas, determinada

esencialmente por la inclusión de material fibroso en las mismas, es una de las causas fundamentales en el incremento del material fecal excretado por los cerdos, en la que la fracción soluble de la fibra tiene mayor influencia que la fracción insoluble de la misma (Dégen *et al.* 2007).

Las dietas control y experimentales no difirieron ( $P>0,05$ ) entre ellas para la digestibilidad fecal del EEt. Los resultados de digestibilidad fecal de la MO son inferiores a los reportados con cerdos alimentados a base de maíz que mostraron digestibilidad total de 870 g MO/kg MO (Boisen y Fernández 1997 y Nyannor *et al.* 2007). No existió efecto del animal ( $P>0,05$ ) sobre las variables estudiadas.

**Tabla 3.2.** Digestibilidad fecal (g de nutriente digestible/g de nutriente total) de cerdos en crecimiento-ceba alimentados con dietas que incluían harina de forraje de *A. pintoi* (CIAT-18751)

Indicadores <sup>1</sup>	NI de harina de forraje de <i>A. pintoi</i> (%) <sup>2</sup>				EE± <sup>3</sup>	P <sup>4</sup>	
	0	10	15	20		D	D(A)
dEB	0,75 <sup>a</sup>	0,70 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>	0,68 <sup>b</sup>	0,001	0,010	0,865
dMS	0,75 <sup>a</sup>	0,69 <sup>b</sup>	0,69 <sup>b</sup>	0,67 <sup>b</sup>	0,008	0,006	0,883
dMO	0,78 <sup>a</sup>	0,73 <sup>b</sup>	0,73 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	0,007	0,007	0,884
dPB	0,72 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,009	0,005	0,871
dEEt	0,43	0,43	0,40	0,39	0,013	0,206	0,906

<sup>1</sup>dEB: digestibilidad de la energía; dMS: digestibilidad de la materia seca; dMO: digestibilidad de la materia orgánica; dPB: digestibilidad de la proteína bruta; dEEt: digestibilidad del extracto etéreo; ED: energía digestible; NI: nivel de inclusión;

<sup>2</sup>Medias con letras desiguales en la misma fila denotan diferencias estadísticas entre los tratamientos para  $P<0,05$  (Tukey 1949)

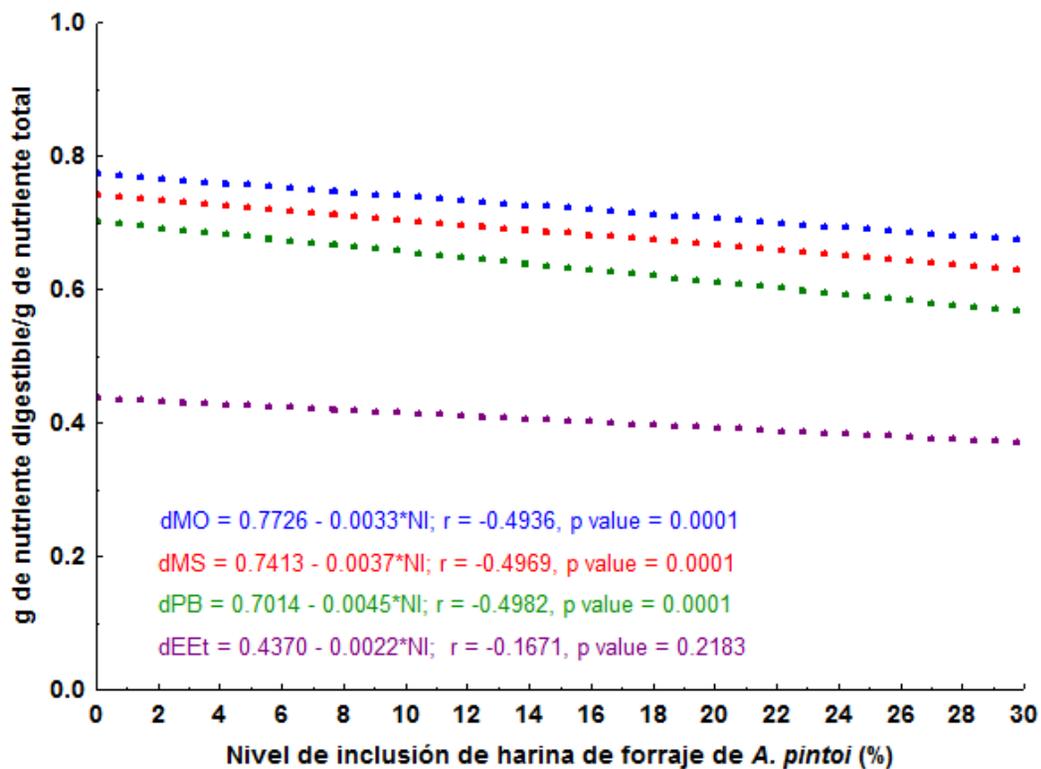
<sup>3</sup>EE±: Error estándar de la media.

<sup>4</sup>P: significación estadística según el modelo general lineal para D (dietas): 0 vs. 10 vs. 15 vs. 20 % de inclusión) y D(A): el animal como factor aleatorio dentro de la dieta.

Las consecuencias de incluir niveles importantes de forrajes en dietas para cerdos se han discutido en distintas oportunidades (Wenk 2001 y Dégen *et al.* 2007 y Bindelle *et al.* 2008 y

Bach-Knudsen 2011). Se conoce que no solamente la proporción de fracciones fibrosas, sino su estructura y propiedades químico-físicas (Chen *et al.* 2013 y Gao *et al.* 2015), pueden influir notablemente en la digestibilidad ileal y rectal de nutrientes (Dégen *et al.* 2007), sobre todo en cerdos en crecimiento, en los que el intestino grueso (IG) aún no ha alcanzado su total desarrollo (Ngoc *et al.* 2013).

El descenso gradual de la digestibilidad (Figura 3.5) de los nutrientes a medida que se incrementa el porcentaje de material fibroso (harina de forraje de *A. pintoii*) en este estudio ha sido observado previamente por Chen *et al.* (2014) al emplear niveles de 5, 10 y 20 % de inclusión de harina de forraje de Alfalfa (*Medicago sativa*).



**Figura 3.5.** Curvas de regresion entre la digestibilidad fecal de la materia orgánica (dMO), la materia seca (dMS), la proteína bruta (dPB) y el extracto etéreo (dEEt) y el nivel de inclusión (NI) de la harina de forraje de *A. pintoii* en la dieta de cerdos en crecimiento-ceba

### 3.3.1.2. Consumo de nutrientes

Las ecuaciones de regresiones entre la digestibilidad fecal de los nutrientes y el nivel de inclusión de la harina de forraje de *A. pintoi* muestran que existe una correlación alta, negativa y significativa ( $P < 0,001$ ) para todos los indicadores excepto para la dEEt (Figura 3.5). Sin embargo, los indicadores de consumo (ver tabla 3.3) no presentaron correlación ( $r < -0,035$ ;  $P > 0,05$ ) con el nivel de inclusión de harina de forraje de *A. pintoi* en la dietas de cerdos en condiciones Amazónicas, lo que sugiere que el nivel de inclusión de harina de forraje de *A. pintoi* no limitó los consumos de MS, PB y ED. Además, estos consumos se encuentran en el rango que reporta la NRC (2012) para estos parámetros.

**Tabla 3.3.** Consumo de materia seca, proteína bruta y energía digestible de cerdos en crecimiento-ceba alimentados con dietas que incluían harina de forraje de *A. pintoi* (CIAT-18751)

Indicadores <sup>1</sup>	NI de Harina de forraje de <i>A. pintoi</i> (%)				EE± <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	
	0	10	15	20		D	D(A)
CMS	2,05	2,05	2,04	2,03	0,017	0,979	0,372
CPB	0,34	0,34	0,33	0,33	0,003	0,983	0,369
CED	29,09	29,22	29,07	28,91	0,249	0,979	0,373

<sup>1</sup>CMS: consumo de materia seca (kg/cerdo/día); CPB: consumo de proteína bruta (kg/cerdo/día); CED: consumo de energía digestible (MJ/cerdo/día); NI: nivel de inclusión.

<sup>2</sup>EE±: Error estándar de la media.

<sup>3</sup>P: significación estadística según el modelo general lineal para D (dietas): 0 vs. 10 vs. 15 vs. 20 % de inclusión) y D(A): el animal como factor aleatorio dentro de la dieta.

Al respecto, el NRC en sus versiones de 1998 y 2012 ha declarado que existen diversos factores que limitan el consumo voluntario de los cerdos, entre los que se destacan: los fisiológicos (incluido los genéticos, mecanismos neuroendocrinos y sensoriales), los

medioambientales (temperatura, humedad, velocidad del viento, localización y diseño del comedero, densidad de animales) y los factores propiamente de la dieta (incluido deficiencias o excesos de nutrientes, densidad energética, antibióticos, sabores, procesamiento del alimento, disponibilidad y cantidad de agua).

### 3.4. CONCLUSIONES PARCIALES

- El nivel de inclusión de la harina de forraje de *A. pinto* no presentó influencias sobre la digestibilidad fecal del EEt en cerdos en crecimiento-ceba.
- La digestibilidad fecal de la MS, PB y ED decrecieron a medida que se incrementó el nivel de inclusión de la harina de *A. pinto* en la dietas de cerdos en crecimiento-ceba. Sin embargo el consumo diario por cerdo de estos parámetros no se afectó por el nivel de inclusión de la harina de *A. pinto*
- La digestibilidad fecal de la MO y EB sugieren que la harina de forraje de *A. pinto* puede ser incluida en dietas para cerdos en crecimiento-ceba en un 15 % de inclusión.

*Rasgos de comportamiento de cerdos en  
crecimiento-ceba alimentados con harina  
de *Arachis pinto* en condiciones de la  
región Amazónica de Ecuador.*

---

Reescrito después de:

Verónica C. Andrade; J.C. Vargas; R. Lima. (2016). Rasgos de comportamiento y canal de cerdos alimentados con harina de forraje de *Arachis pinto* en condiciones de la amazonia ecuatoriana. Revista Cubana de Ciencia Agrícola (en revisión).

Andrade V., Vargas J., Lima R., Guaraca J., Cueva R., Freile J. y Jácome A. (2015b) Aplicación de alimento alternativo harina de maní forrajero (*Arachis pinto*) en la alimentación de cerdos bajo las condiciones de la región Amazónica ecuatoriana. Huellas del Sumaco, volumen?: 12-15.

## **CAPÍTULO IV. RASGOS DE COMPORTAMIENTO DE CERDOS EN CRECIMIENTO-CEBA ALIMENTADOS CON HARINA DE *Arachis pinto* EN CONDICIONES DE LA REGIÓN AMAZÓNICA DE ECUADOR.**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

La crisis económica mundial afecta considerablemente la situación alimentaria hasta en los países desarrollados, en el mundo la densidad poblacional es cada vez mayor siendo necesario para ello la búsqueda de alternativas que satisfagan las demandas nutricionales crecientes de la población (Pazo *et al.* 2012). Los sistemas de alimentación que han perdurado frente a las cíclicas crisis del sector porcino, donde se busca la sustitución total o parcial de las raciones por los llamados alimentos alternativos (Barlocco 2005), en la actualidad, el uso de la fibra en la alimentación animal tiene una atención especial, después de considerarse como un factor antinutricional hoy se sabe que tiene ventajas para el animal y para el medio ambiente (Martínez *et al.* 2004).

El uso de materias primas alternativas en la alimentación animal, para sustituir importaciones, reducir la competitividad con la alimentación humana y preservar el ambiente constituye un reto para los nutricionistas, pequeños y medianos productores en la búsqueda de soluciones para lograr producciones animales ecológicamente sostenibles y eficientes (Belmar-Casso 1998), es por ello que se aboga por producciones agrícolas y ganaderas sostenibles teniendo en

cuenta las condiciones existentes y los recursos disponibles de los diferentes medios (Ortiz *et al.* 2011).

En las zonas tropicales hay una amplia variedad de recursos disponibles que se pueden utilizar en la alimentación de especies monogástricas, entre los que se incluyen fuentes voluminosas con alto contenido fibroso (Savón 2002). Por otra parte, en los países tropicales existen cultivos de elevado rendimiento y menores exigencias tecnológicas, como es la yuca, el boniato, el sorgo, el girasol, el palmiche, gramíneas, leguminosas, entre otras y se han diseñado tecnologías para producir carne de cerdo de manera que se obtenga un producto con menor costo (Pérez *et al.* 2008 y Galindo *et al.* 2010).

Su uso no solo podría ser una opción válida desde el punto de vista económico, sino que además se podría explorar otros beneficios tales como la obtención de canales más magras (con destino a la producción de cortes en fresco) y otros aspectos que atienden la obtención de productos por cortes diferenciados (Barlocco 2005), dado a las exigencias y los requisitos de calidad que exige el mercado de carne de cerdo en la actualidad, es necesario conocer el mecanismo que integran la producción de carne para garantizar la calidad del producto (Jerez-Timaure *et al.* 2013), dentro de la creciente demanda de proteína animal, la porcicultura se desarrolla por las ventajas que facilita esta especie en lo rentable y viable económicamente, convirtiéndose en un eslabón fundamental para la obtención de alimentos proteicos a corto y mediano plazo (Juvier 2010).

## OBJETIVOS

- Evaluar el comportamiento productivo y composición de la canal de cerdos alimentados con dietas que incluyan harina de forraje de *A. pintoii*.
- Determinar el desempeño económico de dietas para cerdos en crecimiento-ceba que incluyan harina de forraje de *A. pintoii*.

## 4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación, posgrado y Conservación Amazónica-CIPCA de la Universidad Estatal Amazónica en el Programa Porcino (km 44, vía Puyo-Tena, Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, Provincia de Napo; a los 700 m.s.n.m., 1° 13' 33.267" latitud Sur y a 78°01' 0" longitud Oeste, 4000 mm de precipitación anual, 80 % de humedad relativa y temperatura promedio de 25 °C).

### 4.2.1. Diseño Experimental

#### 4.2.1.1. *Producción de harina del forraje de A. pintoii*

La producción de forraje y su harina así como su conservación se realizaron según el procedimiento descrito en el Capítulo III.

#### 4.2.1.2. *Animales y manejo*

Se emplearon 28 cerdos de ambos sexos, hembras y machos castrados de cruce comercial (Landrace × Duroc Jersey) ( $25,4 \pm 0,8$  kg de PV inicial) clínicamente sanos según metodología de Cuesta *et al.* (2007), alojados en corrales individuales y organizados en dos tratamientos a razón de 14 animales por tratamiento (siete hembras y siete machos), una dieta control (Control = no inclusión de harina de forraje de *A. pintoi*) y otra experimental (*A. pintoi* = 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pintoi*) durante 90 días. Cada 15 días, los animales (en ayuno) fueron pesados en horas de la mañana para ajustar el consumo de alimento para ambientes a 25 °C según el NRC (2012). El alimento se ofreció a los animales en dos raciones diarias (8:00 y 14:00 horas) y el agua fue *ad libitum*. Previamente al inicio de las mediciones, los animales tuvieron 10 días de adaptación a las dietas y al sistema de alojamiento.

#### 4.2.1.3. *Dietas formuladas*

Se prepararon 2 dietas, una control y una experimental (15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pintoi* cultivar CIAT-18751). Las mismas se formularon isoproteicas e isoenergéticas (Tabla 4.1) según las recomendaciones del NRC (1998) para cada etapa de crecimiento-ceba.

**Tabla 4.1.** Características de las dietas experimentales (% en base seca)

Materias primas <sup>1</sup>	Control		<i>A. pintoi</i>	
	Crecimiento	Engorde	Crecimiento	Engorde
<b>HF de <i>A. pintoi</i></b>	0,00	0,00	15,00	15,00
<b>Harina de maíz</b>	73,38	83,34	62,55	72,51
<b>Torta soya</b>	18,63	14,32	12,01	7,70
<b>Harina pescado</b>	5,00	0,00	5,00	0,00
<b>Grasa vegetal</b>	0,85	0,20	3,30	2,65
<b>Antioxidantes</b>	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Sal común</b>	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Núcleo vitamínico</b>	1,50	1,50	1,50	1,50
<b>Antimicóticos</b>	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Coccidiostatos</b>	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Carbonato de calcio</b>	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Monofosfato de calcio</b>	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Metionina + Cistina</b>	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Composición química (valores calculados)</b>				
<b>MS</b>	89,02	88,53	89,61	89,12
<b>PB</b>	18,00	14,00	18,00	14,00
<b>FB</b>	2,23	2,33	4,86	4,96
<b>ED (MJ/kg MS)</b>	14,27	14,27	14,55	14,55
<b>EM (MJ/kg MS)</b>	13,70	13,70	13,70	13,70

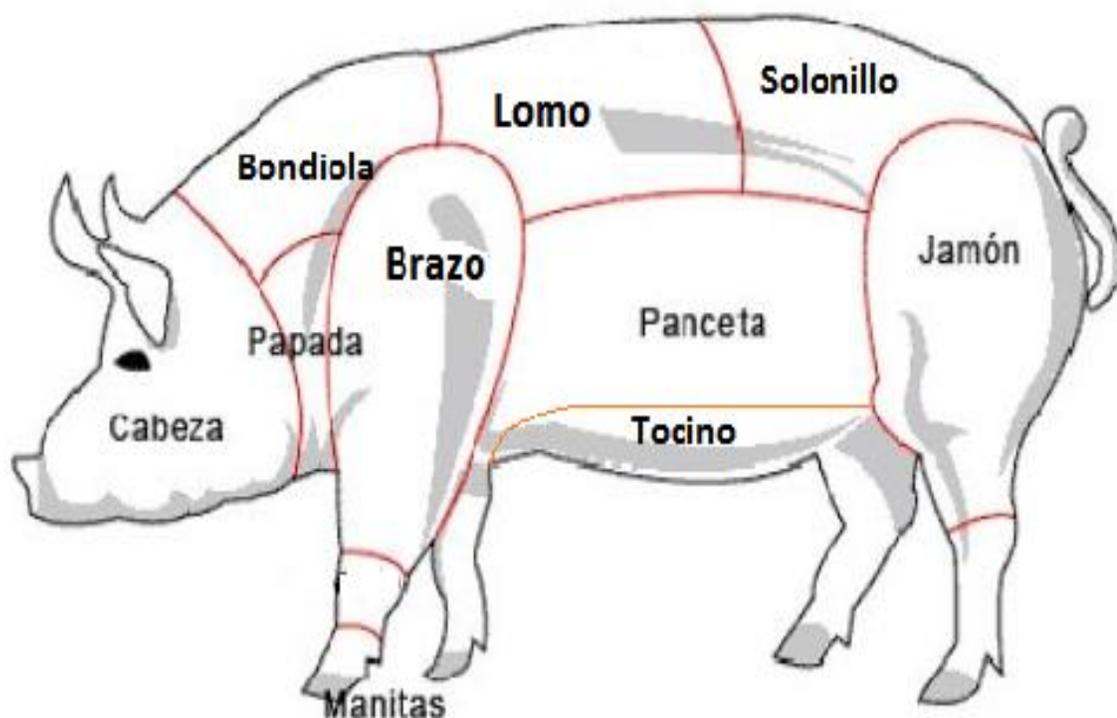
<sup>1</sup>HF de *A. pintoi*: Harina de forraje de *Arachis pintoi*; MS: Materia seca; PB: Proteína bruta; FB: Fibra bruta; ED: Energía Digestible; EM: Energía Metabolizable

#### 4.2.1.4. *Canales*

Al concluir el período experimental de crecimiento-ceba, los cerdos se sometieron a un período de ayuno durante 24 h siendo considerado dentro de los factores de manejo más importantes que se deben destacar además las condiciones del transporte, el tiempo de viaje, el embarque y desembarque, el trato humano de los operarios y el período de reposo previo al

sacrificio. (Jerez-Timaure *et al.* (2013). Los animales se pesaron y trasladaron a la sala de sacrificio del camal municipal de la ciudad de Puyo a los animales, donde se realizó el aturdimiento, desangrado y eviscerado (LM 1996 y NPPC. 2000). Posteriormente, se pesaron para obtener el peso de la canal caliente, con la cabeza y las patas, al igual que el peso de todas las vísceras incluido sus contenidos según corresponda. Las canales se trasladaron a una cava, a temperatura de 4 °C, durante 24 h, hasta su evaluación (LM 1996 y NPPC. 2000). Cada uno de estos procesos desempeña una función importante para garantizar el adecuado bienestar del animal, reducir el estrés pre-sacrificio y asegurar calidad de la carne (Álvarez-Álvarez 2010). Las canales frías fueron pesadas y se trasladaron en un camión refrigerado (LM 1996) al Laboratorio de la Escuela de Agroindustrias de la Universidad Estatal Amazónica, donde se les removió la cabeza y se dividieron longitudinales, para obtener las mitades derecha e izquierda de cada una. Se registró el peso respectivo (LM 1996 y NPPC. 2000).

El espesor de la grasa dorsal, la longitud de la canal y el desposte fueron características cuantitativas evaluadas, según criterios de LM (1996) (Figura 4.1) y Gómez Cortázar *et al.* (2013).



**Figura 4.1.** Cortes diferenciados según criterios de LM (1996)

#### 4.2.2. Estadística

Para evaluar el efecto de las dietas elaboradas sobre los rasgos de comportamiento animal estudiados (peso vivo, ganancia media diaria, conversión alimenticia, peso de la canal caliente y en frío, espesor de la grasa en los cortes principales y peso de los cortes principales) fue empleado el paquete SPSS ver. 21 (SPSS 2012) mediante un modelo general lineal (MGL) como sigue:

$$Y_{ijk} = \mu + D_{i=1,2} + S_{j=1,2} + D \times S_{ij} + bx_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,  $\mu$ = media o intercepto;  $D_i$  = efecto fijo de la  $i$ -ésima dieta (control vs. *A. pinto*) ( $i=1, 2$ );  $S_j$ = efecto fijo del  $k$ -ésimo sexo (macho vs. hembra) ( $k=1, 2$ );  $(D \times S)_{ij}$  = efecto de la interacción entre la  $i$ -ésima dieta y el  $k$ -ésimo sexo;  $bx_{ij}$ , coeficiente de regreso y variable

concomitante peso inicial para la  $i$ -ésima dieta y el  $k$ -ésimo sexo y  $\varepsilon_{ijk}$ , error aleatorio asociado a las observaciones normalmente distribuidas. En los casos en que la variable concomitante fue significativa se ajustaron las medias de los tratamientos por este efecto, adicionalmente, se empleó la prueba de Tukey (1949) para detectar la significancia entre las dietas, sexo e interacción entre las variables.

Además se realizó un análisis de correlación de Pearson y regresión lineal según (Steel *et al.* 1997) para relacionar el consumo de nutrientes y el  $PV^{0.75}$ .

### 4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.3.1. Comportamiento productivo

Los principales indicadores del comportamiento productivo se presentan en la Tabla 4.2. Los animales al inicio del experimento presentaban similar PV ( $P>0.05$ ), pero a los diferentes periodos evaluados (45 y 90 días) de suministro de las dietas estudiadas el grupo control alcanzaba un PV mayor ( $P<0.001$ ) representado en un mayor ritmo de ganancia diaria de PV y una mejor conversión alimenticia. No obstante, el grupo que recibió la dieta con 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pintoi* alcanzó un PV a los 90 días de ceba superior a los 90 kg catalogado como aceptable para estos animales (NRC 1998).

**Tabla 4.2.** Rasgos del comportamiento productivo de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de *A. pintoi* en un 15 %

Indicadores	Dietas		EE± <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>			
	Control	<i>A. pintoi</i>		D	S	DxS	bx
<b>Peso vivo (kg)</b>							
inicial	25,36	25,35	0,014	0,717	0,192	0,547	-
a los 45 d	52,74	50,21	0,262	<0,001	0,001	0,255	0,272
a los 90 d	96,10	91,38	0,471	<0,001	<0,001	0,964	0,856
<b>Ganancia de PV (kg/d)</b>							
de 0-45 d	0,608	0,553	0,006	<0,001	0,001	0,250	0,861
de 46-90 d	0,964	0,915	0,005	<0,001	0,009	0,290	0,225
de 0-90 d	0,786	0,734	0,005	<0,001	<0,001	0,919	0,253
<b>Conversión (kg MS/kg de incremento de PV)</b>							
de 0-45 d	3,44	3,63	0,022	<0,001	0,002	0,436	0,788
de 45-90 d	2,95	2,97	0,007	0,226	0,009	0,347	0,174
de 0-90 d	3,14	3,22	0,009	<0,001	<0,001	0,530	0,289
<b>Conversión (g PB/ kg de incremento de PV)</b>							
de 0-45 d	40,03	42,20	0,256	<0,001	0,001	0,392	0,801
de 45-90 d	47,37	47,54	0,105	0,337	0,009	0,276	0,228
de 0-90 d	44,53	45,52	0,126	<0,001	<0,001	0,794	0,286
<b>Conversión (MJ EM/ kg de incremento de PV)</b>							
de 0-45 d	3,15	3,32	0,020	<0,001	0,002	0,390	0,746
de 45-90 d	4,58	4,59	0,010	0,311	0,008	0,253	0,221
de 0-90 d	4,02	4,11	0,011	<0,001	<0,001	0,711	0,226

<sup>1</sup>EE±: Error estándar de la media

<sup>2</sup>P: significación estadística según el modelo general lineal para **D** (dietas): 0 vs. 15 % de inclusión de *A. pintoi*), **S**: el sexo (hembras vs. machos castrados); **DxS**: la interacción entre dieta y el sexo; y **bx**: coeficiente de regreso y variable concomitante peso inicial; cuando **bx** fue significativa las media fueron ajustadas.

El ritmo de ganancia mostrada por la dieta que contenía harina de *A. pintoi* fue superior con la harina de forraje de *T. gigantea* (522 g/día) incluida en un 15 % y en ambos casos la conversión alimenticia sufrió una ligera pero significativa variación (Ly 2004); no obstante se ha reportado en la literatura rasgos de comportamiento de cerdos al finalizar ceba superiores a

600 g por día en dietas que recibían un 15 % de inclusión de harina de hojas de *Morus alba* o *Manihotes culenta* o *Leucaena leucocephala* (Ly 2004).

Además, tanto a los 45 d como a los 90 d de engorde el sexo (hembra vs. macho) tuvo influencias ( $P < 0,01$ ) sobre el PV (45 d: 51,1 vs. 51,8 kg; 90 d: 93,2 vs. 94,3 kg; respectivamente), la GMD (45 d: 0,574 vs. 0,588 kg/d; 90 d: 0,566 vs. 0,574 kg/d; respectivamente) y la conversión alimenticia, siendo estos valores superiores a los reportados por González *et al.* (2011) al utilizar residuos foliares de boniato (0,557; 0,538 y 0,525), (ejemplo en términos de MS: 45 d: 3,50 vs. 3,58; 90 d: 3,16 vs. 3,20; respectivamente), sin existir interdependencias ( $P > 0,05$ ) entre la dieta y el sexo (Tabla 4.2).

Al respecto el NRC (2012) plantea que el sexo es uno de los factores no asociados al alimento que juega un rol importante en el desempeño productivo de los cerdos.

De igual manera Mederos *et al.* (2009) coinciden que se puede incorporar productos nacionales en raciones de cerdos en ceba hasta un 20 % de la dieta, con aceptable respuesta productiva.

Los animales con mayor peso vivo metabólico ( $PV^{0,75}$ ) realizaron menores consumos diarios de MS por kg de  $PV^{0,75}$  (Figura 4.2), PB (Figura 4.3) y EM (Figura 4.4); independientemente del sexo y de la dieta que recibían. Estas relaciones manifiestan correlaciones altas, negativas y altamente significativas ( $P < 0,001$ ). Además estas relaciones muestran que los cerdos alimentados con dietas con un 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pintoi* manifestaron un patrón similar de consumo diario por unidad de peso metabólico.

*A. pintoi*:

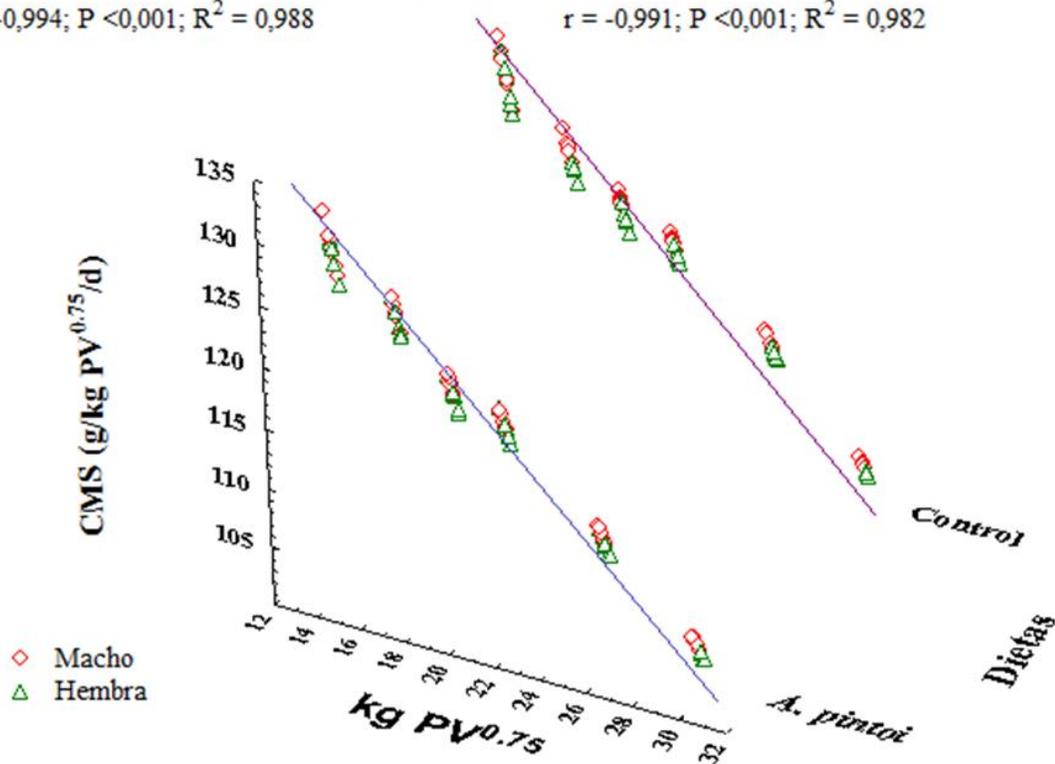
$$\text{CMS (g/kg PV}^{0,75}\text{/d)} = 149,1361 - 1,5721 \times \text{PV}^{0,75};$$

$$r = -0,994; P < 0,001; R^2 = 0,988$$

Control:

$$\text{CMS (g/kg PV}^{0,75}\text{/d)} = 149,5844 - 1,5036 \times \text{PV}^{0,75};$$

$$r = -0,991; P < 0,001; R^2 = 0,982$$



**Figura 4.2.** Relación del consumo de materia seca (CMS) y el peso metabólico ( $P^{0,75}$ ) de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de *A. pintoi* en un 15 %

*A. pintoi*:

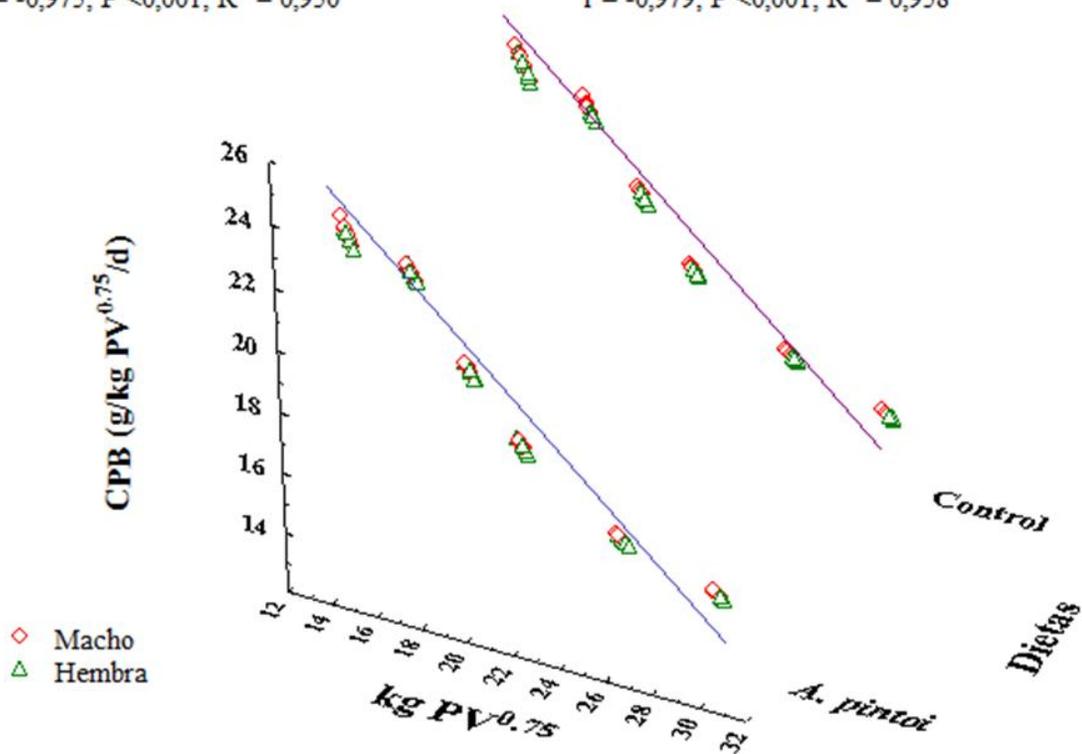
$$\text{CPB (g/kg PV}^{0,75}\text{/d)} = 31,0109 - 0,5928 \times \text{PV}^{0,75};$$

$$r = -0,975; P < 0,001; R^2 = 0,950$$

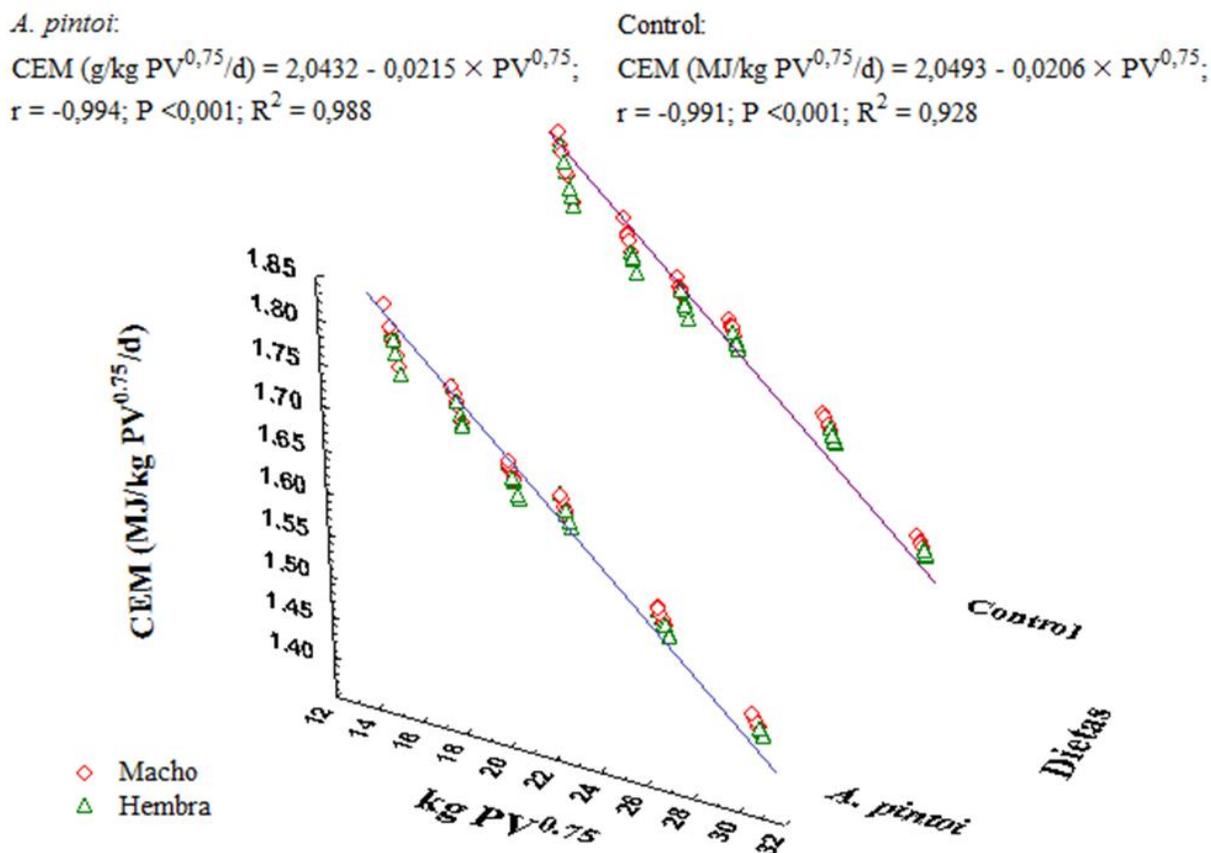
Control:

$$\text{CPB (g/kg PV}^{0,75}\text{/d)} = 31,1234 - 0,5710 \times \text{PV}^{0,75};$$

$$r = -0,979; P < 0,001; R^2 = 0,958$$



**Figura 4.3.** Relación del consumo de proteína bruta (CPB) y el peso metabólico (PV<sup>0,75</sup>) de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de *A. pintoi* en un 15 %



**Figura 4.4.** Relación del consumo de energía metabolizable (CEM) y el peso metabólico ( $PV^{0,75}$ ) de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de *A. pintoï* en un 15 %

#### 4.3.2. Canales

A pesar de que los indicadores del comportamiento animal presentados en la Tabla 4.2 fueron superiores en la dieta control al compararlos con la dieta que incluía el 15 % de harina de forraje de *A. pintoï*, el rendimiento de la canal, tanto caliente como fría, no presentó diferencias ( $P > 0,05$ ) entre ambos grupos (Tabla 4.3). Los resultados en cuanto al rendimiento de la canal muestran indicadores satisfactorios y son comparables o superiores a otros trabajos realizados en Cuba (78 %, en dietas con un 15 % de inclusión de harina de hojas de *Morus alba*; Ly (2004), en Ecuador (70 %, en dietas con un 18 % de inclusión de harina de hojas de *Morus alba*; Estupiñan *et al.* (2009) o en Venezuela (64 %, en dietas con un 25 % de inclusión

de harina del fruto de *Bactris gasipaes*; Colina *et al.* (2010)), o en Uruguay (79,4 % al utilizar un sistema de alimentación con dieta convencional restringido con acceso a pastoreo; Capra *et al.* (2011)).

En cuanto a los cortes principales (Tabla 4.3) solo se evidenció efecto ( $P < 0,05$ ) de la dieta sobre el peso del lomo, en el que los cerdos alimentados con una dieta que incluyó un 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pintoii* mostró los mejores resultados. Mientras que el sexo (hembra *vs.* macho, respectivamente) afectó ( $P < 0,01$ ) los pesos de la canal tanto caliente (74,5 *vs.* 83,4 kg) como fría (73,9 *vs.* 83,3 kg). A pesar que las canales de los cerdos alimentados con un 15 % de harina de forraje de *A. pintoii* fueron numéricamente más pequeñas, estas se encontraban en los rangos de las canales de cerdos que llegan al matadero en el estudio de Jerez-Timaure *et al.* (2013), quienes encontraron pesos de canales entre 57 y 85 kg en los lotes de cerdos sacrificados. La literatura consultada refiere que el peso de los cortes principales no se ve afectado por la inclusión de harinas de fuentes locales siempre que sean similares los pesos y las edades al sacrificio y siempre que los niveles de inclusión no afecten el comportamiento productivo de los animales (Colina *et al.* 2010).

**Tabla 4.3.** Rendimiento de la canal y cortes principales de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de *A. pintoi* en un 15 %

Indicadores <sup>1</sup> (kg)	Dietas			P <sup>3</sup>			
	Control	<i>A. pintoi</i>	EE± <sup>2</sup>	D	S	D×S	bx
Peso canal caliente	80,79	77,08	1,660	0,090	0,003	0,992	0,345
RCC, %	84,16	84,36	0,758	0,865	0,597	0,646	0,580
Peso canal fría	80,31	76,96	1,723	0,136	0,003	0,841	0,326
RCF, %	83,62	84,22	0,780	0,709	0,836	0,849	0,535
Cabeza	7,37	7,13	0,093	0,326	0,830	0,893	0,753
Papada	1,14	1,25	0,031	0,073	0,794	0,240	0,272
Salonillo	0,47	0,53	0,023	0,204	0,693	0,608	0,337
Lomo	5,58	6,43	0,202	0,017	0,096	0,189	0,148
Jamón	10,01	11,07	0,276	0,088	0,473	0,779	0,765
Brazo	7,07	7,00	0,127	0,825	0,532	0,568	0,861
Tocino	0,94	0,96	0,006	0,199	0,376	0,773	0,416
Costilla	4,05	3,95	0,103	0,717	0,935	0,829	0,205
Bondiola	3,04	3,13	0,160	0,723	0,179	0,286	0,379
Cuero	3,84	4,07	0,155	0,539	0,675	0,560	0,777
Panceta	0,97	1,07	0,037	0,161	0,580	0,724	0,292

<sup>1</sup>RCC: rendimiento de la canal en caliente; RCF: rendimiento de la canal en frío

<sup>2</sup>EE±: Error estándar de la media

<sup>3</sup>P: significación estadística según el modelo general lineal para **D** (dietas): 0 vs. 15 % de inclusión de *A. pintoi*, **S**: el sexo (hembras vs. machos castrados); **D×S**: la interacción entre dieta y el sexo; y **bx**: coeficiente de regreso y variable concomitante peso inicial; cuando **bx** fue significativa las media fueron ajustadas.

En cuanto al peso de las diferentes vísceras y sus contenidos según corresponda (Tabla 4.4) no se observó efecto ( $P>0,05$ ) de la dieta ni del sexo sobre estos. No obstante el aparato digestivo de los cerdos alimentados con un 15 % de harina de forraje de *A. pintoi* fue ligeramente más pesado que el sistema digestivo de los cerdos alimentados con la dieta control, al parecer debido al mayor contenido de fibra en la dieta de los primeros respecto a estos últimos (Ly 2008a).

**Tabla 4.4.** Peso absoluto de las vísceras y su contenido de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de *A. pintoi* en un 15 %

Indicadores <sup>1</sup> (kg)	Dietas		EE± <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>			
	Control	<i>A. pintoi</i>		D	S	D×S	bx
Corazón	0,44	0,49	0,021	0,154	0,051	0,145	0,308
Pulmón	1,31	1,39	0,127	0,717	0,335	0,893	0,400
Tráquea	0,58	0,62	0,035	0,655	0,715	0,727	0,867
Hígado	1,62	1,69	0,034	0,355	0,412	0,259	0,774
Riñones	0,35	0,39	0,014	0,123	0,606	0,169	0,127
Páncreas	0,21	0,26	0,019	0,571	0,243	0,988	0,197
Lengua	0,46	0,46	0,012	0,677	0,960	0,812	0,345
Estómago lleno	1,41	1,32	0,087	0,522	0,306	0,043	0,250
Estómago vacío	0,76	0,79	0,024	0,550	0,787	0,793	0,836
Intestino delgado	1,74	1,94	0,072	0,144	0,506	0,686	0,162
Intestino grueso	2,19	2,40	0,068	0,174	0,885	0,338	0,603
Grasa	0,87	0,96	0,050	0,389	0,415	0,771	0,699
AD lleno	13,10	14,06	0,233	0,051	0,967	0,299	0,703
AD vacío	10,85	11,38	0,217	0,326	0,485	0,934	0,580
Contenido estomacal	0,65	0,53	0,090	0,429	0,298	0,064	0,254
Bilis	0,07	0,08	0,005	0,108	0,662	0,176	0,389

<sup>1</sup>AD lleno: aparato digestivo lleno; AD vacío: aparato digestivo vacío

<sup>2</sup>EE±: Error estándar de la media

<sup>3</sup>P: significación estadística según el modelo general lineal para D (dietas): 0 vs. 15 % de inclusión de *A. pintoi*), S: el sexo (hembras vs. machos castrados); D×S: la interacción entre dieta y el sexo; y bx: coeficiente de regreso y variable concomitante peso inicial; cuando bx fue significativa las media fueron ajustadas.

En nuestro estudio el peso de los cortes principales se encuentran en los rangos reportados para cerdos con similares pesos vivos al sacrificio (Sánchez Pineda de las Infantas 2003). No obstante, se observó que a pesar de existir numéricamente una canal menos pesada en el grupo de cerdos que recibió la dieta con 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pintoi*, algunos cortes (salonillo, lomo, jamón, bondiola) fueron ligeramente más pesados en estos cerdos que aquellos del grupo control. Al parecer este hallazgo pudiera estar relacionado con el menor

espesor de la grasa dorsal (Tabla 4.6) de los cerdos que se alimentaron con un 15 % de harina de forraje de *A. pintoi*.

**Tabla 4.5.** Dimensiones de los cortes principales de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de *A. pintoi* en un 15 %

Indicadores <sup>1</sup>	Dietas		EE± <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>			
	Control	<i>A. pintoi</i>		D	S	D×S	bx
Long. de la canal, cm	257,83	271,67	2,834	0,002	0,068	0,075	0,966
Long. del jamón, cm	80,70	79,74	1,529	0,381	0,001	0,025	0,003
Long. del brazo, cm	76,83	70,57	2,602	0,132	0,074	0,563	0,190
Diámetro del jamón, cm	97,08	103,06	1,663	0,077	0,307	0,245	0,753
Long. de la costilla, cm	69,03	68,28	1,150	0,627	0,743	0,133	0,106
Long. de la mano, cm	39,51	34,01	1,235	0,030	0,272	0,640	0,936
Long. de la pata, cm	44,88	39,85	1,357	0,097	0,382	0,602	0,774
Grosor de la caña, cm	41,22	39,60	1,006	0,552	0,954	0,881	0,559
Long. del estómago, cm	31,95	34,27	0,512	0,012	0,298	0,075	0,160
Long. del ID, m	24,76	26,65	0,544	0,091	0,762	0,172	0,449
Long. del IG, m	7,77	7,84	0,097	0,597	0,694	0,031	0,332

<sup>1</sup>Long.: longitud; ID: intestino delgado; IG: intestino grueso

<sup>2</sup>EE±: Error estándar de la media

<sup>3</sup>P: significación estadística según el modelo general lineal para D (dietas): 0 vs. 15 % de inclusión de *A. pintoi*), S: el sexo (hembras vs. machos castrados); D×S: la interacción entre dieta y el sexo; y bx: coeficiente de regreso y variable concomitante peso inicial; cuando bx fue significativa las media fueron ajustadas.

Respecto a las dimensiones de las canales, cortes principales, estómago e intestinos (Tabla 4.5) se observó que las dietas empleadas tuvieron un efecto ( $P < 0,05$ ) sobre la longitud de la canal, de la mano y del estómago, donde los cerdos que consumieron dietas con un 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pintoi* exhibieron canales más largas, manos más cortas y estómagos más largos, sin embargo ambos grupos exhibieron dimensiones de sus estructuras dentro de los parámetros de cerdos con similar peso al sacrificio (Diéguez F J 1995 y Ly 2008b y Jerez-Timaure *et al.* 2013). La mayor longitud del estómago mostrado por los cerdos

que consumían una dieta con 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pinto* se relaciona al rol que juega el mayor contenido fibroso de esta en el crecimiento de los órganos digestivos (Ly 2008a). Por otro lado, los cerdos (machos castrados) mostraron mayor ( $P < 0,001$ ) longitud del jamón (82,3 cm) que las cerdas (78,2 cm).

Los animales que consumían la dieta formulada con un 15 % de harina de *A. pinto* presentaron menor ( $P < 0,05$ ) espesor de la grasa dorsal y en otros cortes (lomo bife, chuleta, lomo fino) de la región dorsal (Tabla 4.6) que aquellos cerdos que consumían la dieta control. Estos resultados parecen estar relacionados con la menor digestibilidad de la energía observada en estudios previos en cerdos que consumían una dieta con 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pinto* (Andrade *et al.* 2015) comparado a aquellos que consumían una dieta control. Por otro lado, como se esperaba, los cerdos (machos castrados) presentaron menor espesor de la grasa dorsal (26,9 mm) y en otros cortes de la región dorsal (lomo bife: 27,1 mm; chuleta: 17,5 mm; lomo fino: 21,1 mm), que las cerdas (grasa dorsal: 29,5 mm; lomo bife: 30,1 mm; chuleta: 20,1; lomo fino: 28,6 mm).

**Tabla 4.6.** Espesor de la grasa dorsal y en otros cortes de la región dorsal de cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de *A. pinto* en un 15 %

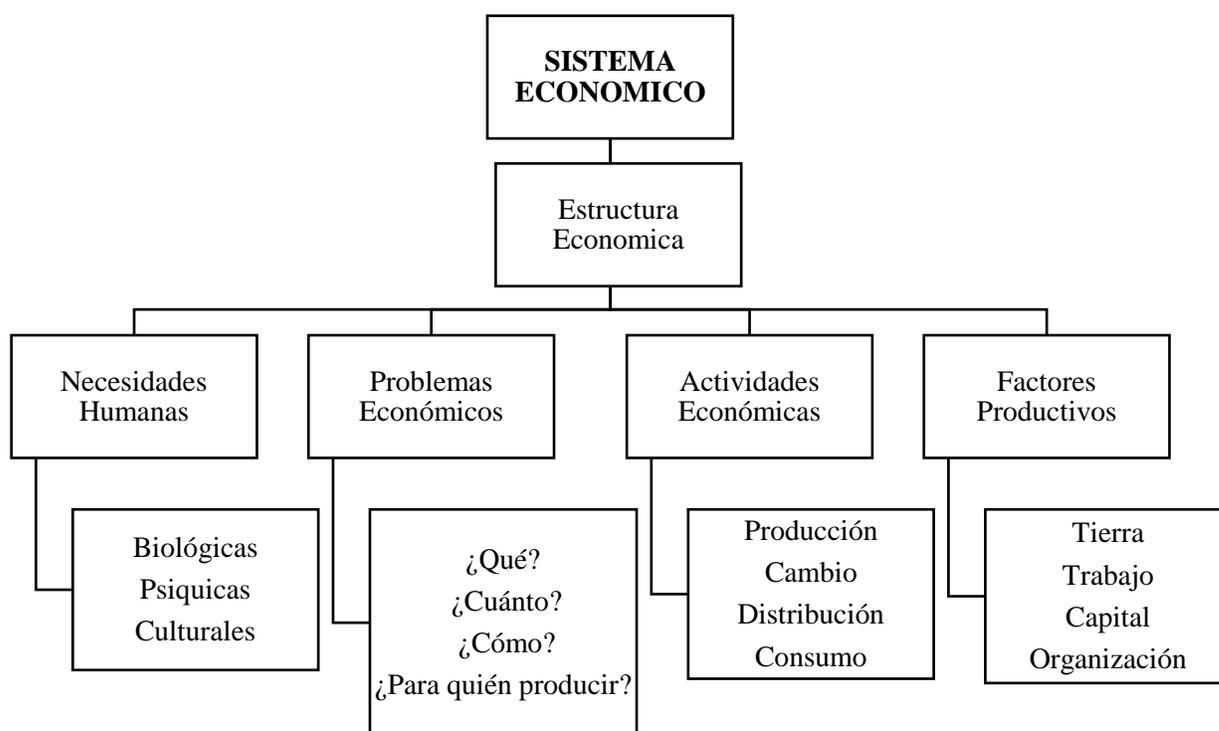
Indicadores (mm)	Dietas		EE± <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>			
	Control	<i>A. pinto</i>		D	S	D×S	bx
Grasa dorsal	32,40	24,02	1,335	<0,001	0,001	0,996	0,881
Grasa del lomo enrollado	26,11	21,06	1,519	0,087	0,150	0,971	0,547
Grasa del lomo bife	29,78	27,45	0,631	0,009	0,003	0,742	0,980
Grasa de la chuleta	19,35	18,32	0,449	0,035	0,001	0,773	0,545
Grasa del lomo fino	27,65	26,06	0,614	0,023	<0,001	0,836	0,793

<sup>1</sup>EE±: Error estándar de la media

<sup>2</sup>P: significación estadística según el modelo general lineal para D (dietas): 0 vs. 15 % de inclusión de *A. pinto*), S: el sexo (hembras vs. machos castrados); D×S: la interacción entre dieta y el sexo; y bx: coeficiente de regreso y variable concomitante peso inicial; cuando bx fue significativa las media fueron ajustadas.

### 4.3.3. Análisis económico

La producción de la harina de forraje de *A. pinto* es un proceso de transformación, de los recursos provenientes de la naturaleza mediante el trabajo humano para obtener bienes finales: Recursos de la naturaleza + Trabajo Humano = Bienes y Servicios Finales (materia prima, insumos) (recurso humano) (Servicios finales listos para consumirse), al realizar el estudio de los elementos básicos del sistema económico (Figura 4.5) se puede observar (Tabla 4.7) que está diseñado para producir harina de forraje de *Arachis pinto* cosechada a 35 d de edad.



**Figura 4.5.** Elementos básicos del sistema económico

**Tabla 4.7.** Elementos básicos del sistema económico de producción de harina de *Arachis pinto* de 35 días/ha/año

<b>ELEMENTOS ECONÓMICOS</b>	
<b>Necesidades humanas:</b>	
Los productores de ganado porcino.	
Bajar los costos de producción en la producción porcina.	
<b>Problemas económicos:</b>	
¿Qué producir?	Harina de forraje de <i>A. pinto</i> de 35 días de edad
¿Cuánto producir?	14 700 kg/ha/año
¿Cómo producir?	Con la biomasa del <i>A. pinto</i> y transformarla en harina
¿Para quién producir?	Para los productores porcinos
<b>Actividades económicas:</b>	
Lleva actos económicos de manera organizada y sistematizada:	
Sembrado	
Cosechado	
Secado/Molido	
Envasado	
Distribución	
<b>Factores productivos:</b>	
Tierra:	Abono, semilla
Trabajo:	Jornales
Capital:	Terreno, instalaciones, secadero, molino, balanza, vehículo
Organización:	Técnico

**Tabla 4.8.** Costo de producción de harina de *Arachis pinto* de 35 días de edad cosechada en una hectárea por un año

Recurso	Detalle	Unidad	Cantidad	Valor (USD)	Total (USD)
<b>Tierra</b>	Humus de lombriz	sacos (40 kg)	300	2,50	750,00
	Semilla agámica	sacos (40 kg)	5	3,00	15,00
<b>Trabajo</b>	Jornales transitorios	unidad	5	15,00	75,00
	Jornales	unidad	1	750,00	750,00
	Depreciación instalaciones	día	45	0,27	12,15
<b>Capital</b>	Depreciación terreno	día	365	0,13	47,45
	Depreciación secadero	hora	1056	0,02	21,12
	Depreciación molino	hora	1056	0,02	21,12
	Depreciación balanza	hora	1056	0,01	10,56
	Depreciación vehículo	día	0.3	30,00	9,00
<b>Organización</b>	Técnico	hora	7	5,00	35,00
<b>Gastos administrativos</b>	Gas licuado de petróleo	unidad	44	1,60	70,40
	Energía eléctrica	unidad	44	1,00	44,00
	Sacos de polietileno	unidad	0.04	370,00	14,80
<b>Otros gastos</b>	Varios	unidad	1	50,00	50,00
				<b>Inversión total</b>	<b>1 925,60</b>
<b>Harina de forraje de <i>A. pinto</i> producida</b>		kg/ha/año	14 700,00		
<b>Costo harina forraje de <i>A. pinto</i></b>		USD/kg			0,13

El análisis realizado referente al costo de producción de la harina de *Arachis pinto* producida a una frecuencia de corte de 35 días en una hectárea durante un año (Tabla 4.8), se incluyeron todos los recursos involucrados en la transformación de la biomasa de forraje de *A. pinto* en harina, presentando un valor de inversión de USD 1 923,60 para una hectárea de terreno en un año, se produjeron 14 700 kg de harina con un costo de producción por kilogramo de harina fue de 0,13 centavos de USD.

**Tabla 4.9.** Costo de producción de las dietas con 0 y 15 % de inclusión harina de *Arachis pinto* de 35 días

MATERIAS PRIMAS	COSTO (USD) kg	Nivel de inclusión		Valor (USD)	
		0%	15%	Subtotal 0%	Subtotal 15%
HF de <i>A. pinto</i>	0,13	0,00	15,00	0,00	1,95
Harina de Maíz	0,60	77,08	69,00	46,25	41,40
Torta soya	1,25	13,78	7,00	17,23	8,75
Harina pescado	1,35	5,00	4,00	6,75	5,40
Grasa vegetal	0,35	2,00	4,53	0,70	1,59
Antioxidantes	1,50	0,03	0,01	0,05	0,02
Sal Común	0,35	0,20	0,20	0,07	0,07
Núcleo vitamínico	2,50	1,50	0,05	3,75	0,13
Antimicóticos	1,75	0,03	0,03	0,05	0,05
Coccidiostatos	1,75	0,03	0,03	0,05	0,05
Carbonato de Calcio	0,25	0,10	0,05	0,03	0,01
Monofosfato de calcio	0,56	0,05	0,05	0,03	0,03
Metionina + Cistina	2,65	0,20	0,05	0,53	0,13
<b>TOTAL</b>				75,48	59,57
<b>Costo saco 45 kg</b>				30,19	23,83
<b>Costo/kg/alimento</b>				0,75	0,60

Al realizar la determinación del costo de producción de las dietas empleadas en el estudio se obtuvieron valores de USD 75,48 y 59,57 para 100 libras en las dietas que incluían el 0 y 15 % de harina de *A. pinto*, respectivamente. Al realizar el envasado en sacos de polietileno en cantidades de comercialización (45 kg) el valor por saco fue de 30,19 y 23,83 USD,

respectivamente para las dietas que incluían o no la harina del forraje de *A. pintoï*, obteniendo un valor por un kilogramo de alimento para las dietas que no incluían harina de forraje de *A. pintoï* de 0,75 centavos de USD y 0,60 centavos USD para la dieta que incluía harina de *A. pintoï* producida cada 35 días de corte.

**Tabla 4.10.** Balance económico de los cerdos alimentados con dietas que incluían o no harina de forraje de *Arachis pintoï* en un 15 %, considerando la venta del estiércol

Indicadores	Dietas					
	Contol			<i>A. pintoï</i>		
	Valor (USD)	Cantidad	Total (USD)	Valor (USD)	Cantidad	Total (USD)
<b>EGRESOS</b>						
Costo animal	50,00	14	700,00	50,00	14	700,00
Alimento	0,75	2 723	2 055,58	0,60	2 838	1 690,68
Bioseguridad	4,00	1	4,00	4,00	1	4,00
Servicios básicos	5,00	1	5,00	5,00	1	5,00
Mano de obra	150,00	1	150,00	150,00	1	150,00
Depreciación de Instalaciones y Equipos	15,00	1	15,00	15,00	1	15,00
Faenado	4,00	14	56,00	4,00	14	56,00
<b>Subtotal</b>			<b>2 985,58</b>			<b>2 620,68</b>
<b>INGRESOS</b>						
Cerdo a la canal	4,00	1 124,34	4 497,36	4,00	1 077,44	4 309,76
Estiercol	0,50	544,7	272,35	0,50	703,82	351,91
<b>Subtotal</b>			<b>4 769,71</b>			<b>4 661,67</b>
<b>Ganancia</b>			<b>1 784,13</b>			<b>2 040,99</b>
		<b>Beneficio/Costo</b>	<b>1,60</b>		<b>Beneficio/Costo</b>	<b>1,78</b>

Finalmente, al realizar un análisis económico de las dos dietas empleados (Tabla 4.10) se encontró que el alimento representó el 69 % de los costos totales en el grupo control, mientras en el grupo que incluía un 15 % de harina de forraje de *A. pinto* el alimento representó el 65 % de los costos totales. Este último grupo presentó mayor ganancia monetaria (256,86 USD más que el grupo control por cada 12 cerdos) que permitiría a los productores locales que cada 100 cerdos cebados, bajo las condiciones de la región estudiada, una ganancia de 2 140,50 USD más si se alimentaran los cerdos con una dieta que incluyera el 15 % de harina de forraje de *A. pinto* que con una dieta a base de maíz/soya (ej. control) incluyendo la venta de las excretas de los cerdos. Además el sistema de alimentación de cerdos que incluyó harina de forraje de *A. pinto* mostró una mejor relación beneficio/costo (1,78 USD) que el sistema de alimentación empleado en los cerdos del grupo control (USD 1,60).

Al realizar un análisis económico de las dos dietas empleados sin incluir la venta de las excretas de los cerdos, donde el sistema de alimentación de cerdos que incluyó harina de forraje de *A. pinto* mostró una relación beneficio/costo superior (1,64 USD) al sistema de alimentación empleado en los cerdos del grupo control (1,51 USD).

#### 4.4. CONCLUSIONES PARCIALES

- Los cerdos alimentados con dietas que contenían harina de forraje de *A. pinto* en un 15 % mostraron rasgos de comportamiento productivo aceptables (en un periodo de 90 días de ceba alcanzaron más de 90 kg de peso vivo y una conversión alimenticia inferior a 4) en los que no se afectó el rendimiento de la canal.
- Los cortes principales y los órganos de los cerdos en estudio no se afectaron por la inclusión de harina de forraje de *A. pinto* en la dieta de los mismos, aunque se evidenció un mayor peso y dimensión del aparato digestivo en aquellos cerdos que consumieron en su dieta harina de forraje *A. pinto*.
- El espesor de la grasa dorsal y en otros cortes (lomo bife, chuleta, lomo fino) de la región dorsal fue inferior en los cerdos alimentados con harina de forraje de *A. pinto*.
- Los indicadores de costo por peso, costo por kg de canal y ganancias muestran que la harina de forraje de *A. pinto* puede ser empleada como una alternativa viable para usar los recursos locales como fuente de alimentos en sustitución de alimentos convencionales, especialmente para regiones como la estudiada (Amazonía ecuatoriana).

*Discusión General*

## **CAPÍTULO V. DISCUSIÓN GENERAL**

La Región Amazónica del Ecuador, reviste importancia trascendental en el desarrollo del país, debido al potencial productivo de la zona, y al asentamiento acelerado que experimenta por movimientos poblacionales de otras regiones del país hacia la Amazonía. La competitividad por los alimentos entre el hombre y los animales ha llevado a muchos investigadores a buscar fuentes de alimentación alternativa. La situación generada por los altos precios de los alimentos convencionales incrementa la importancia de los sistemas alternativos de alimentación animal. En este contexto, el precio de la soya, el maíz y otros cereales se han incrementado significativamente en el Mercado Internacional (FAO. 2013) provocando que en los países importadores de esos alimentos, los pequeños y medianos productores de cerdos, se hayan visto obligado a elaborar sistemas de alimentación no convencionales, empleando fuentes de energía metabolizable nacionales, más baratas, aunque los animales, tengan una tasa de crecimiento más lenta y se necesite más tiempo para alcanzar el peso vivo óptimo al sacrificio (Valdivié y Bicudo 2011).

El trópico ofrece numerosas ventajas dado por la biodiversidad que posee, representado en la abundancia de biomasa vegetal (Pico 2010), máxime si en los últimos años en los países tropicales se ha incrementado la utilización de fuentes fibrosas (harinas de forraje de leguminosas y gramíneas) en la alimentación de especies monogástricas, como una alternativa

alimentaria de bajo costo y que reduce la competencia por los alimentos destinados al hombre (Savón 2002).

El desarrollo de la tesis permitió estudiar por vez primera, en la región Amazónica provincia de Napo la evaluación del efecto de la frecuencia de cortes sobre el rendimiento forrajero de *A. pintoii* y el valor nutritivo de la harina de su forraje; así como el efecto de la inclusión de esta harina en dietas para alimentar cerdos en crecimiento-ceba y su efecto sobre el rendimiento, calidad y composición de la canal al momento del sacrificio de estos cerdos.

Estos resultados permiten proponer la cosecha del forraje bajo las condiciones agrometeorológicas de la región estudiada para producir harina de forraje de *A. pintoii* (cultivar CIAT-8751) donde los mejores indicadores integrales se alcanzaron cuando fue cosechado el forraje a los 20 y 35 d del rebrote aunque la concentración de aminoácidos y su proporción con respecto a la PB fue superior a los 35 d, lo que sugiere mayor calidad nutritiva para cerdos en crecimiento-ceba. Estos resultados indican que la decisión de usar forrajes procedentes del mismo escenario donde se desarrolle la porcicultura tropical se debe tener en cuenta no solo los rendimientos forrajeros y la manipulación de los factores que los modifiquen favorablemente, sino también el valor nutritivo de estos recursos (Ly 2004 y Ly *et al.* 2007).

En nuestro estudio, la digestibilidad de los nutrientes y el contenido energético de las dietas formuladas fueron superiores en la dieta control que en las dietas experimentales. Sin embargo nuestros resultados en todas las dietas presentaron digestibilidad fecal de la MO superiores a 700 g/kg de MO, valores aceptables para cerdos en crecimiento-ceba (Boisen y Fernández 1997 y NRC 1998 y Noblet y Jaguelin-Peyraud 2007) siendo estos valores inferiores a los reportados con cerdos alimentados a base de maíz, los que mostraron digestibilidad total de

870 g de MO/kg MS (Boisen y Fernández 1997 y Nyannor *et al.* 2007). Los valores de la digestibilidad fecal de los nutrientes decreció a medida que se incrementó el nivel de inclusión de la harina de *A. pintoï* en la dietas de cerdos en crecimiento-ceba. Presentando un descenso de la digestibilidad de los nutrientes a razón que aumenta el nivel de material fibroso (harina de forraje de *A. pintoï*) coincidiendo con observaciones previas realizadas por Chen *et al.* (2014) al emplear niveles de 5, 10 o 20 % de inclusión de harina de forraje de Alfalfa.

Sin embargo los parámetros de consumo diario por cerdo no se afectaron por el nivel de inclusión de la harina de *A. pintoï*. Además, estos consumos se encuentran en el rango que reporta el NRC (2012). Al respecto, el NRC (1998 y 2012) ha declarado que existen diversos factores que limitan el consumo voluntario de los cerdos, entre los que se destacan: los fisiológicos, los medioambientales y los factores propiamente de la dieta. Los resultados obtenidos en la digestibilidad fecal de los nutrientes sugiere que la harina de forraje de *A. pintoï* puede ser utilizada en dietas para cerdos en crecimiento hasta un 15 % de inclusión ascendiendo estos a 20 % para cerdos de engorde y reproductores.

El experimento productivo y de estudio de las canales mostró que los cerdos alimentados con dietas que contienen harina de forraje de *A. pintoï* en un 15 % mostraron rasgos de comportamiento productivo aceptables en un periodo de 90 días de ceba, donde alcanzo más de 90 kg de peso vivo al sacrificio y una conversión alimenticia inferior a 4 en los que no se afectó el rendimiento de la canal. Otros autores como Galindo *et al.* (2012), hallaron en cerdos en ceba rendimientos de la canal inferiores (54,47 y 54,56 %) y pesos vivos al sacrificio alimentados con una dieta básica comercial (92,35 y 99,11 kg) a los del presente estudio.

A pesar de que los rendimientos productivos mostrados por los cerdos en este estudio fueron discretos para ambos grupos, los resultados de estos indicadores fueron superiores en la dieta control comparados con la dieta que incluía el 15 % de harina de forraje de *A. pinto*, sin embargo el rendimiento de la canal, tanto caliente como fría, no presentó diferencias entre ambos grupos. Los resultados en cuanto al rendimiento de la canal muestran indicadores satisfactorios y son comparables o superiores a trabajos realizados en otras regiones de Ecuador o del trópico (Ly 2004 y Estupiñán *et al.* 2009 y Colina *et al.* 2010 y Jerez-Timaure *et al.* 2013). Estos autores encontraron pesos de canales entre 57 y 85 kg en los lotes de cerdos sacrificados. En nuestro estudio el peso de los cortes principales se encuentran en los rangos reportados para cerdos con similares pesos vivos al sacrificio (Sánchez Pineda de las Infantas 2003), la literatura consultada refiere que el peso de los cortes principales no se ve afectado por la inclusión de harinas de fuentes locales siempre que sean similares los pesos y las edades al sacrificio (Colina *et al.* 2010).

En cuanto al peso de las diferentes vísceras y sus contenidos no se observó efecto de la dieta ni del sexo sobre estos. No obstante, el aparato digestivo de los cerdos alimentados con un 15 % de harina de forraje de *A. pinto* fue ligeramente más pesado que el sistema digestivo de los cerdos alimentados con la dieta control; al parecer debido al mayor contenido de fibra en la dieta de los primeros respecto a estos últimos (Ly 2008a). Respecto a las dimensiones de las canales, cortes principales, estómago e intestinos se observó que las dietas empleadas tuvieron un efecto sobre la longitud de la canal, de la mano y del estómago, donde los cerdos que consumieron dietas con un 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pinto* exhibieron una canal más larga, manos cortas y un estómago largo. Sin embargo, ambos grupos exhibieron dimensiones de sus estructuras dentro de los parámetros anatómicos de cerdos con similar

peso al sacrificio (Diéguez F J 1995 y Ly 2008b y Jerez-Timaure *et al.* 2013). La mayor longitud del estómago mostrada por los cerdos que consumían una dieta con 15 % de inclusión de harina de forraje de *A. pinto* se relaciona al rol que juega el mayor contenido fibroso de esta en el crecimiento de los órganos digestivos (Ly 2008a). Al realizar el análisis de los resultados en el espesor de la grasa dorsal y en otros cortes (lomo bife, chuleta, lomo fino) de la región dorsal fue inferior en los cerdos alimentados con harina de forraje de *A. pinto*, siendo nuestros resultados superiores en el espesor de grasa dorsal a los obtenido por Garduño *et al.* (2005), al alimentar cerdos con diferentes niveles de inclusión, 0, 15 y 25 % de leña en la dieta (2,68; 2,29 y 2,02 cm), también fue mayor a los informados (23,89; 24,11; 24,82 y 23,91 mm) por Gonzalvo *et al.* (2005), al utilizar dietas de miel B, nuprovim y diferentes niveles de afrecho.

Los indicadores de costo por peso, costo por kg de canal y ganancias muestran que la harina de forraje de *A. pinto* puede ser empleada como una alternativa viable para usar los recursos locales como fuente de alimentos en sustitución de alimentos convencionales, especialmente para regiones como la estudiada, al respecto Valdivié *et al.* (2015) plantearon que los sistemas alternativos de alimentación para cerdos de ceba (35 a 91 kg de peso vivo) permite producir cerdos con el peso óptimo de sacrificio, 91 kg (en Cuba), con viabilidad económica, sin emplear cereales importados.

La inclusión de harina de forraje de *A. pinto* trae consigo efectos favorables no solo por el valor nutritivo de su harina y la disminución de los costos de producción sino porque esta leguminosa cubre aportes nutricionales de animales de altos requerimientos en su nutrición, ayuda a recuperar los suelos degradados y nos ha indicado resultados con buenos rendimientos

agrícolas en las condiciones agroclimáticas y tecnológicas de los sistemas productivos de la región Amazónica de Ecuador. Además, puede reducir las importaciones de cereales destinados a la alimentación animal, y mejorar la economía familiar del pequeño y mediano productor porcícola y siguiendo los parámetros decretados por el Plan Nacional de Desarrollo/Plan Nacional para el Buen Vivir del Ecuador, cumpliendo el Objetivo 10.4, donde se menciona impulsar la producción y la productividad de forma sostenible y sustentable, fomentar la inclusión y redistribuir los factores y recursos de la producción en el sector agropecuario, acuícola y pesquero, en la literatura se refiere a fortalecer la producción rural organizada y la agricultura familiar campesina, bajo formas de economía solidaria, para incluirlas como agentes económicos de la transformación en matriz productiva, promoviendo la diversificación y agregación de valor y la sustitución de importaciones, en el marco de la soberanía alimentaria (SENPLADES 2013).

*Conclusiones Generales*

## CONCLUSIONES GENERALES

- La harina de forraje de *A. pinto* mostró el mejor valor nutritivo cuando fue cosechada con frecuencia de corte de 20 y 35 d, aunque la concentración de aminoácidos y su proporción con respecto a la PB fue superior con la frecuencia de 35 d, lo que sugiere mayor calidad nutritiva para cerdos.
- La digestibilidad fecal de la materia seca, la proteína bruta y la energía digestible de la harina de forraje de *A. pinto* producida con frecuencia de corte de 35 d decrecieron a medida que se incrementó el nivel de inclusión de la harina de forraje de *A. pinto* en las dietas para cerdos en crecimiento-ceba. Sin embargo, el consumo diario por cerdo no se afectó por el nivel de inclusión de la harina de forraje de *A. pinto*.
- La digestibilidad fecal de la materia orgánica y la energía bruta, el comportamiento productivo, el rendimiento, calidad y composición de la canal de cerdos en crecimiento-ceba sugieren que la harina de forraje de *A. pinto* puede ser incluida en dietas para estos cerdos al 15 % (en 90 días de ceba los cerdos alcanzaron más de 90 kg de PV y conversión alimenticia inferior a cuatro sin afectarse el rendimiento de la canal).

- Los indicadores de costo por peso, costo por kg de canal y beneficio costo muestran que la harina de forraje de *A. pinto* puede ser empleada como una alternativa viable para usar los recursos locales como fuente de alimentos en sustitución de alimentos convencionales, especialmente para regiones como la estudiada (Amazonía ecuatoriana).

*Recomendaciones*

## RECOMENDACIONES

- Evaluar otros niveles de inclusión de harina de *A. pinto* en otras categorías porcinas y otras especies monogástricas, especialmente aquellas adaptadas a la región Amazónica de Ecuador.
- Evaluar el aspecto económico de la venta de carne de cerdo en mercados especializados de la región, considerando la calidad de la canal, la carne más magra y sus cortes principales.
- Divulgar los resultados obtenidos en la presente investigación a través de la docencia de pre y postgrado, la vinculación con la comunidad y actividades profesionales relacionadas con esta área.
- Incluir en las tablas de valor nutritivo los valores bromatológicos, de aminoácidos y digestibles obtenidos en las harinas de forrajes acorde a su edad de cosecha.

*Referencias Bibliográficas*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adjolohoun, S., Bindelle, J., Adandedjan, C. y Buldgen, A. 2008. Some suitable grasses and legumes for ley pastures in Sudanian Africa: the case of the Borgou region in Benin. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 12:405-419.
- Adjolohoun, S., Bindelle, J., Adandedjan, C., Toleba, S.S., Nonfon, W.R. y Sinsin, B. 2013a. Reproductive phenology stages and their contributions to seed production of two *Arachis pintoi* ecotypes (CIAT 17434 and CIAT 18744) in Sudanian savanna region of Benin, West Africa. *Agricultural Science Research Journal* 3:152-157.
- Adjolohoun, S., Houndonougbo, F., Adandédjan, C., Toléba, S.S., Houinato, M., Nonfon, W.R. y Sinsin, B. 2013b. Influence of vegetative and seed establishment methods on seed yield and quality of *Arachis pintoi* CIAT 17434 in Soudanian region of Benin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* 73:1-8.
- Álvarez-Álvarez, D. 2010. El ayuno antemortem ¿reduce el estrés y favorece la calidad de la carne? En: *Bienestar animal y calidad de la carne*. Primera Edición. Guerrero-Legarreta, I. & Trujillo-Ortega, M.E. Eds. Editorial BM Editores. Mexico, pp 199-209.
- Álvarez, J., Dávila, C. y Castro, F. 2006. Efecto de la fertilización N-P en el establecimiento de la asociación setaria-maní forrajero (*Setaria sp- Arachis pintoi*). *Memoria del XIII Congreso Venezolano Producción e Industria Animal*, San Juan de Los Morros, Venezuela, p. 185.

- Andrade, C.M. y Valentim, J.F. 1999. Adaptacao, produtividade e persistencia de *Arachis pinto* submetido a diferentes niveis de sombreamento. Revista Brasileira de Zootecnia. 28:439-445.
- Andrade , V., Lima, R. y Vargas, J. 2015. Evaluación de la digestibilidad *in vivo* y concentración energética de dietas con harina de forraje de *Arachis pinto* para cerdos en crecimiento y ceba. Revista Computadorizada de Producción Porcina 22:209-212.
- Araiza-Piña, A., Cervantes-Ramírez, M., Morales-Maldonado, A., Espinoza-Santana, S., Cervantes-Ramírez, M. y Torrentera-Olivera, N. 2003. Apparent ileal amino acid digestibility in sorghum, corn and wheat in diets for growing pigs. Agrociencia 37:221-229.
- Archimède, H., Eugène, M., Magdeleine, C., Boval, M., Martin, C., Morgavi, D.P., Lecomte, M. y Doreau, M. 2011. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. Animal Feed Science and Technology 166-167:159-164.
- Argel, P. y Villarreal, M. 2000. Cultivar Porvenir: Nuevo Maní Forrajero Perenne (*Arachis pinto* Krap. y Greg. Nom nud. CIAT 18744). Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. (CIAT) y (ITCR). San Carlos, Costa Rica,
- ASPE 2013. Asociación de Porcicultores del Ecuador. Estadísticas censo porcino 2013. Available <<http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/estadisticas-porcicolas-2013>> [20 de Diciembre del 2015].
- Azevedo, J.R.L., Olivo, C.J., Meinerz, G.R., Agnolin, C.A., Diehl, M.S., Moro, G., Parra, C.L.C., Quatrin, M.P. y Horst, T. 2012. Productivity of pastures-based systems mixed to forage peanut or red clover. Ciência Rural 42:2043-2050.

- Bach-Knudsen, K.E. 2011. Triennial Growth Symposium: Effects of polymeric carbohydrates on growth and development in pigs1. *Journal of Animal Science* 89.
- Bach-Knudsen, K.E. y Hansen, I. 1991. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. 1. Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents. *British Journal of Nutrition* 65:317-322.
- Barlocco, N. 2005. Alimentación de cerdos en crecimiento y engorde en pastoreo permanente. Utilización de pasturas en la alimentación de cerdos, Universidad de la República Uruguay, pp 15-21.
- Baxter, H.D., Montgomery, M.J. y Owen, J.R. 1984. Comparison of soybean-grain sorghum silage with corn silage for lactating cows. *Journal of Dairy Science* 67:88-96.
- Belmar-Casso, R. 1998. Recursos no convencionales en la alimentación de animales no rumiantes, La experiencia del Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma de Yucatán, México, p. 10.
- Bindelle, J., Buldgen, A. y Leterme, P. 2008. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. *Base* 12: 69-80. Available <<http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=2179>> [16 de Febrero del 2016].
- Bobadilla, A. 2009. Manual de prácticas de producción y aprovechamiento de forrajes. Available <[www.fmvz.unam.mx/.../PRODUCCIONFORRAJES.doc](http://www.fmvz.unam.mx/.../PRODUCCIONFORRAJES.doc)> [28 de Enero del 2014].
- Boisen, S. y Fernández, J.A. 1997. Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Animal Feed Science and Technology*. 68:277-286.

- Bonifaz, J. 2011. Evaluación de diferentes niveles de humus en la producción primaria forrajera de la *Brachiaria decumbens* (Pasto dalis) en la estación Experimental Pastaza. Tesis de Pregrado Ingeniero Zootecnista, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador, p. 72.
- Botero, M. 2004. Valor nutricional de forrajes arbustivos para cerdas adultas. Maestría en Ciencia Agraria con énfasis en Producción animal tropical, Universidad Nacional de Colombia., Sede Palmira. Colombia, p. 79.
- Bourrillon, A. 2007. Ventajas y limitaciones para el uso de maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) en la ganadería tropical. XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal, Tejos, R., Zambrano, C., García, W., Tobía, C., Mancilla, L., Valbuena, N. & Ramírez, F. (Eds.), Barquisimeto, Venezuela, pp 88-99.
- Bowman, A.M. y Wilson, G.P.M. 1996. Persistence and yield of forage peanuts (*Arachis spp.*) on the New South Wales north coast. *Tropical Grasslands* 30:402-406.
- Braun, A. 1991. De las propuestas del ecodesarrollo. *Revista Ceres [Roma]* 14:46-47.
- Bravo, C., Benítez, D., Vargas Burgos, J.C., Alemán, R., Bolier, T. y Haideé, M. 2015. Caracterización socio-ambiental de unidades de producción agropecuaria en la Región Amazónica Ecuatoriana: Caso Pastaza y Napo. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 4:1-31.
- Brea, O., Ortiz, A., Elías, A., Herrera, F. y Motta, W. 2014. Utilización de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*), fermentada en estado sólido, en dietas destinadas a cerdos en preceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48:391-398.
- Burnham, R.J. 2002. Dominance, diversity and distribution of lianas in Yasuní, Ecuador: who is on top? *Journal of Tropical Ecology* 18:845-864.

- Cab, F.E., Enríquez, J.F., Pérez, J., Hernández, A., Herrera, J.G., Ortega, E. y Quero, A.R. 2008. Forage production in three *Brachiaria* species as a single crop or in association with *Arachis pintoi* in Isla, Veracruz. *Técnica Pecuaria en México* 46:317-332.
- Capra, G., Repiso, L., Fradiletti, F., Martínez, R., Cozzano, S. y Márquez, R. 2011. Efecto de la dieta de cerdos en crecimiento sobre el valor nutritivo y la aptitud tecnológica de la carne y grasa. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay* 6:11-20.
- Carvalho, M.A. y Quesenberry, K.H. 2009. Remove from marked Records Morphological characterization of the USA *Arachis pintoi* Krap. and Greg. collection. *Plant Systematics and Evolution* 277:1-11.
- CIAT 1992. Programa de Pastos Tropicales, informes anuales. Cali, Colombia. (Adaptación del *Arachis pintoi*). *Tropical Grasslands* 1:34.
- CIMMYT 1985. Protocolos para determinar los contenidos de aminoácidos, energía, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica. Available <[http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=44&Itemid=44](http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=44)> [24 de Febrero del 2014].
- Colina, J.J., Jerez, N.C., Araque, H.E. y Rico, D. 2010. Carcass and yield of meat pieces in growing pigs, fed meal of *Bactris gasipaes* H.B.K (peach-palm) and lysine. *Cuban Journal of Agriculture Science* 44:379-384.
- Contino, Y. 2007. Estudio de la inclusión de forraje fresco de *Morus alba* Linn var. Acorazonada en dietas porcinas Tesis de Maestría en Pastos y Forrajes, Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Matanzas, Cuba, p. 78.

- Cook, B.G. 1992. *Arachis pintoii* Krap. & Greg. nom.nud. In: 't Mannetje, L. and Jones, R.M. Jones (Eds). Plant Resources of South-East Asia. Forages. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands 4:48-50.
- Cook, B.G., Pengelly, B.C., Brown, S.D., Donnelly, J.L., Eagles, D.A., Franco, M.A., Hanson, J., Mullen, B.F., Partridge, I.J., Peters, M. y Schultze-Kraft, R. 2005. Tropical Forages: An interactive selection tool. Proceeding of the Production of Tropical Forages, CD-ROM, CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT & ILRI (Eds.), Brisbane, Australia,
- Crampton, E.W. y Harris, L.E. 1969. The Use of Feedstuffs in Formulation of Livestock Rations., In: Freeman, W.H. (Ed.), Applied Animal Nutrition, San Francisco, p. 753.
- Crestani, S., Ribeiro-Filho, H., Miguel, M., Almeida, E. y Santos, F. 2013. Steers performance in dwarf elephant grass pastures alone or mixed with *Arachis pintoii*. Tropical Animal Health and Production 45:1369-1374.
- Cuesta, M., Montejo, E. y Duvergel, J. 2007. Medicina Interna Veterinaria. Tomo1. Ministerio de Educación., In: Varela, F. (Ed.), La Habana, Cuba, pp 1-325.
- Chen, L., Gao, L.-x. y Zhang, H.-f. 2014. Effect of Graded Levels of Fiber from Alfalfa Meal on Nutrient Digestibility and Flow of Fattening Pigs. Journal of Integrative Agriculture 13:1746-1752.
- Chen, L., Zhang, H.F., Gao, L.X., Zhao, F., Lu, Q.P. y Sa, R.N. 2013. Effect of graded levels of fiber from alfalfa meal on intestinal nutrient and energy flow, and hindgut fermentation in growing pigs1. Journal of Animal Science 91.
- Da Silva, S.C., Nascimento Júnior, D. y Euclides, V.B.P. 2008. Pastagens: Conceitos básicos, produção e manejo. Viçosa, MG: Suprema. 115.

- Dávila, C., Castro, F. y Urbano, D. 2004. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización NPK en la producción de forraje de la asociación kikuyo-maní forrajero en el estado Mérida. *Zootecnia Tropical* 22:15-166.
- Dávila, C., Urbano, D. y Castro, F. 2011. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre tres variedades de maní forrajero (*Arachis pintoi*) en el estado Mérida: II. Características morfológicas y producción de semilla. *Zootecnia Tropical* 29:7-15.
- Dégen, L., Halas, V. y Babinszky, L. 2007. Effect of dietary fibre on protein and fat digestibility and its consequences on diet formulation for growing and fattening pigs: A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science* 57:1-9.
- Delgado, D.C., La O, O. y Chongo, B. 2007. Bromatological composition and *in situ* ruminal degradability of tropical legumes with perspectives of use in cattle productive systems. *Cuban Journal of Agricultural Science* 41:323-326.
- Díaz, C. 2003. Evaluación nutritiva del uso de recursos arbóreos tropicales en la alimentación de los cerdos en Cuba. Tesis de Maestría en Producción Porcina, Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana, Cuba, p. 78.
- Díaz, I., González, C., Ly, J. y Reyes, J.L. 2014. Digestión de follaje de batatas (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) en cerdos. Digestibilidad ileal y rectal de nutrientes y energía. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48:137-143.
- Diéguez F J, L.J., Maza I, Savigni F y Tosar M 1995. Morfometría de organos vitales de cerdos criollos y CC21. *Livestock Research for Rural Development* 6: Article #30. Available <<http://www.lrrd.org/lrrd6/3/3.htm>> [02 de marzo de 2016].

- Dierick, N.A., Vervaeke, I.J., Demeyer, D.I. y Decuypere, J.A. 1989. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. *Animal Feed Science and Technology* 23:141-167.
- Dihigo, L., Savon, L. y Rosabal, Y. 2004. Determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y fibra neutro detergente de cinco plantas forrajeras con la utilización del inoculo cecal de conejos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 38:297-300.
- Domínguez, P.L. y Ly, J. 1997. An approach to the nutritional value for pigs of sweet potato vines (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Livestock Research for Rural Development* 9: Article #11. Available <<http://www.lrrd.org/lrrd9/2/ly92.htm>> [16 de febrero de 2016].
- Duchi, N. 2003. Valoración nutritiva de subproductos no tradicionales para la alimentación de rumiantes, ESPOCH - PRONSA Riobamba, Ecuador, pp IQ-CV-024.
- Dung, N.N.X., Manh, L.H. y Undén, P. 2002. Tropical fibre sources for pigs-digestibility, digest retention and estimation of fibre digestibility *in vitro*. *Animal Feed Science and Technology* 102:109-124.
- Estupiñan, K., Vasco, D. y Torres, E. 2009. Evaluación de Harina de Forraje de Morera (*Morus alba*) en un Sistema de Levante – Ceba de Porcinos en Confinamiento. *Revista Tecnológica ESPOL – RTE* 22:81-87.
- FAO. 2013. Food Outlook. Biannual Report of Global Markets. FAO Editions. Roma, pp 140.
- Ferguson, J.E., Cardoso, C.I. y Sánchez, M.S. 1992. Avances y perspectivas en la producción de semillas de *Arachis pintoi*. *Pasturas Tropicales* 2:14-22.
- Ferreira, A.L., Mauricio, R.M., Fernandes, F.D., Carvalho, M.A., Ramos, A.K.B. y Guimaraes, R. 2012a. Ranking contrasting genotypes of forage peanut based on nutritive value and fermentation kinetics. *Animal Feed Science and Technology* 175:16-23.

- Ferreira, A.L., Mauricio, R.M., Pereira, L.G.R., Azevedo, J.A.G., Oliveira, L.S. y Pereira, J.M. 2012b. Nutritional divergence in genotypes of forage peanut. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41:856-863.
- Galindo, J., Sánchez, D.R., Ayala, M.A., Hernández, M., García, R.X. y Pérez, Y. 2012. Comportamiento productivo y rendimiento en canal de cerdos en finalización con dos niveles de ractopamina en la dieta. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 19:256-259.
- Galindo, J., Sánchez, D.R., Ayala, M.A. y Merlos, T.M. 2010. Comportamiento productivo y rendimiento en canal de cerdos en finalización adicionando a su dieta dos niveles de actopamina. *Memorias del Seminario Internacional de Porcicultura Tropical, IIP (Ed.), La Habana, Cuba, pp 651-653.*
- Gao, L., Chen, L., Huang, Q., Meng, L., Zhong, R., Liu, C., Tang, X. y Zhang, H. 2015. Effect of dietary fiber type on intestinal nutrient digestibility and hindgut fermentation of diets fed to finishing pigs. *Livestock Science* 174:53-58.
- García, B. y Ly, J. 2011. Efecto de la frecuencia de muestreo fecal sobre la digestibilidad rectal de cerdos alimentados *ad libitum*. *Revista Cubana de Ciencias Veterinarias* 32:12-14.
- Garduño, H.N., Bárcena, P.G., Martínez, G.L., Pérez-Gil, R.F. y Sanginés, L. 2005. Rasgos de comportamiento y canal de cerdos alimentados con diferentes niveles de Lemna gibba. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 12:127-132.
- Gobbi, K.F. 2011. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. *Revista Brasileira Zootecnia* 40:1436-1444.

- Godoy, V., Barrera, A., Vivas, R., Quintana, J., Peña, M., Villota, L., Casanova, L. y Avellaneda, J. 2012. Evaluación fenológica y digestibilidad *in vivo* de la leguminosa forrajera (*Arachis pintoi*) en diferentes edades de corte. *Ciencia y Tecnología* 5:7-16.
- Gómez Cortázar, B., Rodríguez, C.M., Zambrano, D.C. y González Martínez, N. 2013. Cortes primarios y secundarios. In: Manual de cortes de carne de cerdo colombiano. Maya Calle, C.A., Martínez, P. & Castañeda Macch, L. (Eds.). HAZLO Ltda., Bogotá, D.C., Colombia, p. 120.
- Gómez, D.M. 2015. Evaluación de la eficiencia del maní forrajero (*Arachis pintoi*) en el mejoramiento de la calidad de suelos, en condiciones de competencia en un arreglo agroforestal sin manejo agronómico. Tesis de Pregrado Ingeniería Agroforestal, Universidad Nacional abierta y a Distancia, Acacias, Colombia, p. 59.
- González, C., Rojas, Y., Avilés, R., Rodríguez, H., Jova, Y., Tamayo, Y. y Varona, S. 2011. Aprovechamiento de residuos foliares de boniato (*Ipomoea batatas*) en la alimentación porcina. *Revista de Producción Animal* 23:3-5.
- Gonzalvo, S., Venegas, O., González, A.M. y Mederos, C.M. 2005. Rasgos de canal y calidad de carne en cerdos alimentados con mieles de caña de azúcar. Efectos de la inclusión de afrecho de trigo en la dieta. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 12:138-140.
- Gutteridge, R.C. y Sheltonm, H.M. 1998. The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. Gutteridge, R.C. & H.M., S. (Eds.). FAO, Queensland, Australia, pp 14-20.
- Henry, Y. 1998. Signification de la proteine equilibree pour le porc: intèret et limits., INRA Prod Anim, France, pp 65-75.

- Hernández, A., Pérez, J., González-Muñoz, S., Beltrán, S., Quero, A., García, E., Herrera, J. y Kohashi-Shibata, J. 2005. Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. *Agrociencia* 39:137-147.
- Hernández, I. y Babbar, L. 2001. Sistemas de producción animal y el cuidado de ambiente. Situación actual y oportunidades. *Pastos y Forrajes* 24:281.
- Hernandez, M., Argel, P.J., Ibrahim, M.A. y Manneje, L. 1995. Pasture production, diet selection and liveweight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoi* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Tropical Grasslands* 29:134-141.
- Hurtado, V., Nobre, R. y Chiquieri, J. 2011. Rendimiento de cerdos alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz, durante la fase de crecimiento. *Revista MVZ Córdoba* 16:2372-2380.
- INEC 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Estadísticas de la Semana, Resultados Censos de Población. Available <<http://www.inec.gob.ec/cpv/>> [19 de Diciembre del 2015].
- INEC 2011. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. En Ecuador se produce más carne de cerdo. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Available <[www.inec.gob.ec/inec/index.php?...ecuador...cerdo](http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?...ecuador...cerdo)> [19 de Diciembre del 2015].
- Jerez-Timaure, N., Arenas de Moreno, L., Sulbarán, M. y Uzcátegui, S. 2013. Influence of the rest time on carcass quality and pork meat characteristics. *Cuban Journal of Agriculture Science* 47:55-60.

- Juvier, J. 2010. Actividad probiótica de una mezcla de bacterias acidolácticas y un hidrolizado enzimático (*Saccharomyces cerevisiae*) sobre parámetros productivos en crías porcinas. Memoria del Seminario Internacional de Porcicultura Tropical, La Habana, Cuba, pp 468-471.
- Kambashi, B., Picron, P., Boudry, C., Théwis, A., Kiatoko, H. y Bindelle, J. 2014. Nutritive value of tropical forage plants fed to pigs in the Western provinces of the Democratic Republic of the Congo. *Animal Feed Science and Technology* 191:47-56.
- Kass, M.L., Van Soest, P.J., Pond, W.G., Lewis, B. y McDowell, R.E. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science*. 50:175-181.
- Lascano, C. 1995. Valor nutritivo y producción animal de *Arachis* forrajero. In: Kerridge P. C. (Ed.). *Biología y Agronomía de Especies Forrajeras de Arachis*. CIAT117-130.
- Lavia , G.I., Ortiz, A.M., Robledo, G., Fernández, A. y Seijo, J.G. 2011. Origin of triploid *Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Gregory (Leguminosae) by autopolyploidy evidenced by FISH and meiotic behavior. *Annals of Botany* 108:103-111.
- Le Van, A., Hong, T.T.T. y Lindberg, J.E. 2004. Ileal and total tract digestibility in growing pigs fed cassava root meal diets with inclusion of fresh, dry and ensiled sweet potato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) leaves. *Animal Feed Science and Technology* 114:127-139.
- Lechartier, C. y Peyraud, J.L. 2011. The effects of starch and rapidly degradable dry matter from concéntrate on ruminal digestión in dairy cows fed corn silage-based diets with fixed forage proportion. *Journal of Dairy Science* 94:2440-2454.

- Ledesma, J. 2011. Evaluación bajo pastoreo del consumo de *Arachis pintoii* Krap. Et Greg. y *Pueraria phaseoloides* Rexb. asociados con *Panacum máximum* Jacq. Tesis de Pregrado Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, p. 84.
- Leng, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Reviews* 3:277-303.
- Lima, R., Díaz, R.F., Castro, A. y Fievez, V. 2011. Digestibility, methane production and nitrogen balance in sheep fed ensiled or fresh mixtures of sorghum-soybean forage. *Livestock Science* 141:36-46.
- Limcangco-Lopez, P.D. 1990. The use of shrubs and tree fodders by nonruminants, In: Devendra, C. (Ed.), *Shrubs and tree fodders for farm animals* International Development Research Centre, Ottawa, Canada, pp 61-75.
- LM, E. 1996. Ley de mataderos, Registro Oficial N° 964, Gobierno Constitucional de la República del Ecuador, Quito, Ecuador, pp 4-17.
- LNB 2007. Laboratorio de Nutrición y Bromatología. Reporte de Analisis de *Arachis pintoii*, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ríobamba, Ecuador, pp 2-3.
- López, J.L. y Tapia, L. 2005. El follaje de leguminosas como alimento para cerdos 2. Desarrollo del sistema digestivo, efecto de la fibra y respuesta biológica. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde* 9:325-335.
- López, S. 2005. In vitro and in situ techniques for estimating digestibility. In: Dijkstra, J., Forbes, J.M. and France, J. *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. CAB International 87-121.

- Ly, J. 2000. Nuevas técnicas para la valoración de recursos alternativos: digestibilidad *in vitro* e *in vivo*, ileal y fecal, aparente o verdadera. Available <<http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/prod>> [15 de febrero del 2016].
- Ly, J. 2004. Árboles tropicales para alimentar cerdos. Ventajas y desventajas. Revista Computadorizada de Producción Porcina 11:5-28.
- Ly, J. 2005. Uso del follaje de árboles tropicales en la alimentación porcina. Pastos y Forrajes 28:11-28.
- Ly, J. 2007. Fisiología Nutricional del Cerdo. Ly, J. & Lemus, C. (Eds.). Editorial de la Universidad Autónoma de Nayarit Tepic, México, p. 136.
- Ly, J. 2008a. Fisiología Digestiva del Cerdo. Ly, J. & Lemus, C. (Eds.). Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, México, p. 136.
- Ly, J. 2008b. Una aproximación a la fisiología de la digestión de cerdos criollos. Revista Computadorizada de Producción Porcina 15:13-23.
- Ly, J., Allen, J., Reyes, Z. y Castro, M. 2007. Evaluación de la digestibilidad de follaje arbóreo tropical en cerdos mediante el uso de la técnica de bolsa móvil. IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos, Montevideo, Uruguay, p. 116.
- Maass, B.L., Torres, A.M. y Ocampo, C.H. 1993. Morphological and isozyme characterisation of *Arachis pintoi* Krap. et Greg. nom. nud. germplasm. Euphytica 70:43-52.
- MAGAP 2012. Superficie por categorías de uso de suelo. Serie histórica 2000-2011. MAGAP-CGSIN. Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales., Quito, Ecuador, p. 56.
- Mariño, M.O. 2002. Alternativas para solucionar las deficiencias del sistema de comercialización de los productos agropecuarios en la provincia de Pastaza. Máster en

- Seguridad y Desarrollo con Mención en Gestión Pública y Gerencia Empresarial, Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito, Ecuador, p. 96.
- Marrero, L., Castro, A., Arias, A. y Delgado, D. 2000. Rendimiento en grano, forraje y caracterización nutritiva del forraje de sorgo granífero en monocultivo o asociado con soya. Memoria del XII Seminario Científico Internacional, Cuba, p. 77.
- Martin, N.J. y Pérez, G. 2009. Evaluación agroproductiva de cuatro sectores de la Provincia de Pastaza en la Amazonía Ecuatoriana. *Cultivos Tropicales* 30:5-10.
- Martínez, M., Ayala, L. y Castro, M. 2004. La fibra en la alimentación del cerdo. *Revista ACPA* 2:19-20.
- Mederos, C., Crespo, A., Hernández, G., Piloto, J. y Almaguel, R.E. 2009. Tecnologías y procedimientos para la crianza porcina con alimento nacionales. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, pp 1-3.
- Mederos, C.M., Ly, J. y Martínez, R.M. 1995. Metodología para la evaluación de alimentos para cerdos. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana77.
- Miranda, C.H.B., Vieira, A. y Cadish, G. 2003. Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis spp.*) por intermédio da abundância natural de 15N. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32:1859-1865.
- Montagnini, F. 2010. Sistemas agrosilvopastoriles y mitigación del cambio climático: alternativas para aumentar la captura de carbono atmosférico. VI Congreso Internacional de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos., Ibrahim, M. & Murgueitio, E. (Eds.), Ciudad de Panamá, Panamá,

- Murgueitio, E., Calle, Z. y Chará, J. 2012. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. *Unasylva* 63:31-40.
- Navarrete, D., Sitch, S., Aragragão, L.E.O.C., Pedroni, L. y Duque, A. 2016. Conversion from forests to pastures in the Colombian Amazon leads to differences in dead wood dynamics depending on land management practices. *Journal of Environmental Management* 171:42-51.
- Ngoc, T.T.B., Len, N.T. y Lindberg, J.E. 2013. Impact of fibre intake and fibre source on digestibility, gut development, retention time and growth performance of indigenous and exotic pigs. *animal* 7:736-745.
- Niderkorn, V. y Baumont, R. 2009. Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants,. *Animal Feed Science and Technology* 3:950-951.
- Nieto, B.J.C. 2004. Caracterización nutricional y productiva de material fresco y ensilado de maní forrajero (*Arachis pintoi*) cultivado en asocio con maíz (*Zea mays*) a tres densidades de siembra. Tesis Mag Sc. PPCARN, Universidad de Costa Rica San José. p 64.,
- Nieto, C. y Caicedo, C. 2012. El desarrollo rural de la región Amazónica Ecuatoriana, RAE, no se basará únicamente en producción agropecuaria: un análisis reflexivo que lo sustenta, In: INIAP (Ed.), Quito, Ecuador, p. 158.
- Nieuwenhuyse, A., Aguilar, A., Mena, M., Nájera, K. y Osorio, M. 2008. La siembra de pastos asociados con maní forrajero *Arachis pintoi*. IL Serie técnica. Manual técnico/CATIE 82:74.
- Nieves, D., Barajas, A., Delgado, G., González, C. y Ly, J. 2008. Digestibilidad fecal de nutrientes en dietas con forrajes tropicales en conejos. Comparación entre métodos directo e indirecto. *Bioagro* 20:67-72.

- Nieves, D., Terán, O., Silva, L. y González, C. 2002. Digestibilidad in vivo de nutrientes en dietas en forma de harina con niveles crecientes de *Leucaena leucocephala* para conejos de engorde. Revista Científica 12:408-411.
- Noblet, J. y Jaguelin-Peyraud, Y. 2007. Prediction of digestibility of organic matter and energy in the growing pig from an in vitro method. Animal Feed Science and Technology. 134:211-222.
- NPPC. 2000. Pork Composition & Quality. Assessment procedures. National Pork Producers Council. Des Moines, Iowa, US, pp 1-51.
- NRC 1998. Nutrient requirements of domestic animals, Nutrient requirements of swine, National Academy Press, Washington, D.C., USA, p. 189.
- NRC 2012. Nutrient requirements of swine, National Academy Press. Washington DC, US, pp 1-12.
- Nyannor, E.K.D., Adedokun, S.A., Hamaker, B.R., Ejeta, G. y Adeola, O. 2007. Nutritional evaluation of high-digestible sorghum for pigs and broiler chicks. Journal of Animal Science. 85:196-203.
- Ochoa, J. 2009. Beneficios que ofrece el humus de lombriz a los cultivos. Gamusa (Ed.), Cali, Colombia, pp 34-35.
- Ogle, R.B. 2006. Forages for pigs: nutritional, physiological and practical implications Workshop-seminar "Forages for Pigs and Rabbits" MEKARN-CelAgrid, Phnom Penh, Cambodia.
- Ordóñez, O.H. 2010. Evaluación técnica y económica de tres niveles de adición de morera (*Morus alba*) en alimento para cerdos. Revista Ciencia Tecnología, Sociedad y Ambiente 1:19-25.

- Ortiz, A., Martí, M., Valdivié, M. y Leyva, C. 2011. Utilización de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) en dietas para cerdos en ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 45:145-150.
- Ortiz, A., Seijo, J.G., Fernández, A. y Lavia, G.I. 2008. Caracterización genómica de especies de la sección Rhizomatosae por medio de citogenética clásica y molecular. *Memorias del VI Encuentro Internacional de Especialistas en Arachis y II Simposio de Maní en el Mercosur, San Lorenzo, Paraguay,*
- Osorto, W.A. 2003. Harina de morera como ingrediente de la ración alimenticia de cerdos en crecimiento y engorda. Tesis de Maestría Instituto Tecnológico Agropecuario de Conkal, México, p. 86.
- Pagano, M.C. y Cabello, M.N. 2011. Mycorrhizal interactions for reforestation: constraints to dryland agroforestry in Brazil. *ISRN Ecology* 2011: 13. Available <<http://dx.doi.org/10.5402/2011/890850>> [05/03/2015].
- Pardo, O., Rincón, A. y Hess, D. 1999. Alternativas Forrajeras Para Los Llanos Orientales de Colombia. *Boletín Técnico* N° 18. 1-53. Available <[http://agronet.gov.co/www/docs\\_si2/20061024152146\\_Alternativasforrajerasparaganado.pdf](http://agronet.gov.co/www/docs_si2/20061024152146_Alternativasforrajerasparaganado.pdf)> [19 de agosto del 2015].
- Pazo, A., Balbis, Y., Lezcano, P., Castro, M. y Ly, L. 2012. Levadura *saccharomyces* y harina de yuca para cerdos en crecimiento y ceba. Rasgos de comportamiento. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 19:28-32.
- Pérez, M., Mederos, C.M., Piloto, J.L., Domínguez, P.L., García, A. y Diéguez, F.J. 2008. Estudio diagnóstico de la cadena productiva del cerdo en Cuba. . Available <<http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/viencuent/valdiviachu.htm>>

- Perin, A., Guerra, J.G.M. y Teixeira, M.G. 2003. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38:791-796.
- Peters, M., Franco, L., Schmidt, A. y Hincapié, B. 2003. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica, Publicación CIAT N° 333. Cali, Colombia, p. 113.
- Pico, F. 2010. Utilización de diferentes niveles de harina de *Arachis pintoi* (Mani forrajero) en la alimentación de cerdos en las etapas de crecimiento y engorde. Tesis de Pregrado Ingeniero Zootecnista, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador, p. 75.
- Pichardo, A., Cervantes, R.M., Cuca, M., Figueroa, J.L., Araiza, A.B., Torrentera, N. y Cervantes, M. 2003. Limiting amino acids in wheat for growing-finishing pigs. *Interciencia* 28:287-291.
- Pirela, M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Manual de ganadería de doble propósito. 176-182. Available <<http://www.venezuelaganadera.com/enciclopedia-ganadera/category/Pastos%20y%20Forrajes#.UxOLOPnh1m4>> [28/01/2014].
- Pizarro, E., Ramos, A. y Carvalho, M. 1996. Producción y persistencia de siete accesiones de *Arachis pintoi* asociadas con *Paspalum maritimum* en el cerrado brasileño. *Pasturas Tropicales* 19:40- 44.
- Porto, R.M., Deitos, D., Vieira, A.J., Bonomo, P., Silva, I., Nascimento, C., Rodrigues, P.H. y Santos, M. 2013. Chlorophyll and carbohydrates in *Arachis pintoi* plants under influence of water regimes and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Zootecnia* 42:388-394.
- Posada, S.L., Mejía, J.A., Noguera, R., Cuan, M.M. y Murillo, L.M. 2006. Evaluación productiva y análisis microeconómico del maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) en un

- sistema de levante-ceba de porcinos en confinamiento. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 19:259-269.
- Pucciariello, O., Ortiz, A., Fernández, A. y Lavia, G. 2013. Análisis cromosómico del híbrido *Arachis pintoi* x *A. repens* (Leguminosae) mediante citogenética clásica y molecular. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 48:111-119.
- Quan, A., Rojas, A. y Villalobos, L. 1996. *Arachis pintoi* CIAT 18744 como banco de proteína para el desarrollo de terneras de reemplazo. In: Experiencias regionales con *Arachis pintoi* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centroamérica y el Caribe. Argel, P.J. & Ramírez, P. (Eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia., pp 26-34.
- Ramos, A.K.B., Barcellos, A.O. y Fenandes, F.D. 2010. Género *Arachis*. . In: Plantas forrageiras. Viçosa, MG: UFV. Fonseca, D.M. & Martuscello, J.A. (Eds.), pp 249-293.
- Ramos, E. 2009. Establecimiento de *Arachis pintoi* Krap. & Greg. como cobertura de suelo en plátano macho en Cárdenas, Tabasco. Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Tabasco, México, p. 91.
- Rincón, A. 1999. Maní Forrajero (*Arachis pintoi*), la Leguminosa para Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. *Información Técnica Corpoica* 24: 1-8. Available <[www.geocities.com/ResearchTriangle/System/7424](http://www.geocities.com/ResearchTriangle/System/7424)> [10 de Enero de 2014].
- Rincón, C., A., Cuesta, M.P.A., Pérez, B., R., Lascano, C.E. y Ferguson, J. 1992. Maní Forrajero Perenne (*Arachis pintoi* Krapovickas y Gregory). Una Alternativa para ganaderos y agricultores. *Boletín Técnico* 219: 18. Available [27 de abril de 2014].

- Rojas-Bourrillón, A., Quan, A., Rojas, M. y Villarreal, M. 1999. Validación del uso de mani forrajero (*Arachis pintoi*) en la crianza de terneras de lechería. II. Utilización como forraje de corte. *Agronomía Costarricense* 23:13-19.
- Rostagno, S.H., Teixeira Albino, L.F., Lopes Donzele, J., Cezar Gomes, P., de Oliveira, R.F., Clementito Lopes, D., Soares Ferreira, A., de Toledo Barreto, S.L. y Frederico Euclides, R. 2011. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. In: *Tabla Brasileñas para aves y cerdos*. Tercera Edición, Santiago Rostagno, H. (Ed.). Universidad Federal Viçosa, Minas Gerais, Brasil, pp 167-205.
- Sánchez, M.D. 1999. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina Tropical. In: *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Sánchez, M.D. & Speedy, A. (Eds.). Estudio FAO de Producción y Sanidad Animal No. 143, Roma, Italia, pp 1-36.
- Sánchez Pineda de las Infantas, M.T. 2003. Planta de elaboración de embutidos y salazones cárnicos de cerdo blanco. In: *Procesos de la elaboración de alimentos y bebidas*. A.-Madrid-Vicente & Mundi-Prensa (Eds.). IRAGRA, S.A., Madrid, España, p. 518.
- Sarria, P. 2003. Forrajes arbóreos en la alimentación de monogástricos. In: *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina II*. Sánchez, M.D. & Rosales, M. (Eds.). Estudios FAO de Producción y Sanidad animal No. 155, Roma, Italia, pp 213-216.
- Sarria, P., Meterme, P., Londoño, A. y Botero, M. 2005. Valor nutricional de algunas forrajeras para la alimentación de monogástricos. *Memoria del VII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos*. Curso Pre-evento, Guanare, Venezuela, p. 115.

- Sarria, P., Villavicencio, E. & Orejuela, L. 1991. Utilización de follaje de Nacedero (*Trichantera gigantea*) en la alimentación de cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development* 3: Article 12. Available <<http://www.lrrd.org/lrrd3/2/cipav1.htm>> [20 de febrero del 2016].
- Savón, L. 2002. Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 36:91-102.
- Savón, L., Gutiérrez, O., Ojeda, F. y Scull, I. 2005. Harinas de follajes tropicales: una alternativa para la alimentación de especies monogástricas. *Pastos y Forrajes* 28:69-79.
- Schnaider, M.A., Ribeiro, H.M.N., Kozloski, G.V., Reiter, T., Orsoletta, A.C.D. y Dallabrida, A.L. 2014. Intake and digestion of wethers fed with dwarf elephant grass hay with or without the inclusion of peanut hay. *Tropical Animal Health and Production* 46:975-980.
- Schneider, B.H. y Flatt, W.P. 1975. The evaluation of feeds through digestibility experiments, Press Athens, The University of Georgia, US, p. 423.
- SENPLADES 2013. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Plan Nacional de Desarrollo / Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017, Resolución No. CNP-002-2013. 291-306.
- Shelton, H. 1998. The *Leucaena* Genus: New opportunities for agriculture (A Review of Workshop Outcomes). Proceeding of the *Leucaena-adaptation, quality and farming systems*. *Aciar Proceedings* No. 86, Gutteridge, H., Mullen, B. & Bray, R. (Eds.), Canberra, Australia, pp 15-24.

- Silva, V.P., de Almeida, F.Q., Morgado, E.D., Rodrigues, L.M., dos Santos, T.M. y Ventura, H.T. 2010. *In situ* caecal degradation of roughages in horses. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:349-355.
- Solomon, S., Qin, M., Manning, R., Alley, T., Berntsen, N., Bindoff, Z., Chen, A., Chidthaisong, J., Gregory, G., Hegerl, M., Heimann, B., Hewitson, B., Hoskins, F., Joos, J., Jouzel, V., Kattsov, U., Lohmann, T., Matsuno, M., Molina, N., Nicholls, J., Overpeck, J., Raga, G., Ramaswamy, J., Ren, M., Rusticucci, R., Somerville, T., Stocker, P., Whetton, R. y Wratt, D. 2007. Technical summary. In: *Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Solomon, S., Qin, M., Manning, R., Chen, Z., Meade, K., Averyt, M. & Miller. (Eds.). Cambridge University Press, New York, USA, pp 1-74.
- SPSS 2012. Software for Windows, release 21.0, Inc., Chicago, IL, USA.
- Steel, R.G.D., Torrier, J.H. y Dickey, M. 1997. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*, McGraw-Hill Book Company In Company. New York, p. 666.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2000. *Fisiología vegetal*. . 4.ed. Porto Alegre: Artmed. 95-102.
- Tepper, R.J. 2006. *Comportamiento productivo de de cerdos estabulados y a campo alimentados con recursos alternativos*. Tesis de Maestria, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela, p. 57.
- Thanh, H.D., Quang, L.N., Everts, H. y Beynen, A.C. 1997. Ileal and total tract digestibility in growing pigs fed cassava root meal and rice bran with inclusion of cassava leaves, sweet potato vine, duckweed and stylosanthes foliage. *Livestock Research for Rural*

- Development 21: Article #12. Available <<http://www.lrrd.org/lrrd21/1/hang21012.htm>> [16 de febrero de 2016].
- Torres, M.I. 1995. Características físicas, químicas y biológicas en suelos bajo pasturas de *Brachiaria brizantha* sola o asociada con *Arachis pintoi* después de 4 años de pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p 98.
- Tukey, J.W. 1949. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics* 5:99-114.
- U.Florida 1970. Universidad de Florida. Protocolos para determinar los contenidos de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, extracto etéreo, digestibilidad *in vitro* de materia seca, materia orgánica. Available <[www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=44&Itemid=44](http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=44)> [21 de julio de 2014].
- U.Florida 1974. Universidad de Florida. Protocolos para determinar la Energía Bruta, energía Digestible y energía Metabolizable. Available <[www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=44&Itemid=44](http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=44)> [21 de julio de 2014].
- Urbano, D., Davila, C. y Castro, F. 2005. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización NPK sobre la composición botánica de la asociación kikuyo-maní forrajero en la zona alta del estado de Mérida. *Zootecnia Tropical* 23:333-344.
- Urbano, D., Dávila, C. y Castro, F. 2010. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre tres variedades de maní forrajero (*Arachis pintoi*) en el estado Mérida: I. Rendimiento y contenido de proteína cruda. *Zootecnia Tropical* 28:449-456.

- Valdivié, M. y Bicudo, S.J. 2011. Alimentação de animais monogástricos, FEPAV, Botucatu, Brasil, p. 307.
- Valdivié, M., Silva, M. y Ly, J. 2015. Alimentación de cerdos de ceba con tallos de caña de azucar en sustitución total del maíz en la dieta. Revista Computadorizada de Producción Porcina 22:195-198.
- Vallejo, A. 2000. Maní forrajero perenne. Especies forrajeras versión 1.0. Agrosft Ltda. p 12 ; [21 de julio de 2014].
- Valls, J.F.M. 1992. Origem do germoplasma de *Arachis pinto* disponivel do Brasil. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales - RIEPT. Memoria de la 1a. Reunión Sabanas., Pizarro, E.A. (Ed.), Brasilia, Brasil., pp 81-96.
- Valls, J.F.M. y Simpson, C.E. 1995. Taxonomía, Distribución Natural y Atributos de *Arachis*. Memoria del Congreso de Biología y Agronomía de Especies Forrajera de *Arachis*, Kerridge, P. (Ed.), pp 1-20.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. y Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74:3583-3597.
- Varella, A.C., Moot, D.J., Pollock, K.M., Peri, P.L. y Lucas, R.J. 2011. Do light and alfalfa responses to cloth and slatted shade represent those measured under an agroforestry system? Agroforestry Systems 81:157-173.
- Vargas-Burgos, J., Benítez, D., Ríos, S., Torre, A., Navarrete, H., Andino, M. y Quinteros, R. 2013. Ordenamiento de razas bovinas en los ecosistemas amazónicos. Estudio de caso provincia de Pastaza. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología 2:133-146.

- Villalobos, L., Rodríguez, R. y Villarreal, M. 1999. Poblaciones de artrópodos en sistemas de pasturas asociadas y no asociadas con *Arachis pintoi* en san Carlos. XI Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales, MAG (Ed.), San José, Costa Rica, p. 55.
- Villarreal, M., Cochran, R., Villalobos, L., Rojas, A., Rodríguez, R. y Wickersham, T. 2005. Dry matter yield and crude protein and rumen degradable protein concentrations of three *Arachis pintoi* ecotypes at different stages of regrowth in the humids tropics. *Grass and Forage Science* 60:237-243.
- Villarreal, M., Zúñiga, R. y Zumbado, E. 1999. Potencial reproducción de biomasa área y semilla de tres accesiones de *Arachis pintoi* sometidas a diferentes frecuencias de corte. Memoria del XI Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales, San José, Costa Rica, p. 555.
- Wenk, C. 2001. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology* 90:21-33.
- Whittemore, C. 1996. Ciencia y práctica de la producción porcina. 2da, Acribia, S.A. (Ed.). Zaragoza, España, pp 67-77.
- Zelada, E. y Ibrahim, M. 1996. Efecto de diferentes niveles de sombra sobre la morfología, fenología y nodulación del *Arachis pintoi*. Memorias XVIII Reunión Latinoamericana de Rhizobiología, J. Pijnenborg, J., Ruiz, D. & Sila, V. (Eds.), ALAR. Santa Cruz, Bolivia, p. 296.

*Anexos*

## ANEXOS

### FOTOS EXPERIMENTO I

Observación de la planta de *Arachis pintoi*.



Pastizales de *Arachis pintoi*



Cosecha y corte de los cultivos de *Arachis pinto*



Secado del forraje de *Arachis pinto*



Harina de Forraje de *Arachis pinto*



FOTOS EXPERIMENTO II

Elaboración de dietas con inclusión de harina de forraje de *Arachis pinto* en 0, 10, 15 y 20 %



Selección de animales para los estudios de digestibilidad *in vivo*



Pesaje de los cerdos



Jaulas metabólicas para estudio de digestibilidad *in vivo*



Período de adaptación de los cerdos a la dieta experimental



Período experimental y recolección de heces



FOTOS EXPERIMENTO III

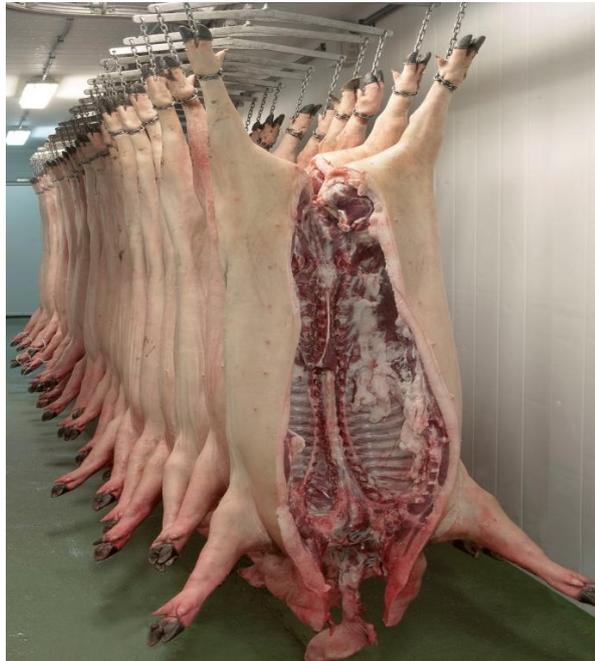
Selección de animales para el estudio de comportamiento productivo



Animales en experimentación de comportamiento productivo



Canales de cerdos en estudio.



Canales de cerdos transportados en vehículo refrigerado.



Instrumental para realizar el estudio de cortes diferenciados



Preparación de las canales de cerdos para estudio de parámetros de interés.



Toma de datos del estudio



