

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON TRES FUENTES DE MINERALES SOBRE EL BALANCE DE CALCIO, FÓSFORO Y MAGNESIO EN OVINOS

Effect of Supplementation with Three Mineral Sources on the Calcium, Phosphorus and Magnesium Balance in Lambs

Silvio Miranda López, Dervin Dean, Neyda Parra, Rafael Román, Rafael López y Yannelis Navas

Departamento de Producción e Industria Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Apartado 15252. Maracaibo 4005-A, Edo. Zulia. E-mail: smiranda@luz.ve

RESUMEN

Dieciséis (16) corderos mestizos West-African de 15 kg de peso corporal promedio, se distribuyeron al azar en tres grupos para evaluar la Absorción Aparente (AA), Absorción Verdadera (AV) y Retención Neta (RN) de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) presentes en las Excretas de Pollos de Engorde (EPE), Fosfato Dicálcico Comercial (FDC) y Mezcla Mineral Completa (MMC). Los ovinos fueron mantenidos individualmente en jaulas metabólicas y asignados aleatoriamente a los tratamientos evaluados: T1: 130 g/animal/día de suplemento 1 (SP1) elaborado con: 80% de EPE y 20% de melaza + heno de *Brachiaria humidicola* a voluntad (HB); T2: 200 g/animal/día de un suplemento 2 (SP2) elaborado con 80,4% de harina de maíz, 17,6% de harina de Soya y 2% de urea + HB + FDC y T3; 200 g/animal/día de SP2 + HB + MMC. Durante 7 días se recolectaron muestras de las raciones experimentales (heno + suplemento + fuente mineral), heces, y orina. El Ca y el Mg fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica y el P por colorimetría. La AA y AV del Ca y P en los tratamientos T1 (Ca: 45,45; 52,00% y P: 46,19; 50,00%), T2 (Ca: 47,07; 54,00% y P: 48,26; 55,21%) y T3 (Ca: 48,26; 55,21% y P: 47,74; 51,19%) no presentaron diferencias significativas. Para la RN de Ca no se detectaron diferencias entre tratamientos. Para la AA, AV y RN del Mg, se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0,01$) a favor de T1 (58,45, 64,85 y 37,20%, respectivamente) y T3 (60,04 ; 66,26 y 38,85% respectivamente), cuando fueron comparados con T2 (41,80; 48,78 y 14,69% respectivamente). Los altos porcentajes de AA y AV del Ca y P presentes en EPE, FDC y MMC, sugiere a estas fuentes como alternativas viables para el aporte adecuado de estos dos minerales.

Palabras clave: Excretas de aves, fosfato dicálcico, metabolismo mineral.

ABSTRACT

Sixteen (16) crossbred West african lambs, 15 kg body weight average, were randomly distributed into three groups, in order to evaluate the apparent absorption (AA), true absorption (TA), net retention (NR) of calcium (Ca), phosphorus (P) and magnesium (Mg) presents in Poultry litter (PL), dicalcium phosphate (DP) and commercial mineral mix (MM). Lambs were housed in metabolic stalls and were assigned to evaluated treatments: T1: 130 g/animal/d of supplement 1 (SP1), made with 80% of PL + 20% molasses + hay of *Brachiaria humidicola* (HB) ad libitum, T2: 200 g/animal/d of supplement 2 (SP2) made with 80.4% of hominy feed + 17.6% of soybean meal + 2% of urea + HB + DP and T3: 200 g/animal/d of SP2 + HB + MM. Experimental rations, excretes, urine and hay samples were collected during seven days. Ca and Mg were determined by Atomic Absorption Spectrophotometric and P were determined by Colorimetric method. Values obtained for AA and TA of Ca and P were: T1 (Ca: 45.45, 52.00% and P: 46.19, 50.00%), T2 (Ca: 47.07, 54.00% and P: 48.26, 55.21%) and T3 (Ca: 48.26, 55.21 % and P: 47.74, 51.19%), and no statistical differences were detected between treatments. For the RN of Ca the statistical analysis didn't detect differences between treatments. For the AA, AV and RN of Mg statistical differences were detected ($P < 0.01$) between T1 (58.45, 64.85 and 37.20% respectively), and T3 (60.04%; 66.26% and 38.85% respectively), in relation to T2 (41.80; 48.78 and 14.69% respectively). High values of AA and TA of Ca and P present in PL, DP and MM suggests that these alternatives are good minerals sources of Ca and P.

Key words: Poultry litter, dicalcium phosphate, mineral metabolism.

INTRODUCCIÓN

Los minerales son nutrientes esenciales para todos los animales y un desbalance de ellos (deficiencia o exceso) ha sido considerado en áreas tropicales, como responsables de la baja productividad y problemas reproductivos de rumiantes en pastoreo [18]. Una de las fuentes principales de minerales en ovinos y otros rumiantes bajo condiciones de pastoreo en el trópico está representada por el forraje que consumen. Sin embargo, un alto porcentaje de los pastos disponibles en regiones tropicales no pueden satisfacer todos los requerimientos minerales de los animales, por ser deficientes en muchos de ellos [10]. Esta situación demanda la necesidad de proveer estos elementos inorgánicos como suplementos minerales dietéticos con el objeto de promover una producción eficiente y rentable en las regiones de clima cálido, aunado a la necesidad de investigar la disponibilidad de los macroelementos que presentan mayor impacto económico en estas fuentes minerales. Una forma de cuantificar la calidad nutricional de mezclas completas o fuentes no tradicionales de elementos inorgánicos es a través del conocimiento que se obtenga de la biodisponibilidad de los minerales implícitos en ellas. Guéguen [11] define la biodisponibilidad de un nutriente como la proporción (porcentaje) del consumo, capaz de ser absorbido por el intestino y hacerse disponible para los procesos metabólicos o ser almacenado en los tejidos del animal. Los estudios de absorción y balance químico proporcionan un estimado de la biodisponibilidad de un elemento inorgánico.

Las pruebas anteriormente mencionadas permiten conocer la absorción y retención neta y verdadera, siendo estos dos últimos parámetros los que miden la diferencia entre la cantidad de mineral que aparece en orina y heces durante un período específico de tiempo y la cantidad ingerida con la dieta durante el mismo período [24]. Sin embargo, la retención neta probablemente tiene poco valor en determinar la biodisponibilidad de un elemento mineral, ya que en muchas situaciones el elemento mineral excretado en orina representa una porción del mismo potencial o nutricionalmente efectivo y que ya fue disponible a los procesos metabólicos [9]. En rumiantes los macroelementos más evaluados en ensayos de absorción son: calcio, fósforo y magnesio [5, 9, 17, 19]. Los resultados de los referidos estudios han permitido conocer en qué proporción son absorbidos estos minerales en fuentes de fosfatos grado alimenticio, tales como: fosfatos monocálcico y dicálcico, fosfatos defluorinados, harina de hueso y fosfatos suaves. Gran parte del fósforo y calcio presentes en las mezclas minerales completas provienen de los fosfatos grado alimenticio [14]; en tal sentido, si conocemos la biodisponibilidad de la fuente fosfórica, la respuesta biológica del animal al suplemento inorgánico, quedaría delimitada a otros factores. Contrario a los fosfatos grado alimenticio, otras fuentes no tradicionales de minerales Ej. excretas de pollos (yacija), la información que se tiene sobre la biodisponibilidad de calcio, fósforo y magnesio es muy escasa, no obstante, algunos autores describen la composi-

ción mineral de la yacija, en la cual resaltan el moderado contenido de calcio y fósforo capaz de corregir en gran parte las necesidades nutritivas del ganado [4, 6, 20]. El objetivo principal de esta investigación fue: determinar la absorción aparente y verdadera del calcio; la retención neta del calcio, fósforo y magnesio presentes en yacija, y fosfato dicálcico y una mezcla mineral completa, como medida de estimación de su biodisponibilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 16 corderos mestizos West African, con peso corporal promedio de 15 kg, mantenidos individualmente en jaulas metabólicas de hierro con suministro de agua a voluntad y alimentados con cuatro raciones experimentales que representaron los tratamientos, los cuales contenían la diferentes fuentes minerales a estudiar. Los tratamientos evaluados fueron:

- T1: 130 g/día/animal del suplemento 1 + heno de *Brachiaria humidicola* a voluntad (HB).
- T2: 200 g/día/animal del suplemento 2 + 12.5 g/día/animal de fosfato dicálcico + HB.
- T3: 200 g/día/animal del suplemento 2 + 16.0 g/día/animal de la mezcla mineral. + HB.

En la TABLA I se ilustra el porcentaje de inclusión de los ingredientes y la composición química de los suplementos suministrados, balanceándose el suplemento de los tratamientos 2 y 3 para contener 18% de proteína cruda. El bajo nivel de fósforo y magnesio presente en la melaza determinó una alta incorporación de yacija (80%) en el suplemento del tratamiento 1, para cubrir así los requerimientos de estos minerales, resultando en un contenido de proteína cruda del 24%.

La cantidad añadida de las fuentes minerales en los diferentes tratamientos, fue en atención a los requerimientos de calcio (0,82%), fósforo (0,38%) y magnesio (0,18%) descritos por la National Research Council (NRC) [21]. Aun cuando el suplemento del tratamiento 1, no eran isocálcicas, isofosfóricas, isomagnesicas e isoproteicas con respecto a los tratamientos 2 y 3, los ajustes respectivos para un aporte mínimo y similar de calcio, fósforo, magnesio y 30 g de proteína cruda/día/animal según lo establecido por la N.R.C [21] para corderos en crecimiento, se realizaron a través del suministro controlado de los suplementos. Es así como, todos los suplementos minerales aportaron más del 80% del calcio y fósforo total de la ración, con la excepción del magnesio cuyo aporte fue ligeramente inferior al 50%.

Durante los 10 días del período de adaptación, fue estimado el consumo máximo de heno (*Brachiaria humidicola*) en todos los tratamientos. Los parámetros a medir fueron: absorción aparente y verdadera de los tres macroelementos estudiados y, la retención neta de calcio y magnesio, en cada una

TABLA I
COMPOSICIÓN DE INGREDIENTES DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES

Ingredientes	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	Dieta Basal (%)
Harina de maíz		80,4	80,4	80,4
Harina de soya		17,6	17,6	17,6
Urea		2,0	2,0	2,0
Yacija ^e	80			
Melaza ^f	20			
Fosfato dicálcico ^b		12,5		
Mezcla mineral ^c			16,0	
Heno	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>
Análisis Químico				
Humedad, %	10,80	10,25	10,35	10,30
Materia seca, %	89,20	89,75	89,65	89,70
Proteína cruda, %	24,50	18,00	18,05	18,10
Calcio, %	2,25	1,74	1,70	0,30
Fósforo, %	1,65	1,32	1,40	0,20
Magnesio, %	0,20	0,14	0,22	0,10

b. Fosfato dicálcico anhidro (origen nacional) composición química: 22,5% Ca, 18% P y 0,5% Mg.

c. Mezcla mineral composición química: 18% Ca, 15% P, 1,0% Mg, 0,2% Cu, 0,7% Fe y 0,6% Zn. La fuente de fósforo (Fosfato dicálcico hidratado) utilizada fue importado de U.S.A.

d. *Brachiaria humidicola*: 97,10% materia seca, 3,20% proteína cruda, 0,19% Ca, 0,08% P y 0,10% Mg.

e. Yacija (de galpones de piso) de 3 lotes, composición química: 88,50% materia seca, 4,90% nitrógeno, 2,62% Ca, 1,98% P y 0,24% Mg.

f. Melaza de caña composición química: 75,60% materia seca, 0,54% nitrógeno, 0,80% Ca, 0,12% P y 0,08% Mg

de los tratamientos, para lo cual se recolectaron muestras de heces y orina por un lapso de 7 días. Estas variables se calcularon utilizando las fórmulas descritas por Guéguen [11]:

$$\% \text{ Absorción Aparente} = \frac{\text{Cont. total del mineral ingerido} - \text{Cont. total del mineral excretado en heces}}{\text{Contenido total del mineral ingerido}} \times 100$$

$$\% \text{ Absorción Verdadera} = \frac{\text{Cont. total del mineral ingerido} - \text{Cont. total del mineral en heces + corrección por pérdidas endógenas}}{\text{Contenido total del mineral ingerido}} \times 100$$

$$\% \text{ Retención Neta} = \frac{\text{Cont. total del mineral ingerido} - \text{Cont. total del mineral excretado en heces y orina}}{\text{Contenido total del mineral ingerido}} \times 100$$

La excreción fecal de calcio, fósforo y magnesio de los 4 corderos alimentados con la dieta basal, representó la excreción metabólica fecal [2, 17]. Estos valores fueron utilizados

para determinar las correcciones por pérdidas endógenas. Submuestras de las dietas y del material fecal fueron secadas en una estufa de aire forzado y molidas con una criba de 2 mm, para luego ser digeridas con ácido nítrico y clorhídrico y, diluidas con agua bidestilada hasta aforar en un balón de 100 mL [3]. La orina total coleccionada fue mezclada y filtrada para remover cualquier material extraño; posteriormente se tomaron submuestras de este filtrado para ser centrifugado a 1.000 X g durante 20 minutos. Las muestras diluidas de las raciones, heces y orina, fueron analizadas para calcio y magnesio, usando un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin-Elmer 3110) con llama de aire-acetileno [3]. Para la determinación de fósforo en las diluciones descritas, se empleó el método colorimétrico tal como lo describe Fiske y Subarow [8]. El contenido de proteína cruda de las raciones experimentales se determinó por el método de Kjeldahl [3], en tanto que el análisis estadístico fue realizado a través del procedimiento GLM del SAS [22], aplicando para ello el siguiente Modelo Aditivo Lineal:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta medida en la *j*ésima unidad experimental y que recibió el *i*ésimo tratamiento.

U = Media general.

Ti = Efecto del iésimo tratamiento.

Eij = Efecto de los factores no controlados en el experimento sobre la jesima unidad experimental aplicada al iésimo tratamiento.

Para comparar la media de las variables respuestas, donde se detectaron diferencias significativas entre tratamientos se usó la prueba de t por medio de la aplicación LSMEANS del procedimiento GLM del SAS [22].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores correspondientes a consumo, excreción, absorción aparente, absorción verdadera y retención neta de calcio, fósforo y magnesio son presentados en la TABLA II. El consumo de estos tres elementos inorgánicos en los diferentes tratamientos presentó un comportamiento similar, observándose diferencias mínimas para el calcio y magnesio (0,2 y 0,1 g respectivamente). Con referencia a la excreción mineral, diferencias entre las fuentes inorgánicas fueron detectadas para el magnesio. La excreción (heces y orina) de magnesio en el tratamiento 2 (0,59 g/día) fue superior ($P < 0,1$) a las observadas en los tratamientos 1 y 3 (0,47 g/día, para ambos).

Los valores referidos para la absorción aparente, absorción verdadera y retención neta de calcio y fósforo en los tres tratamientos no presentaron diferencias significativas. La fuente común de estos dos elementos inorgánicos en las raciones explica en gran medida tales hallazgos. Lima y col. [14] y Miranda [20], describen a los fosfatos grado alimenticio (monocálcicos, dicálcicos y monodicálcico), como las fuentes principales de calcio y fósforo en los alimentos balanceados para pollos de engorde. Por lo tanto, la presencia de los dos elementos en las excretas de las aves (yacija), tienen como origen principal los cereales y oleaginosas utilizados en la dieta [13]. En este mismo orden de ideas, las mezclas minerales completas empleadas para corregir problemas de desbalance mineral en rumiantes bajo condiciones de pastoreo, poseen como fuente principal de calcio y fósforo a los fosfatos grado alimenticio [18]; razón por la cual, un alto porcentaje de estos dos minerales presentes en las excretas de los rumiantes suplementados con fórmulas completas inorgánicas, tienen como origen principal a los fosfatos grado alimenticio. Los valores de absorción aparente de calcio y fósforo en los tratamientos evaluados fueron los siguientes: 45,45; 47,07; 48,26% en calcio y 46,19; 48,39; 47,74% en fósforo para T1, T2 y T3, respectivamente. En tanto que la retención neta de calcio fue: 42,00; 44,40; 45,72% para T1, T2 y T3, respectivamente. Los referidos valores difieren completamente a los reportados por

TABLA II
CONSUMO, EXCRECIÓN, ABSORCIÓN APARENTE, ABSORCIÓN VERDADERA Y RETENCIÓN NETA DE CALCIO, FÓSFORO Y MAGNESIO EN OVINOS

Variables	T1	T2	T3
Calcio			
Consumo (g/d)	4,3	4,08	4,05
Excreción			
Fecal (g/d)	2,35	2,16	2,0
Urinaria (g/d)	0,14	0,10	0,10
Absorción Aparente (%)	45,45	47,07	48,26
Absorción Verdadera (%)	52,00	54,00	55,21
Retención Neta (%)	42,00	44,40	45,72
Fósforo			
Consumo (g/d)	2,81	2,97	3,07
Excreción Fecal (g/d)	1,51	1,53	1,60
Absorción Aparente (%)	46,19	48,39	47,74
Absorción Verdadera (%)	50,00	52,00	51,19
Magnesio			
Consumo (g/d)	0,75	0,69	0,78
Excreción			
Fecal (g/d)	0,31 ^a	0,40 ^b	0,31 ^a
Urinaria (g/d)	0,16 ^c	0,19 ^d	0,16 ^c
Absorción Aparente (%)	58,45 ^e	41,80 ^f	60,04 ^e
Absorción Verdadera (%)	64,85 ^g	48,78 ^h	66,26 ^g
Retención Neta (%)	37,20 ⁱ	14,69 ^j	38,85 ⁱ

a.b Medias con letras diferentes dentro de la misma fila presentan diferencias ($P < 0,10$).

c.d Medias con letras diferentes dentro de la misma fila presentan diferencias ($P < 0,10$).

e.f Medias con letras diferentes dentro de la misma fila presentan diferencias ($P < 0,01$).

g.h Medias con letras diferentes dentro de la misma fila presentan diferencias ($P < 0,01$).

i.j Medias con letras diferentes dentro de la misma fila presentan diferencias ($P < 0,01$).

McGowan y col. [19] y, Hufstedler y Greene [12], quienes evaluaron las variables antes descritas en un fosfato dicálcico comercial, observando valores en la absorción aparente del calcio: 28,63 y 20,3%; para el fósforo: 24,12 y 12,40% y, retención neta de calcio: 22,5 y 18,6%. Estas diferencias tan marcadas con respecto a los autores antes citados, pueden ser explicadas por el componente animal utilizado. Field [7] indica que la edad y la fase de crecimiento del animal, poseen un efecto importante sobre los requerimientos minerales. Por ejemplo, aquellos animales que se encuentren en la fase inicial del crecimiento, exhibirán mayor demanda y mejor utilización del calcio y fósforo, debido a que sus procesos de mineralización y acreción ósea son más activos que los animales de fase terminal. En los trabajos de McGowan y col. [19] y, Hufstedler y Greene [12] se utilizaron corderos en una fase de crecimiento más avanzada (34±5 y 28±2 kg de PV respectivamente), lo cual puede explicar los bajos coeficientes de absorción aparente y retención neta observados por los autores antes citados. Sin embargo, Ammerman y col. [2]; Martínez y col. [17], y Godoy [9] evaluaron fuentes fosfóricas en la suplementación de ovinos con peso promedio por animal de 25,0 kg PV, reportando valores de absorción aparente del fósforo presente en un fosfato dicálcico comercial, muy similares (46,00; 44,40 y 52,65) a los observados en el presente trabajo. La excreción metabólica fecal de calcio y fósforo obtenidas en el ensayo, fue de 0,282 g de calcio/día/animal y 0,106 g de fósforo/día/animal, lo que generó valores de absorción verdadera de 52,00; 54,00; 55,2% en calcio y 50,00; 52,00; 51,19% en fósforo para T1, T2 y T3 respectivamente. Estos valores coinciden con los observados por Lopes y Perry [16] para el caso específico de la absorción verdadera del calcio (51,20%) y con los de Martínez y col. [17] referentes a esta misma variable para el fósforo (51,50%). En contraste Godoy [9] reporta 73,34% de absorción verdadera del fósforo presente en un fosfato dicálcico, con pérdidas endógenas de 0,64 g de fósforo/día, las cuales fueron determinadas por radioisótopos.

Con respecto a la absorción aparente de magnesio, T1 y T3 (58,45 y 60,04%, respectivamente) fueron superiores ($P < 0,01$) a T2 (41,80%), no existiendo diferencias entre los dos tratamientos señalados inicialmente. La excreción metabólica fecal de magnesio obtenida fue de 0,048 g/día/animal, lo cual originó valores de absorción verdadera de: 64,85; 48,78 y 66,26% para T1, T2 y T3. Los valores observados en la absorción aparente del magnesio son muy similares a los mostrados en la absorción verdadera, donde T1 y T3 superan ($P < 0,01$) a T2, no detectándose diferencias entre T1 y T3. En cuanto a la retención neta de magnesio, diferencias significativas son observadas ($P < 0,01$) a favor de los tratamientos T3 (38,85%) y T1 (37,20%) en comparación con el tratamiento 2 (14,69%). No se detectaron diferencias estadísticas entre T1 y T3. Los bajos valores de absorción aparente, absorción verdadera y retención neta de magnesio encontrados para T2, corrobora la escasa utilización biológica del magnesio presente en el fosfato dicálcico, lo cual puede ser atribuido a la presencia moderada

de carbonato de magnesio cálcico $(CaMg)CO_3$. El hecho de no observar diferencias significativas en las variables antes descritas para T1 y T3, sugiere una fuente común de magnesio en ambos tratamientos. Las fuentes principales de magnesio en la mezcla mineral completa utilizada en T3, está dada por el óxido de magnesio (MgO) y por el sulfato de magnesio (MgSO₄). De igual forma, en la elaboración de alimentos balanceados para pollos de engorde, las fuentes principales de magnesio, contenidas en el premix, son representadas por estas dos sales inorgánicas (MgO y MgSO₄), razón por la cual el magnesio presente en las excretas de las referidas aves estará en forma de MgO y MgSO₄. Tanto el sulfato de magnesio como el óxido de magnesio, exhibieron mejor biodisponibilidad en comparación con el $(CaMg)CO_3$ [1]. Los resultados de absorción aparente y verdadera para el magnesio de los tratamientos 1 y 3, concuerdan con los reportados por Ammerman y col. [1] y Hufstedler y Greene [12].

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten concluir que las excretas de pollos (yacija) y el fosfato dicálcico representan alternativas viables como fuentes principales de calcio y fósforo en la nutrición y alimentación de rumiantes. La escasa utilización biológica del magnesio presente en el fosfato dicálcico, tal como lo indicaron los bajos porcentajes de absorción aparente, absorción verdadera y retención neta de magnesio, observados en los animales suplementados con dicha fuente, permiten sugerir la incorporación de sulfato de magnesio y óxido de magnesio, que garantizaría un suministro adecuado y balanceado de este mineral. Debido al elevado costo que han experimentado las mezclas minerales completas, resulta conveniente continuar estudiando otras fuentes alternativas de minerales en función a: comportamiento biológico, factibilidad económica y accesibilidad en el mercado.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) por el financiamiento otorgado para la ejecución de la presente investigación. Al Personal del Centro Experimental de Producción e Industria Animal (CEPA), al personal de la Planta de Alimento y, del Laboratorio de Nutrición Animal, Cátedra Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de LUZ, por la colaboración prestada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMMERMAN, C.B.; CHICCO, C.F.; LOGGINS, P.E.; ARRINGTON, L.R. Availability of different inorganic salts of magnesium to sheep. *J. Anim. Sci.* 34: 122. 1972.

- [2] AMMERMAN, C.B.; FORBES, R.M.; GARRIGUS, U.S.; NEWMANN, A.L.; NORTON, H.W.; E.E. HATFIELD. Ruminant utilization of inorganic phosphates. **J. Anim. Sci.** 22: 890. 1963.
- [3] ASSOCIATION OF OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (AOAC). **Official Methods of Analytical.** 15th Ed. Washington DC: 480-520. 1990.
- [4] BHATTACHARYA, A.N.; TAYLOR, J.C. Recycling animal waste as a feedstuff: A review. **J. Anim. Sci.** 41: 1438-1452. 1975
- [5] CHICCO, C.F.; AMMERMAN, C.B.; VALSECCHI, R.M.; MARCILESE, N. A. Effect of dietary magnesium on calcium utilization by sheep. **Magnesium Bulletin.** 4:164. 1982.
- [6] COMBELLAS, J. **Alimentación de la vaca lechera en el trópico.** Maracay-Venezuela. 154 pp. 1986.
- [7] FIELD, A.C. Mineral and metabolic disorders of livestock with particular reference to copper, cobalt and phosphorus. In: Nuclear techniques in tropical animal diseases and nutritional disorders. **International Atomic Energy Agency.** Vienna. Austria. 20 pp. 1984.
- [8] FISKE, C.H.; SUBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. **J. Biol. Chem.** 66: 375-383. 1925.
- [9] GODOY, S. Fosfatos de yacimientos en la nutrición animal. (Tesis de Doctorado). Postgrado en Producción Animal. Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. 216 pp. 1997.
- [10] GOMIDE, J.A.; ZOMETA, T.A. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales. En: Simposium Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Universidad de Florida. Gainesville 39-45. 1978.
- [11] GUÉGUEN, L. Determination of availability feed mix. **Int. J. Feed Nutr. Tech.** 12-15. 1994.
- [12] HUFSTEDLER, G.D.; GREENE, L.W. Mineral and nitrogen balance in lambs implanted with zeranol. **J. Anim. Sci.** 73: 3785-3788. 1995.
- [13] LEDOUX, Y.C.; VEUM, T.L.; RABOY, V.; ERTL, D.S. Effects of low phytic acid corn on phosphorus utilization, performance, and bone mineralization in broiler chicks. **Poultry Science.** 79: 1444-1450. 2000.
- [14] LIMA, F.R.; MENDONCA JR, C.X.; ALVAREZ, J.C.; RATTI, G.; LENHARO, S.L.; GARZILLO, J.M. Chemical and physical evaluation of commercial dicalcium phosphate as sources of phosphorus in animal nutrition. **Poultry Science** 74: 1659-1670. 1995.
- [15] LITLEDIKE, E.T.; GOFF, J. Interactions of calcium, phosphorus, magnesium and vitamin D that influence their status in domestic meat animals. **J. Anim. Sci.** 65: 1727-1743. 1987.
- [16] LOPES, H.O.; PERRY, T.W. Effect of dietary phosphorus and roughage levels on calcium, magnesium and potassium utilization by sheep. **J. Anim. Sci.** 63: 1983-1989. 1986.
- [17] MARTINEZ DE ACURERO, M.; CAPO, E.; DE SAUME, L.; CHICCO, C.F.; GODOY DE LEON S.; QUINTANA, H. Evaluación de tres fuentes fosfórica en la suplementación de ovinos. **Zootecnia Tropical.** 5: 27- 39. 1987.
- [18] McDOWELL, L. R.; CONRAD, J.H.; HEMBRY, J.G.; ROJAS, L.X.; VALLES, G.; VELÁSQUEZ, J. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. **Animal Science Department.** Center for Tropical Agriculture. University of Florida. 2 edition. 77 pp. 1993.
- [19] MCGOWAN, A.A.; MATHEWS, G.L.; MOATE, P.J. Mineral balance of sheep fed pasture, tagasaste, or tagasaste with a mineral supplement. **Australian J. Experim. Agric.** 35: 51-54. 1995.
- [20] MIRANDA, S.G. Efecto de la suplementación mineral sobre el crecimiento, status de calcio, fósforo y magnesio en ovinos mestizos West-African. (Trabajo de Ascenso). LUZ. Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracaibo-Venezuela. 135 pp. 1997.
- [21] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of domestic animal. "**Nutrient requirements of sheep**". Fifth of National Academy of Sciences-NRC. Washington. D.C. 14-17. 1985.
- [22] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS® Procedures Guide.** Version 6, Third Edition. Cary. North Carolina. U.S.A. 705 pp. 1990.
- [23] THOMAS, F.M.; POTTER, B.J. The site of magnesium absorption from the ruminant stomach. **Br. J. Nutr.** 36: 37-45. 1976.
- [24] UNDERWOOD, E.J. The mineral nutrition of livestock. Second. Edition London: **Commonwealth Agriculture Bureau.** 17 pp. 1981.