



## DESARROLLO DE CORDERAS DE PELO CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE KERNEL DE PALMA EN SUSTITUCIÓN DE GRANOS<sup>1</sup>

[PERFORMANCE OF HAIR EWES LAMBS WITH DIFFERENTS LEVELS OF PALM KERNEL MEAL IN GRAINS SUBSTITUTION]

C. Luna-Palomera<sup>1\*</sup>, A. C. Berumen-Alatorre<sup>1</sup>, J.A. Aguilar-Cabrales<sup>1</sup>,  
J.A. Peralta Torres, N.F. Ojeda-Robertos<sup>1</sup>, A.J. Chay-Canul<sup>1</sup>  
and N.M. Maldonado-García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa Km 25, R/a. La Huasteca 2a. Sección, Villahermosa, Tabasco, México. Email: carlos.luna@ujat.mx

\*Corresponding author

### RESUMEN

Se evaluaron cuatro niveles de inclusión de harina de kernel de palma (HP) en sustitución de granos sobre el desarrollo post-destete de corderas. Se asignaron aleatoriamente 45 corderas de pelo ( $11.72 \pm 0.33$  kg) a dietas isoenergéticas e isoproteicas con 0, 15, 30 y 45% de HP (HP0, HP15, HP30 y HP45, respectivamente; n=9 por tratamiento) y pastoreo (PASTO) durante 112 d. Se evaluó el peso vivo final (PVF), ganancia diaria de peso (GDP), condición corporal (CC), conversión alimenticia (CA) y eficiencia en la utilización del alimento (EUA). Con base en registros económicos se determinó la maximización de las ganancias y óptimo económico. La CC final fue similar ( $P > 0.05$ ) entre grupos. El PVF, GDP, CA y EUA entre HP0, HP15 y HP30 fueron similares ( $P > 0.05$ ), con tendencias a ser menores ( $P < 0.08$ ) en HP45 y diferentes ( $P < 0.05$ ) en PASTO. Las corderas de HP45 y PASTO registraron las menores GDP ( $99.03 \pm 0.89$  y  $42.84 \pm 0.51$  g d<sup>-1</sup>), CA ( $6.24 \pm 0.57$  y  $13.82 \pm 4.0$  kg alimento kg<sup>-1</sup> de peso vivo) y EUA ( $18.64 \pm 1.4$  y  $8.09 \pm 0.99$  %). Las ganancias económicas máximas fueron de \$286.80 pesos con HP30 y el óptimo económico se encontró entre 15 y 30% de inclusión de HP. Es posible sustituir hasta un 30% de granos por HP con un desempeño productivo aceptable, pero a menor costo.

**Palabras clave:** Ganancia diaria de peso; conversión alimenticia; óptimo económico; desarrollo de corderas.

### SUMMARY

The nutritional status is an important factor on the productive and reproductive performance in ewes. Four levels of palm kernel meal (HP) in substitution of corn grain were evaluated on posweaning performance of hair ewe lambs. Forty-three hair ewe lambs ( $11.72 \pm 0.33$  kg de body weight) were assigned to isoenergetic and isoproteic diets with 0, 15, 30 and 45% of HP (HP0, HP15, HP30 y HP45, respectively; n=9 per treatment) and grazing (PASTO), for 112 days. It was evaluated the final live weight (PVF), daily weight gain (GDP), body condition (CC), feed conversion (CA), and feed efficiency (EUA). In base to economic registers was determined the optimal economic and profit maximization of the levels evaluated. The CC was similar ( $P > 0.05$ ) between HP0, HP15, HP30 and HP45. The PVF, GDP, CA and EUA, between HP0, HP15 and HP30 were similar ( $P < 0.05$ ), with tendencies to be different ( $P < 0.08$ ) with the lambs of HP45 and different ( $P < 0.05$ ) with PASTO. The lambs of HP45 and PASTO recorded the lowest GDP ( $99.03 \pm 0.89$  and  $42.84 \pm 0.51$  g d<sup>-1</sup>), CA ( $6.24 \pm 0.57$  and  $13.82 \pm 4.0$  kg feed kg<sup>-1</sup> of live weight) and EUA ( $18.64 \pm 1.4$  and  $8.09 \pm 0.99\%$ ). The economic optimal was obtained between 15 and 30% of inclusion of HP and the maximum profit obtained was \$286.80 pesos with HP30. So it is possible to replace grains with HP up to 30% with similar performance and better profit.

**Key words:** daily weight gain; feed conversion; economic optimal; posweaning ewe lambs.

<sup>1</sup> Submitted June 14, 2012, – Accepted September 10, 2017. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

La rentabilidad de una empresa ovina está determinada por sus parámetros productivos, así como por su eficiencia reproductiva. Uno de los factores de mayor impacto sobre el comportamiento reproductivo en ovejas y otros animales domésticos es el estado nutricional (Scaramuzzi *et al.*, 2010). Está documentado que un aporte nutricional deficiente tiene un impacto determinante sobre la gonadogénesis y edad a la pubertad (Amstalden *et al.*, 2011). También se ve afectada la condición corporal de la hembra previo al empadre y específicamente sobre el desarrollo folicular (Rhind *et al.*, 1989; Martin y Walken-Brown, 1995) éxito reproductivo y viabilidad embrionaria, afectando la tasa de preñez, peso al parto, tipo de parto, peso del cordero al nacimiento y habilidad materna (Scaramuzzi *et al.*, 2006). Estos procesos requieren un aporte energético alto y se espera que las fuentes de alimentos disponibles hagan los aportes requeridos. De lo contrario la vida productiva de la madre y su progenie se pone en riesgo (Scaramuzzi *et al.*, 2006), sobre todo en ovejas primíparas.

Debido a la crisis energética, muchos países están canalizando parte de sus excedentes de granos y subproductos energéticos a la producción de etanol (Agro Región, 2007; Razuan *et al.*, 2011), reduciendo su uso en la alimentación animal y la exportación. Lo anterior ha llevado al desabasto y encarecimiento de la materia prima para la elaboración de suplementos y alimentos comerciales. Como consecuencia se han incrementado los costos de producción y reducido las ganancias marginales, resultando los pequeños y medianos productores los más afectados (Chávez, 2008).

De acuerdo con el Consejo Mexicano para el Desarrollo de la Palma de Aceite A.C. (COMEXPALMA, 2017) en 2016 en México se produjeron 435,000 toneladas de fruto de palma de aceite (*Elaeis guineensis*), lo que produjo 107,000 toneladas a la industria de extracción de aceite. También se generan subproductos tales como la harina de kernel de palma, que en otras latitudes (Osman, 1986; Osei y Amo, 1987; Mustaffa *et al.*, 1987; Shamshuddin *et al.*, 1987; Ocampo, 1994a, b; Boateng, 2008; Han *et al.*, 2011), y en menor escala en México se ha venido usando en la alimentación animal. Debido al aceite residual su contenido de grasa es entre 8 y 11%, lo que le permite ofrecer hasta 3,000 kcal kg<sup>-1</sup> de energía metabolizable (Chin, 1991; Hishamuddin, 2001), lo que la hace comparable con el maíz o sorgo y con amplio potencial de utilización en rumiantes. El contenido de proteína cruda oscila entre el 13 y 16% (Miranda, 2009), lo que permite considerarla en menor grado como fuente de proteínas y aminoácidos (Devendra, 1977; Boateng, 2008).

En Malasia, Hishamuddin, (2001) reporta la inclusión de HP por parte de los granjeros de hasta 50%; y Chin (2001) con vacas lecheras cruzadas Sahiwal-Friesian

reporta hasta un 64.5% de inclusión en la dieta, en sustitución de granos y fuentes proteicas. Carvalho *et al.* (2006) en vacas Holstein, reportaron niveles de producción y consumo de materia seca similares con contenidos de HP hasta del 15% de la dieta total, ya que mayores niveles provocaban rechazo. Este mismo comportamiento fue reportado por Spörndly y Åsberg (2006) en vaquillas lecheras. En corderos Santa Inés engordados en confinamiento de reportan niveles de inclusión hasta un 19.5% reduciendo significativamente el consumo de materia seca, pero sin afectar la ganancia de peso y conversión alimenticia (Macome *et al.*, 2011).

Poca ha sido la investigación realizada en ovejas en confinamientos, y ovejas en desarrollo no se encuentran reportes de ganancias de peso o tasas de crecimiento con el uso de HP. La necesidad de buscar alternativas económicas y biológicas viables para la sustitución de granos, y de tener dietas más económicas que permitan mejorar el comportamiento productivo y reproductivo de las corderas en crecimiento, hace necesaria la investigación para resolver la problemática planteada. El objetivo del estudio fue evaluar el PVF, GDP, CC, CA y EUA de corderas en desarrollo suplementadas bajo pastoreo con 0, 15, 30 y 45 % de inclusión de HP en dietas isoenergéticas e isoproteicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la posta de producción ovina de la División de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, ubicada en el km 25 de la carretera Federal Villahermosa-Teapa, municipio de Centro, Tabasco. Localizada a 17° 46' 33.9", 17° 47' 18.8" LN y 92° 57' 9.0", 92° 57' 56.6" LO (Cámara-Córdova *et al.*, 2008). Se usaron 45 hembras Black Belly y Pelibuey, con peso inicial de 11.72 ± 0.33 kg y CC de 1.71 ± 0.07 (1= emaciada, 5= obesa; Suiter, 1994).

### Tratamientos evaluados

Los tratamientos consistieron en dietas isoenergéticas a 3 Mcal kg<sup>-1</sup> e isoproteicas a 20% de PC en BS, con porcentajes de inclusión de HP (Tabla 1) de 0%, 15%, 30%, 45% (HP0, HP15, HP30, HP45; n=9 ovejas por tratamiento) y un tratamiento de solo pastoreo más sales minerales *ad libitum* (PASTO). Las dietas fueron balanceadas, tomando en cuenta los requerimientos nutricionales de las ovejas de acuerdo al NRC (National Research Council, 1985; (Tabla 1). La composición química de las dietas experimentales, la HP, así como de las praderas mixtas (tabla 2) compuestas por estrella de Árica (*Cynodon nlemfuensis*) y remolino (*Paspalum notatum*) fueron determinados de acuerdo a AOAC (2004), la digestibilidad *in vitro* según la técnica de Tillley y Terry (1963) y la fibra detergente neutra (FDN) se determinaron por los métodos de Van Soest *et al.*, (1991).

Tabla 1. Ingredientes incluidos en el suplemento para el desarrollo de corderas de pelo

Ingredientes	HP0	HP15	HP30	HP45
	% BH	% BH	% BH	% BH
Maíz	33.00	35.80	12.40	8.30
Melaza	7.00	6.00	6.00	6.00
Pulido de arroz	18.00	9.10	15.00	3.80
H. Carne	3.00	3.00	3.00	4.00
Urea	0.10	0.10	0.10	0.00
Carbonato de calcio	0.40	0.50	0.60	0.50
Cascarilla de arroz	0.20	0.00	0.00	0.00
Cascarilla de soya	3.20	0.00	5.00	0.00
Cebo animal	1.00	0.00	0.00	0.00
Pasta de soya	22.40	22.80	20.00	20.70
Salvado de trigo	10.00	6.00	6.20	10.00
Kernel de palma	0.00	15.00	30.00	45.00
Vitaminas y minerales	1.30	1.30	1.30	1.30
Sal común	0.40	0.40	0.40	0.40
	100.00	100.00	100.00	100.00
Costo (m.n.) kg BH	\$3.03	\$2.83	\$2.56	\$2.42

Tabla 2. Análisis proximal de pasto, HP y suplemento usado en el desarrollo de corderas de pelo.

Componentes	PASTO FRESCO	HP	HP0	HP15	HP30	HP45
Humedad (% Base fresca)	60.34 ± 4.00	9.34 ± 0.10	16.25 ± 0.04	13.79 ± 0.08	15.85 ± 1.30	12.25 ± 0.22
Materia Seca (% Base fresca)	39.66 ± 4.00	90.66 ± 0.10	83.75 ± 0.04	86.21 ± 0.08	84.15 ± 1.30	87.74 ± 0.22
Cenizas	10.37 ± 0.10	2.55 ± 0.04	8.41 ± 0.08	6.81 ± 0.06	7.90 ± 0.19	5.23 ± 0.05
Materia Orgánica	89.60 ± 0.10	97.40 ± 0.04	91.50 ± 0.08	93.1 ± 0.06	92.09 ± 0.19	95.20 ± 0.05
Proteína Cruda	10.37 ± 0.28	9.51 ± 0.41	21.20 ± 0.74	21.3 ± 0.01	23.30 ± 0.01	17.60 ± 0.46
Extracto Etéreo	3.11 ± 0.14	6.39 ± 0.14	2.80 ± 0.11	4.37 ± 0.17	2.42 ± 0.18	5.47 ± 0.15
Fibra Cruda	37.82 ± 0.14	30.40 ± 0.04	7.28 ± 0.03	11.14 ± 0.24	14.90 ± 0.31	21.53 ± 0.05
Extracto Libre de Nitrógeno	32.76 ± 0.97	46.48 ± 0.46	50.48 ± 0.66	48.37 ± 0.22	43.94 ± 0.16	43.97 ± 0.66
Fibra Detergente Neutra	50.60 ± 1.80	58.06 ± 1.80	17.23 ± 0.13	16.82 ± 0.79	22.20 ± 3.4	29.53 ± 2.00
Digestibilidad <i>in vitro</i>	49.40 ± 1.80	41.93 ± 1.80	82.77 ± 0.13	83.18 ± 0.80	77.80 ± 3.4	70.47 ± 2.00

Todas las ovejas pastorearon por las mañanas en praderas mixtas de pasto estrella de África y remolino con tiempo de ocupación no mayor a tres días. El consumo del pasto se determinó indirectamente calculando la diferencia entre la disponibilidad de materia seca (MS) a la entrada y salida de los animales a la pradera (Coates y Penning, 2000).

El suplemento se proporcionó en corral a las ovejas individualmente por la tarde (17:00 h). Las ovejas tuvieron un período de adaptación a las dietas de 10 días, durante los cuales se estimó y ajustó la cantidad de suplemento ofrecido. El desarrollo de las ovejas se evaluó por 112 días, divididos en dos periodos comprendidos de 56 días cada uno. En el primer periodo se ofreció 300 g animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de suplemento (2.7% del peso vivo) y el segundo periodo se ajustó a 500 g animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (2.7% del peso vivo). Las ovejas de PASTO, recibieron sales minerales y pasto henificado en corral.

### Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Las ovejas fueron asignadas a los tratamientos HP0, HP15, HP30, HP45 y PASTO bajo un diseño experimental de bloques al azar, considerando como bloque la CC inicial (Bloque 1= $\leq 1.5$  y Bloque 2= $\Rightarrow 2$ ). Las variables evaluadas fueron: ganancia diaria de peso (GDP), peso vivo final (PVF), condición corporal (CC), conversión alimenticia (CA) y eficiencia en la utilización del alimento (EUA).

Las variables fueron analizadas bajo un modelo mixto mediante el PROC MIXED de SAS, donde se consideraron los efectos fijos de tratamiento y periodo así como su interacción y, los efectos aleatorios de oveja dentro de tratamiento y la CC como bloque.

### Análisis económico

Con base en los resultados obtenidos del análisis productivo, se realizó un análisis económico donde además de evaluar la utilidad, se determinó la optimización de la utilización de los insumos a través del análisis marginal y de sustitución de insumos, información requerida para la toma de decisiones económicas de empresas pecuarias, mismas que aumentan la competitividad y la mejor utilización de recursos.

Los parámetros que se calcularon fueron los siguientes: Ganancia de peso total del periodo (GTP). Se obtuvo de restar el peso inicial promedio del peso final promedio de cada tratamiento. Consumo total de alimento (CTA). Resultó de multiplicar la cantidad diaria promedio suministrada ( $400 \text{ gr}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) por el número de días (112). Costo del alimento consumido (CAC). Se obtuvo de multiplicar los kg consumidos por el costo del kg de alimento. Costo del alimento por kg aumentado (CoA). Se obtuvo de dividir CAC entre GTP. Utilidad. Se obtuvo restando el costo del alimento consumido (CAC) de los ingresos calculados. Ingresos. Se calcularon multiplicando los kg de peso aumentados por el precio de venta del kg de carne. Se consideró el precio por kg de hembra, al precio de carne comercial de \$ 24.00 kg. Nivel óptimo de insumos. Se obtuvo a través del análisis marginal (Kay, 1986). Para calcular el cambio marginal se calculó la diferencia entre el valor original y el nuevo valor que surgió del cambio en el factor de control. Para obtener el nivel óptimo de insumos se utilizó el valor del producto marginal (VPM) y el valor de costo marginal de insumos (CMI). El nivel de insumos en el que se maximizaron las utilidades fue aquel en que el  $\text{VPM} = \text{CMI}$

Por otra parte, se realizó un análisis de sustitución de insumos (Kay, 1986), que indicó la combinación de insumos de menor costo que permite maximizar la utilidad como consecuencia de producir cierta cantidad de producto, a través de la evaluación de la combinación de insumos en la ración. Se utilizó la Razón de Sustitución = cantidad del insumo reemplazado / cantidad de insumo agregado y la Razón de Precio = precio del insumo que se añade / precio del insumo reemplazado.

## RESULTADOS

Los resultados se presentan en la Tabla 3. La CC registrada al final del periodo de prueba fue similar ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos HP0, HP15, HP30 y HP45 (Tabla 3), pero significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) a las ovejas de PASTO.

En cuanto al PVF los valores registrados fueron similares ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos HP0, HP15, HP30 y HP45 (promedio de 23.19 kg), pero fueron superiores hasta en un 21% respecto al grupo de alimentación con PASTO. De la misma forma, las corderas de los tratamientos HP0, HP15, HP30 y HP45, mostraron las mejores GDP comparadas con el grupo PASTO, siendo estas ganancias superiores hasta en un 58%. La CA en los grupos alimentados con HP fueron mayores ( $P < 0.05$ ) con respecto al grupo PASTO. La EUA difirió entre los tratamientos alimentados con HP en comparación con el tratamiento PASTO.

Las corderas suplementadas con HP registraron pesos vivos finales similares entre HP0, HP15, HP30 y HP45, y diferentes con las de PASTO (Tabla 3).

Al considerar las GTP (Tabla 4) se observó que entre la HP0 y HP30 la diferencia fue de 3% a favor de la primera; sin embargo entre la HP0 y HP45 la diferencia fue de más del 10%. Pero al considerar el CAC por cordera es notable que la HP0 (\$135.74) se ubica en un 17.8% por encima de HP30 (\$115.20) que mostró uno de los mejores comportamientos productivos y el menor CoA (\$9.64).

Al considerar en su conjunto el CoA, CTA, y los kg producidos (GTP) por cada tratamiento, el tratamiento HP0 registró el mayor ingreso por cordera (\$295.92) comparado con HP30 (\$286.80). Sin embargo, al considerar la utilidad derivada de todo el proceso productivo, el tratamiento HP30 registró la mejor ganancia económica por cordera (\$171.6) comparado con HP0 (\$160.18), lo cual representa poco más del 7%, debido a que el costo de alimentación fue mayor debido al precio del grano (Tabla 4). Para el caso de las corderas del tratamiento PASTO, a pesar de que solo se ofreció sales minerales y no se hizo uso de insumos como en los otros tratamientos, la utilidad registrada fue de solo \$103.2, menos del 50% de los ingresos registrados por cualquiera de los otros tratamientos.

El análisis marginal realizado (Tabla 5) indicó que el nivel óptimo de sustitución del insumo grano (maíz) por HP, es un punto que se encuentra entre los niveles de 15 y 30%, cuyo VPM de 13.92 es el que más se acerca al 1.4 del CMI. Este resultado concuerda también con el punto donde se obtiene la máxima utilidad (Tabla 4), así como con el nivel óptimo de inclusión donde se observó que la razón de sustitución (Tabla 5) es mayor a la razón de precio en HP15 pero menor a HP30, por lo que el nivel óptimo se encuentra entre 15 y 30% de HP.

Tabla 3. Peso, condición corporal, ganancias de peso, CA y EUA de corderas desarrolladas con dietas conteniendo diferentes niveles de harina de kernel de palma.

Tratamiento	PESO INICIAL kg ± EE	PESO FINAL kg ± EE	CC <sup>1</sup> INICIAL	CC FINAL	GDP <sup>2</sup> g d <sup>-1</sup> ± EE	CA <sup>3</sup> kg A/Kg C	EUA <sup>4</sup> %
HP0	11.90 ± 0.12 <sup>a</sup>	24.23 ± 0.82 <sup>a</sup>	1.83 ± 0.14 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.07 <sup>a</sup>	110.04 ± 0.88 <sup>a</sup>	5.96 ± 0.46 <sup>a</sup>	20.87 ± 1.8 <sup>a</sup>
HP15	11.55 ± 0.83 <sup>a</sup>	22.61 ± 0.84 <sup>a</sup>	1.50 ± 0.16 <sup>a</sup>	3.0 ± 0.15 <sup>a</sup>	101.59 ± 0.71 <sup>a</sup>	5.90 ± 0.31 <sup>a</sup>	18.86 ± 1.1 <sup>a</sup>
HP30	11.83 ± 0.22 <sup>a</sup>	23.78 ± 0.95 <sup>a</sup>	1.94 ± 0.15 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.16 <sup>a</sup>	106.26 ± 0.72 <sup>a</sup>	5.95 ± 0.51 <sup>a</sup>	20.44 ± 1.5 <sup>a</sup>
HP45	11.11 ± 0.95 <sup>a</sup>	22.14 ± 1.0 <sup>a</sup>	1.44 ± 0.19 <sup>a</sup>	3.0 ± 0.15 <sup>a</sup>	99.03 ± 0.89 <sup>a</sup>	6.24 ± 0.57 <sup>a</sup>	18.64 ± 1.48 <sup>a</sup>
PASTO	12.22 ± 0.87 <sup>a</sup>	18.27 ± 1.6 <sup>b</sup>	1.88 ± 0.16 <sup>a</sup>	2.0 ± 0.22 <sup>b</sup>	42.84 ± 0.51 <sup>b</sup>	13.82 ± 4.00 <sup>b</sup>	8.09 ± 0.99 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>CC= condición corporal escala 1 a 5 donde 1= emaciada y 5= obesa; <sup>2</sup>GDP= ganancia diaria de peso; <sup>3</sup>CA= conversión alimenticia, kg de alimento consumido por kg de carne; <sup>4</sup>EUA= eficiencia en utilización del alimento. <sup>a</sup>= P > 0.05; <sup>b</sup>= P < 0.05

Tabla 4. Ganancia de peso total del periodo (GTP), consumo total de alimento (CTA), costo del alimento consumido (CAC), costo del alimento por kg aumentado (CoA), ingresos y utilidad por oveja

Tratamiento	GTP kg	Costo kg Alimento	CTA total kg	CAC \$	CoA \$	Ingresos \$	Utilidad \$
HP0	12.33	3.03	45.00	135.74	11.00	295.92	160.18
HP15	11.37	2.83	45.00	130.40	11.46	272.88	142.48
HP30	11.95	2.56	45.00	115.20	9.64	286.80	171.60
HP45	11.03	2.42	45.00	108.90	9.87	264.72	155.82
PASTO	6.05	6.00 <sup>1</sup>	7.00	42.00	7.00	145.20	103.20

<sup>1</sup> Las ovejas de este tratamiento no consumieron alimento, sin embargo se les suministró mezcla de minerales *ad libitum* durante el mismo periodo.

Tabla 5. Análisis marginal y de razón de sustitución de granos por harina de kernel de palma (HP) para la selección del suplemento de menor costo para el desarrollo de corderas

Tratamiento	ANÁLISIS MARGINAL					ANÁLISIS DE RAZÓN DE SUSTITUCIÓN			
	Total de producto kg	Producto físico marginal	Valor del producto total \$	VPM <sup>1</sup>	CMI <sup>2</sup>	MAIZ Kg t <sup>-1</sup>	HP Kg t <sup>-1</sup>	Razón de sustitución	Razón de Precio
HP0	12.33		295.92			214.50	0	0	2.00
HP15	11.37	- 0.96	272.88	-23.02	1.4	279.00	75	2.38**	2.00
HP 30	11.95	-0.58	286.80	13.92*	1.4*	62.00	150	0.41**	2.00
HP 45	11.03	- 0.92	264.72	- 22.08	1.4	41.50	225	0.18	2.00

Entre estos dos puntos se encuentra el nivel de insumos de maximización de utilidades; VPM= valor del producto marginal; CMI= costo marginal del insumo.

El Precio del maíz: \$2.8 y de la harina de kernel de palma (HP): \$1.4

\*\* El nivel de sustitución óptimo se encuentra en algún punto entre estos dos niveles de sustitución mayor a HP15 y menor a HP30

## DISCUSIÓN

Desde el punto de vista productivo el PFV de las corderas que fueron desarrolladas con un nivel de inclusión hasta un 30% mostraron un comportamiento productivo similar al de suplementos convencionales en los que se hace uso de un importante nivel de granos, como en el caso de HP0. Desde el punto de vista económico se tiene una utilidad neta por arriba del 7% cuando se hace uso de un nivel de HP hasta en un 30%, debido a la disminución en los costos de la dieta.

Estos resultados difieren con los reportados por Macome *et al.* (2011), quienes registraron disminución en el consumo de materia seca con un 19.5% de inclusión de HP, pero sin efectos negativos sobre la ganancia de peso y conversión alimenticia en corderos en confinamiento. Es posible que la disminución en el consumo de materia seca deba al contenido residual de aceite de palma en la dieta lo cual se ha logrado remediar con la adición de melaza. Sin embargo Chanjula *et al.* (2011) usando niveles de inclusión en cabritos entre un 20 y 30% no vieron afectado el consumo voluntario, la digestibilidad y los patrones de fermentación ruminal. De igual manera Rahman *et al.* (2014) no reportan efectos negativos sobre

el consumo total de materia seca, materia orgánica y fibra detergente neutra cuando incluyeron niveles de HP en un 32% del concentrado el cual suministraron a razón de 2% del peso vivo en cabritas. Estos resultados concuerdan con los encontrados en el presente estudio donde no se vieron afectadas variables de consumo con niveles de inclusión hasta un 45% de HP suministrando 2.7% del concentrado.

De igual manera, las GDP registradas de las corderas alimentadas con HP15 y HP45 se consideran satisfactorias comparadas con las HP30, toda vez que las ovejas Pelibuey y Black Belly se caracterizan por las bajas tasas de GDP. Estas GDP son comparables a las GDP de 102 y 119 g d<sup>-1</sup> post-destete en borregos Pelibuey en Cuba (Perón *et al.*, 1991), bajo un sistema de cría a base de forraje consumiendo de 250 a 350 g d<sup>-1</sup> de suplemento convencional. Pero son superiores a las GDP de 54 g d<sup>-1</sup> reportadas por Rahman *et al.* (2014) en cabritas.

El uso de HP en la alimentación de rumiantes se muestra como una opción viable en países con alta disponibilidad del subproducto. Malasia, se han reportado niveles de inclusión de hasta 60% de HP en becerros productores de carne con una GDP y CA similar entre los tratamientos con 0, 30, 45 y 60% de inclusión de HP (Umunna *et al.*, 1980; Sumathi *et al.*, 2008), e incluso con una tendencia a ser mejor en aquellos tratamientos con mayores niveles de HP. Otro caso se reporta en un estudio desarrollado por Chin (2001) con vacas lecheras cruzadas Sahiwal x Friesian en el que reporta hasta un 64.5% de inclusión en la dieta en sustitución de granos y fuentes proteicas con un nivel de producción de leche similares a aquellas con niveles bajos de HP.

De acuerdo con la información disponible sobre análisis proximal de la HP, el contenido energético es similar al del maíz y sorgo, y la PC se reporta por alrededor de 3% arriba de los granos mencionados (Ezieshi y Olomu, 2007). Esto permite que la sustitución de granos por HP se haga en un porcentaje importante y que su efecto se vea reflejado sobre el comportamiento animal, según los resultados obtenidos en este trabajo y sustentado por otros autores (Hishamuddin, 2001).

La gran proporción de paredes celulares no digeribles que contiene la HP, ocasiona que conforme se incrementan los niveles de inclusión de HP en la dieta se incrementa en forma lineal la cantidad de FC. Se notan incrementos importantes de FDN al incluir los niveles crecientes de 0, 15 y 30 y 45% de HP (Tabla 2) de las dietas experimentales. Gómez *et al.* (2007) al elaborar dietas isoenergéticas e isoproteicas incluyendo niveles crecientes de HP (0, 10 y 20%), observaron un incremento lineal en los niveles de fibra. Para el caso de la digestibilidad *in vitro* de las dietas experimentales mencionadas se observó que conforme se incrementaba la proporción de HP en las dietas, disminuyó el

porcentaje de digestibilidad. Lo anterior se debe a que la HP contiene gran cantidad de paredes celulares que interfieren con los procesos enzimáticos para su digestión y se asemeja a la digestibilidad de los pastos tropicales (Stonaker, 1975; Stuart y Fundora, 1994; Peruchena, 1999).

La inclusión de 0, 15 y 30% HP mostraron la mejor GDP comparados con los tratamientos de 45% HP y PASTO lo cual indica que la HP puede incluirse hasta en un 30% en las dietas para ovejas sin afectar negativamente su comportamiento productivo.

Las respuestas productivas y ganancias de peso obtenidas en corderas con los niveles de inclusión de HP son aceptables y competitivas debido a la relación costo beneficio comparada con base en los precios de la materia prima usados para la elaboración de suplementos. A pesar de que la dieta de menor costo fue la HP45 encontramos que a partir de un nivel de inclusión de 45% empezamos a tener rendimientos decrecientes en la sustitución, por lo que con niveles de más de 30%, y con los precios que tenemos ya no es aconsejable un nivel de utilización mayor. Este comportamiento es lo esperado de acuerdo a la ley de retornos marginales decrecientes que nos indica que al incrementar el uso de un insumo, llegará un punto en que la eficiencia de utilización decrece (Wadsworth, 1997).

Un aspecto relevante a considerar, es el impacto de la inversión que se hace en la suplementación de las corderas en desarrollo. En este sentido, se tienen reportes en donde se ha corroborado que en el pre y postdestete la manipulación de la alimentación puede adelantar o retrasar el inicio de la pubertad (Valencia y González, 1983; González- Reyna, 1991). Velázquez *et al.* (1995) reportaron que niveles crecientes de suplemento a razón de 0, 1, 2 y 3% en corderas Pelibuey acortan el inicio de la pubertad de 329 a 261 d. Por el contrario, cuando no se suplementan las corderas en el desarrollo se registra retraso en el desarrollo del tracto genital lo cual está directamente relacionado con el desarrollo corporal total (González- Stagnaro, 2002). Esto explica la importancia de la alimentación en la edad a la pubertad.

La inversión que se realiza en el aporte energético adicional para acelerar el desarrollo de las ovejas, disminuye la edad a la pubertad, incrementa la vida productiva, y la fertilidad de las ovejas al propiciar mejoras en tasas de ovulación y desarrollo de folículos de mayor talla (Mattos *et al.*, 2000, Boland *et al.*, 2001, Duittoz et al., 2016).

De acuerdo al análisis económico realizado y con base en las utilidades, se podría concluir que el mejor nivel de inclusión es un 30% de HP; sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis marginal de la sustitución de granos por HP y en el análisis de nivel óptimo de inclusión, es posible determinar un mejor nivel

de inclusión que se encuentra entre HP15 y HP30, por lo que se sugiere ensayar diferentes inclusiones entre esos puntos.

Es probable que a corto plazo, al incrementar la demanda del insumo HP incrementen los precios del mismo, por lo que se requerirán análisis económico bajo los nuevos escenarios. Como parte del seguimiento a la presente investigación es importante que se planteen experimentos con niveles similares de inclusión de HP en dietas integrales para otros estados fisiológicos y sistemas de producción con el fin de evaluar el potencial de la HP bajo otros escenarios.

En conclusión, los resultados productivos y económicos obtenidos, muestran que puede incluirse hasta un 30% de HP en el suplemento de corderas en crecimiento bajo pastoreo con un desempeño similar a aquellas ovejas suplementadas con dietas convencionales con granos. Por lo tanto, la HP es una fuente potencial de nutrientes que puede utilizarse satisfactoriamente en sustitución de los granos comúnmente utilizados, y con una mayor utilidad.

#### Agradecimientos

Se agradece al fondo PFICA de la UJAT por el apoyo económico para este proyecto con registro UJAT-2007-C03-16

#### REFERENCIAS

- Agro Región 2007. La Debacle del Maíz en: Agro Región. 1(1): 19.
- Amstalden, M., Alves, B.R.C, Liu, S., Cardoso, R.C. and Williams, G.L. 2011. Neuroendocrine Pathways Mediating Nutritional Acceleration of Puberty: Insights from Ruminant Models. *Frontiers in Endocrinology*. 2:109. <http://doi.org/10.3389/fendo.2011.00109>
- A.O.A.C. 2004. *Methods of analysis*. 15<sup>th</sup> ed. Washington DC; pp. 954
- Boateng, M., Okai, D.B., Baah, J., Donkoh, A. 2008. Palm kernel cake extraction and utilization in pig and poultry diets in Ghana. 20: #99. Retrieved May 14, 2009, from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/7/boat20099.htm>
- Boland, M.P., Lonergan, P., Callaghan, D.O. 2001. Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and embryos development. *Theriogenology* 55:1323-1340.
- Cámara-Córdova, J., Nava, A.J., Flores, B.R., Manjarrez, M.B., Mendoza, P.J.D. 2008. Caracterización ambiental del Rancho- Escuela de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Resultados preliminares. En Cámara-Córdova, J.; R. Flores B. (eds.). *Ciencia Animal Mesoamericana*. 1er. ed. Col. José N. Rovirosa. Villahermosa, Tabasco.
- Carvalho, L.P.F., Cabrita, A.R.J., Dewhurst, R.J., Vicente, T.E.J., Lopes, Z.M.C., Fonseca, A.J.M. 2006. Evaluation of palm kernel meal and corn distiller grains in corn silage-based diets for lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*. 89:2705-2715.
- Chanjula, P., Siriwathananukul, Y., Lawpetchara, A. 2011. Effect of Feeding Rubber Seed Kernel and Palm Kernel Cake in Combination on Nutrient Utilization, Rumen Fermentation Characteristics, and Microbial Populations in Goats Fed on Briachiararia humicola Hay-based Diets. *Asian-Austral. Journal Animal Science*. 24(1): 73-81
- Chávez, R. 2008. El Efecto de la crisis energética en la producción pecuaria. *Nutri-Noticias - Enero Disponible en: www.engormix.com/el\_efecto\_crisis\_energetica\_s\_articulos\_1888\_BAL.htm - 69k*
- Chin, F.Y. 1991. Oil palm – A rich source of animal feed. In: *Asian livestock*. PHCA public. Bangkok, Thailand.
- Chin, F.Y. 2001. Utilization of palm kernel cake (PKC) as feed in Malaysia. In: 7<sup>th</sup> Meeting of the Regional Working Group on Grazing and Feed Resources. *Forage Development in Southeast Asia: Strategies and Impacts*. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Proceedings/manado/cover.htm>
- Coates, D.B., Penning, P. 2000. Measuring animal performance. In t'Mannetje L., and R.M. Jones (eds.) *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. CAB International, Wallingford, UK. p. 353-402.
- COMEXPALMA 2017. Estadísticas de palma de aceite en México. Disponible en: <http://www.comexpalma.org/2017/index.php/situacion-nacional-2015>
- Desvaux, M., Guedon, E., Petitdemange, H. 2001. Metabolic flux in cellulose batch and cellulose fed continuous cultures of *Clostridium cellulolyticum* in response to acidic environment. *Microbiology*. 147: 1461 – 1471.
- Devendra, C. 1977. Sustainable animal production from small farm systems in South-East Asia. Senior Programme Officer Animal Production Systems (Asia). International Development Research Centre (IDRC) Singapore. M-21 ISBN 92-5-103168-1. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/t0757e/T0757E05.htm>

- Duittoz, A.H., Tillet, Y., Le Bourhis, D., Schibler, L. 2016. The Timing of Puberty (Oocyte Quality and Management). *Animal Reproduction*. 13 (3): 313-33.
- Ezieshi, E.V., Olomu, J.M. 2007. Nutritional evaluation of palm kernel meal types: 1. proximate composition and metabolizable energy values *African Journal of Biotechnology* 6 (21): 2484-2486.
- Gómez, A.S., Benavides, C.A., Díaz, C.M. 2007. Evaluación de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) en alimentación de cerdos de ceiba. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 5 (1): 54-63.
- González Reyna, A., Valencia, J., Foote, W.C., Murphy, B.D. 1991. Hair sheep in México: reproduction in the Pelibuey sheep. *Animal Breeding Abstracts*. 59: 509-524.
- González Stagnaro, C. 2002. Identificación y control de los riesgos reproductivos en ovinos deslanados. *Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal*. Valera, Trujillo. Venezuela.
- Han, Y., Paengkoum, P., Wang, D.F. 2011. Effect of Palm Oil By-pass Fat on Milk Composition of Early Lactation Holstein Cows Fed Whole Plant Corn Silage during Dry Season. *Journal Agriculture Science and Technology A* 1: 1144-1149.
- Hishamuddin, M.A. 2001. Malaysian Palm Kernel Cake as Animal Feed. *Palm Oil Developments*. 34:4-6.
- Kay, R. 1986. *Administración agrícola y ganadera*. México. Ed. CECSA
- Macome, F., Lopes, O., Ronaldo Regina B., Adriana Garcia Leal, A., Gherman Pires B., Larissa, Costa Alves Da S, Mauricio. 2011. Productive performance and carcass characteristics of lambs fed diets containing different levels of palm kernel cake. *Revista MVZ Córdoba*. 16(3): 2659-2667.
- Martin, G.B., Walken-Brown, S.W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *Journal Reproduction Fertility*. Suppl. 49:437-449.
- Mattos, R., Staples, C.R. Thatcher, W.W. 2000. Effect of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev. Reproduction* 5: 38-45.
- Miranda Vidal, M.G. 2009. Desarrollo de ovejas pelibuey y blackbelly con diferentes niveles de inclusión de harina de palma (*Elaeis guineensis*). Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.
- Mustaffa, A.B., Chin, F.Y., Yusoff, M.S. 1987. The use of palm kernel cake as animal feed. Dept Vet. Services Mimeograph. Bangkok, Thailand as contribution from Mustaffa, A. B.
- NRC 1985. National Research Council. *Nutrient Requirements of Sheep*. Sixth Revised Edition. Subcommittee on Sheep Nutrition, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C.
- Ocampo, A. 1994a. Utilización del fruto de palma Africana como fuente de energía con niveles restringidos de proteína en la alimentación de cerdos de engorde. *Livestock Research Rural Development*. 6(1): 1-7.
- Ocampo, A. 1994b. Raw palm oil as the energy source in pig fattening diets and *Azolla filiculoides* as a substitute for soya bean meal. *Livestock Research Rural Development*. 6 (1):8-17.
- Osei, S.A., Amo, J. 1987. Palm kernel cake as a broiler feed ingredient. *Poultry Science* 66:1870-1873.
- Osman, A. 1986. End uses and marketing of palm kernel cakes. *Workshop on Palm Kernel Products*. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi. 31 pp.
- Osman, A., Hishamuddin, M.A. 1999. Oil palm and palm oil products as livestock feed. *Palm Oil Familiarization Programme*. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi. 12 pp.
- Perón, N., Limas, T., Fuentes, J.L. 1991. El ovino Pelibuey de Cuba revisión bibliográfica de algunas características productivas. En *Small ruminants - 66*. FAO Recupereate Document Repository. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/T8600T/T8600T0G.HTM>
- Peruchena, O.C. 1999. Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales. Aspectos nutricionales, productivos y económicos. Conferencia presentada en el XXXVI Congreso Anual de la Sociedad Brasileira de Zootecnia, Porto Alegre, Brasil. 15p.
- Rahman, M.M., Abdullah, R.B., Embong, W.K.W., Nakagawa, T., Akashi, R. 2014. Effect of palm kernel cake as protein source in a concentrate diet on intake, digestibility and live weight gain of goats fed Napier grass. *Tropical Animal Health Production*. 45: 873-875
- Razuan, R., Finney, K.N., Chen, Q., Sharifi, V.N., Swithenbank, J. 2011. Pelletised fuel production from palm kernel cake. *Fuel Processing Technology*. 92(3): 609-615. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.11.018>.

- Rhind, S.M., McMillen, S., Wheteril, G.Z., McKevey, W.A.C., Gunn, R.G. 1989. Effect of low levels of food intake before and/or after mating on gonadotrophin and progesterone profile in greyface ewes. *Animal Production*. 49:267-273.
- Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., Somichit, A. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition Development*. 46: 339-354.
- Shamsuddin, A.B., Jaafar, D.M., Abd Wahid, Y. 1987. Performance of Kedah-Kelantan cattle fed with different combinations of expeller pressed and solvent extracted PKC. *Proc. 10th Ann. Conf. MSAP, April 2-4, 1987, Malaysia*, pp 287-291.
- Spörndly, E., Asberg, T. 2006. Eating rate and preference of different concentrate components for cattle. *Journal Dairy Science*. 89:2188-99.
- Stonaker, H.H. 1975. Beef production systems in the tropics. I. Extensive production systems on infertile soils. *Journal Animal Science*. 41:1218-223.
- Stuart, J.R., Fundora, O. 1994. Utilización de residuos de la cosecha de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes. *Revista Cubana Ciencia Agrícola*. 28: 1-10.
- Suiter, J. 1994. Body condition scoring in sheep and goats. *Farmnonte* 69: 94.
- Sumathi, S., Chai, S.P., Mohamed, A.R. 2008. Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12(9):2404-2421
- Tilley, J.M.A., Terry, R.A., 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*. 18:104-111.
- Umunna, N.N., Yusuf, A.A., Aganga, A.A. 1980. Evaluation of brewers' dried grains and palm kernel meal as major sources of nitrogen for growing cattle. *Tropical Animal Production*. 5(3): 239.
- Valencia, Z.M., Gonzalez, P.E. 1983. Pelibuey sheep in Mexico. *En Fitzhugh H.A. y G.E. Bradford (Eds.) Hair Sheep of Western Africa and the Americas: A Genetic Resource for the Tropics*. Westview Press, Boulder, EUA. pp. 55-73.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3598.
- Velázquez, I.A., Cruz, C., Álvarez, J.A. 1995. Efecto del nivel de suplementación sobre la presencia del primer estro en ovejas Tabasco nacidas en verano. *Veterinaria México*. 26(2): 107-111.
- Wadsworth, J. 1997. Conceptos económicos en el manejo y análisis de sistemas. *Análisis de Sistemas de Producción Animal - Tomo 2: las Herramientas Básicas. (Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 140/2)*.
- Wallace, J.R. 1994. Microbiología ruminal, biotecnología y nutrición de rumiantes: Progresos y Problemas. *Journal Animal Science*. 72: 2992 - 3003.