

A. Menéndez- Buxadera¹, A. Molina¹, F. Arrebola², J.M. Serradilla³

¹ Grupo de investigación Meragem. Dpto. de Genética, Universidad de Córdoba. Campus Universitario de Rabanales. Edificio C5. Crt. Madrid-Córdoba km. 397 a, 14071 Córdoba. ge1moala@uco.es

² IFAPA. Centro de Hinojosa del Duque. Ctra. El Viso, km.2 - 14270 Hinojosa del Duque (Córdoba).

³ Dpto., de Producción Animal. Universidad de Córdoba, Campus Universitario de Rabanales.

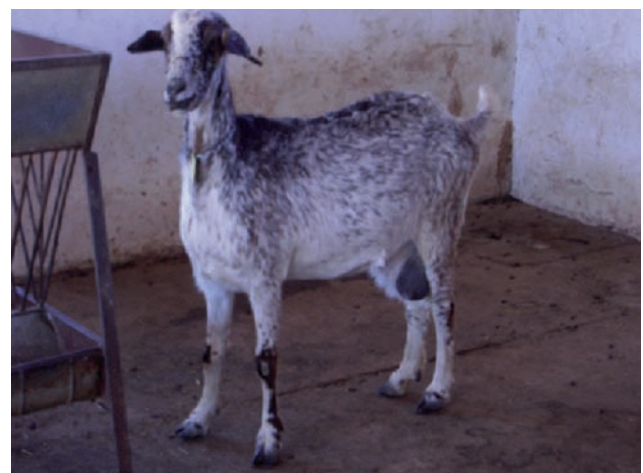
Propuesta de un nuevo método de valoración genética para las poblaciones caprinas con bajo porcentaje de filiaciones conocidas: Análisis comparativo de modelos con y sin matriz de parentesco, utilizando técnicas de regresión aleatoria

INTRODUCCION

Una gran proporción del ganado caprino en España se explota en sistemas de producción semiintensivos, o en sistemas intensivos caracterizados por sistemas de manejo tradicionales, que presentan múltiples dificultades técnicas y organizativas en lo que se refiere a la realización de los controles de rendimiento lechero y, muy particularmente, al control de las paternidades. Estas dificultades limitan la extensión de estos controles a un número mayor de rebaños y reducen su fiabilidad para ser utilizados en los programas de selección y su capacidad de tener un impacto significativo en la mejora genética de las razas. Por otra parte, la mejora genética de las razas autóctonas de caprino es un imperativo ineludible para que éstas sean rentables y se mantenga la producción caprina en algunas regiones en las que las cabras son un componente insustituible para mantener el equilibrio ambiental y representan la única fuente de ingresos posible para muchas personas. Sin embargo llama la atención el hecho de que en muchos de esos rebaños se lleva a cabo un control mensual de la producción de leche (CMPL) y sus componentes. Con frecuencia, estos CMPL se pueden utilizar como apoyo técnico

para la gestión del manejo del rebaño, pero con la metodología de valoración genética actualmente en uso no es posible utilizarlos en los programas de selección al carecer de datos de parentesco fiables.

A mediados del siglo pasado Lush propuso un método simple para evaluar los animales con controles de rendi-



miento pero con nulo o escaso conocimiento de sus parentescos, que generaba un valor conocido como Mérito Productivo Más Probable (MPMP). En este procedimiento se aprovechan todos los registros de producción disponibles de cada hembra para dar lugar a un valor expresado como desviación de sus contemporáneas, que se obtiene ponderándolo por el número de registros del animal y por el valor de un parámetro denominado repetibilidad. En la actualidad existen procedimientos, como el BLUP modelo animal, para una evaluación mucho más precisa, pero que requieren un buen conocimiento de la genealogía. En el caso de carecer de suficiente nivel de conocimiento de las filiaciones, existe hoy día una potente metodología genético-estadística que puede extraer el máximo de información de los controles a través de la utilización de las relaciones de covarianza entre los controles mensuales de cada lactación aplicando una filosofía de trabajo basada en la clásica del MPMP.

Se van a exponer a continuación los resultados de un trabajo desarrollado con el objetivo de comparar la evaluación de los animales, realizada siguiendo esta nueva metodología basada en el MPMP (MPMPM modificado) sin conocimiento de las relaciones de parentesco entre ellos, con la valoración genética realizada con un modelo animal completo en el que se conocen dichas relaciones de parentesco. En ambos casos se empleó un procedimiento de regresión aleatoria (RR) para medir la evolución del potencial productivo de cada animal en toda la trayectoria de la duración de la lactación. Esta metodología es actualmente la más empleada en ganado vacuno lechero y ha demostrado una superioridad neta sobre los métodos que utilizan la producción acumulada, parcial o total, en una o varias lactaciones. Nuestro equipo ha puesto a punto y aplicado esta metodología para la evaluación genética de cabras de la raza Murciano-Granadina (resultados pendientes de publicación).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se utilizó una base de datos de la raza Murciano-Granadina, registrados en 25 rebaños del núcleo de control de rendimiento lechero Capri-Covap (en el Valle de los Pedroches – Córdoba), con un total de 71.454 controles mensuales de producción de leche (CMPL), y de los contenidos (%) de grasa, proteína y extracto seco, realizados entre Enero del año 2000 y agosto del año 2006 en un total de 4.358 cabras. Antes de su utilización en el presente trabajo, se llevó a cabo un proceso de edición, eliminándose aquellos controles anteriores a los primeros 7 días post parto y aquellos con más de 320 días de lactación, así como un número de partos mayor de 5. Se eliminaron también todos aquellos registros que caían fuera de los límites normales de variación de los caracteres considerados. Los datos se agruparon en semanas, entre 1ª y la 45ª, de forma que cada segmento de la curva estuviese representado por un número suficiente de registros. Tras este proceso de edición quedaron disponibles los resultados de 63.640 CMPL de 20 rebaños, pertenecientes a 5.163 animales hijas de 2.086 madres de las cuales 1.554



estaban representadas en el vector de datos con 29.868 registros, los animales eran las progenies de 206 sementales. El pedigrí fue confeccionado con toda la información disponible con un total de 6.037 animales.

A esta base de datos se le aplicaron dos Modelos de Regresión Aleatoria mediante el uso del software ASREML desarrollado por Gilmour *et al.* (2000). Ambos contenían los mismos efectos ambientales fijos (rebaño-año-fecha de control mensual); pero en uno de ellos, que se denominó modelo de regresión genético (MRG), se incorporó la matriz de parentescos entre todos los animales (A), mientras que en el otro, denominado modelo de regresión repetibilidad (MRP), no se consideró dicha matriz. Con el primero se obtiene una estima de los valores genéticos (VG) de cada animal (incluyendo machos y animales sin rendimientos controlados pero emparentados con animales con registros de producción) que, cuando se refiere a la producción total por lactación, es equivalente al valor genético obtenido usualmente en los programas de selección con el BLUP modelo animal. Con el segundo se obtiene una estima del mérito productivo más probable modificado (MPMPM) explicado anteriormente.

Para abreviar, solamente se presentarán los resultados correspondientes a las producciones acumuladas hasta 120 y hasta 240 días de lactación (17 semanas y 35 semanas respectivamente) así como los correspondientes resultados de las componentes de varianza en esos mismos puntos de la lactación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra estudiada manifiesta una adecuada distribución a todo lo largo de la trayectoria de la lactación, con más de 1.000 registros de CMPL en cada punto hasta la semana 35, para después decrecer hasta el fin de la lactación considerada. La producción de leche presenta la típica forma de la curva de lactación caprina con un pico entre las semanas 6 y 7, con un valor medio de producción de leche de 2.67 kg/día. En cuanto a las componentes de la leche consideradas, varían mucho menos que la producción a lo largo de la lactación y presentan los niveles más bajos también entre las semanas 6 y 7.

En la Tabla 1 se muestran las estimaciones de los parámetros de heredabilidad (h^2) y repetibilidad (R) obtenidos según el modelo MRG y los valores de R obtenidos con el modelo MRP. Los valores de R según MRG fueron en todos los casos ligeramente superiores a los estimados con el modelo MRP. Ambos valores de R son superiores que los de h^2 , en correspondencia con lo esperado. En términos generales los parámetros para

cada uno de los 4 caracteres estudiados fueron superiores a los publicados para esta misma raza (Analla y col., 1996; Delgado y col., 2006), aunque están dentro del rango de las referencias internacionales sobre el tema (ver Olivier et al., 2005). Estos resultados demuestran, como era de esperar, que el uso de la matriz de parentesco brinda mejores propiedades y precisión de los parámetros estimados.

Tabla 1: Estimaciones de heredabilidad y repetibilidad de la producción de leche acumulada (Kg) y sus componentes (%) en cabras Murciano-Granadina, según dos modelos de regresión aleatoria, con y sin matriz de parentesco*.

Carácter	A 120 días de lactación		A 240 días de lactación	
	Heredabilidad	Repetibilidad	Heredabilidad	Repetibilidad
Leche	0.30	0.68 (0.60)	0.25	0.64 (0.61)
Grasa	0.21	0.34 (0.30)	0.24	0.39 (0.34)
Proteína	0.40	0.60 (0.54)	0.32	0.63 (0.56)
Extracto Seco	0.23	0.37 (0.33)	0.28	0.41 (0.33)

* Los valores entre paréntesis corresponden al modelo de regresión aleatoria sin matriz de parentesco.

El valor de R no debe interpretarse formalmente como un parámetro genético. Sin embargo, puede emplearse para predecir el comportamiento futuro del animal en función del resultado actual. En términos prácticos, esto implica que seleccionando de acuerdo a éstos valores de MPMPM es posible esperar cambios en los caracteres considerados. Para verificar que esto es cierto es necesario conocer el grado de relación entre los valores de VG y los de MPMPM estimados por ambos modelos (Tabla 2).

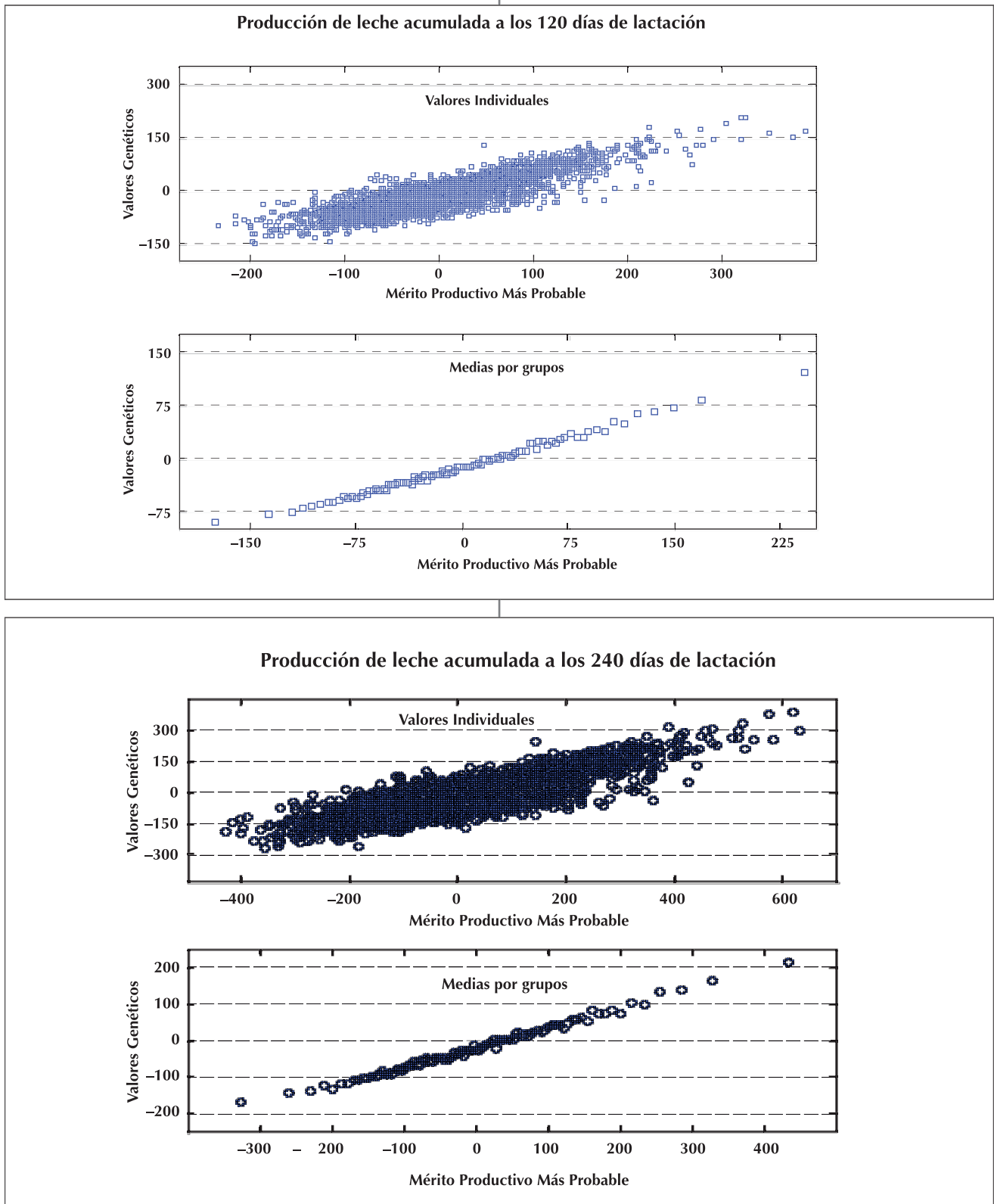
Tabla 1: Correlación simple entre los valores genéticos (VG) de las cabras Murciano-Granadinas, estimados según modelo de regresión aleatoria, y los Méritos Productivos Más Probables Modificados* (MPMPM), estimados con el mismo modelo pero sin matriz de parentesco, para la producción de leche acumulada a los 120 y a los 240 días de lactación

Carácter	A 120 días de lactación	A 240 días de lactación
Leche	0.860	0.861
Grasa	0.896	0.859
Proteína	0.895	0.834
Extracto Seco	0.917	0.848

Todas las correlaciones entre las estimaciones a 120 días de lactación son ligeramente superiores en comparación a las correspondientes a la producción a 240 días de lactación, aunque el patrón general es positivo y muy cercano a 1. Estos resultados implican que la selección basada en la evaluación del MPMPM de los animales, estimados sin tomar en cuenta la matriz de parentesco (modelo MRP), puede producir una respuesta genética. Esta respuesta a la selección no será óptima, ya que deben esperarse algunos cambios en el orden de mérito de los animales cuando se comparen con los resultados obtenidos con los VG con el modelo con matriz de parentesco, pero si significativa y, consecuentemente, generará beneficios económicos importantes a los criadores.

Para comprobar esta última afirmación, se representaron los resultados del MRG, que representan 'la mejor predicción no sesgada' del mérito genético aditivo de cada animal (VG), frente a los resultados del MRP, que deben interpretarse como 'el mejor estimador' del mérito productivo más probable (MPMPM) de cada animal. El conjunto de estos pares de datos fue ordenado según el valor individual de MPMPM y se confeccionaron grupos de pares de valores VG-MPMPM pertenecientes al mismo percentil (100 grupos de 51 animales cada uno). Posteriormente se estimó la media de los valores de VG y de MPMPM de todos los animales de cada grupo, representándose los resultados obtenidos para la producción de leche a 120 y 240 días de lactación en la Figura 1.

Figura 1: Diagramas de dispersión de los valores genéticos (VG) de las cabras Murciano-Granadinas, estimados según modelo de regresión aleatoria, frente a los 'Méritos Productivos Más Probables Modificados*' (MPMPM), estimados con el mismo modelo pero sin matriz de parentesco, para la producción de leche acumulada a los 120 y a los 240 días de lactación. (Las 'medias por grupos' son valores medios de los VG y de los MPMPM de los grupos de cabras que constituyen los percentiles de la distribución de valores de MPMPM).



En estos diagramas se observa como los mejores animales según el MPMPM son también los mejores según VG. Prácticamente se establece una línea recta entre las medias de los VG (modelo MVG) y las de los MPMPM (modelo MMPMPM) de cada grupo. Las ecuaciones de regresión entre ambos en este caso fueron:

$$\text{MVG}_{120} = -12.33 + 0.543 * \text{MMPMP}_{120} : R^2 = 0.991$$

$$\text{MVG}_{240} = -20.28 + 0.538 * \text{MMPMP}_{240} : R^2 = 0.990$$

El coeficiente de determinación de ambas ecuaciones es muy elevado (>99%), lo que indica una estrecha relación entre ambas variables. Este resultado puede ser extremadamente útil en el proceso de selección de estos rebaños, donde no existe control de paternidad.

Para ejemplificar el potencial del valor MPMPM para ser utilizado en el proceso de selección en el caprino Murciano-Granadino (y en general en cualquier raza con esca-

sa utilización de la inseminación artificial o la monta dirigida), se compararon dos alternativas:

- A: Se seleccionaron el 20% de las cabras con los menores valores de MPMPM (se asume que son candidatos a eliminación), estimándose los valores medios, tanto de los MPMPM como de los VG, de las cabras eliminadas y del 80% restante (población seleccionada), así como las diferencias entre la media de la población y la media de los animales eliminados (D) y entre la media de la población y la media de los animales seleccionados (R) y la relación entre ambos valores (R/D).
- B: Se llevó a cabo el mismo proceso, pero esta vez seleccionando el 20% de las cabras con los valores menores de VG.

La comparación de ambas estimaciones para la producción de leche a 120 y 240 días de lactación se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3: Resultados comparativos de un proceso de selección basado en el Mérito Productivo Más Probable Modificado (MPMPM) o en el Valor Genético (VG) de 5.163 cabras de la raza Murciano Granadina

	Leche a 120 días de lactación		Leche a 240 días de lactación	
	Selección en base a:		Selección en base a:	
	MPMPM	VG	MPMPM	VG
Media de los Animales Eliminados (20%)				
Para MPMPM	-84.5	-73.5	-167.7	-139.3
Para VG	-59.6	-69.5	-109.1	-126.3
Media de los Animales no eliminados (80%)				
Para MPMPM	21.1	17.1	39.6	32.5
Para VG	-1.2	1.2	0.7	4.9
Cambio esperado en la Media de la Población –R–				
Para MPMPM	20.1	16.1	41.5	34.4
Media de VG	11.7	14.1	22.0	26.2
Diferencial de Selección Aplicado –D–				
Para MPMPM	83.5	72.5	165.8	137.4
Para VG	46.7	48.6	87.1	105.0
Relación R/D				
Para MPMPM	0.241	0.222	0.250	0.250
Para VG	0.250	0.290	0.253	0.250
Media Poblacional antes de la Selección				
	-1.0	-12.9	-1.9	-21.3

La eficiencia de esta simple comparación debe medirse respecto a los resultados de la alternativa B (aquella basada en el VG de los animales). En tal sentido debe resaltar-se varios aspectos:

La selección negativa de cabras (eliminación de los animales de menor valor genético) de acuerdo a MPMPM produce cambios positivos en la media del VG de la población para ambos rasgos en correspondencia con los resultados esperados.

Los cambios en la media de la población por el proceso de selección según MPMPM son 16% a 17% inferiores a los resultados esperados utilizando el valor VG.

Lo anterior muestra la validez de la utilización del MPMPM en el caso de escasa fiabilidad de las paternidades, pudiendo atenuarse en gran medida el efecto negativo sobre la selección de la ausencia de control de paternidad, ya que se puede lograr alrededor del 85% de la respuesta a la selección que se obtendría con un modelo genético completo con datos genealógicos.

Lo expuesto no debe interpretarse como que se pretende sustituir el sistema de control de paternidad, sino que el procedimiento planteado es una alternativa a una situación donde resulta muy difícil o muy costoso el registro de esta información. Por supuesto, en el caso de que en una población el nivel de certidumbre de la filiación sea elevado, la valoración debe ser realizada mediante métodos que aprovechen la matriz de parentesco, como es el caso del BLUP, o lo que es hoy en día es más aconsejable, la Regresión Aleatoria.

CONCLUSIONES

Todos los resultados alcanzados son coherentes y apuntan en el sentido de que en las condiciones de los sistemas de control de rendimiento lechero de la mayoría de razas españolas, en las cuales no se realiza un control exhaustivo de la paternidad de los animales, es factible aplicar un modelo de regresión aleatoria y evaluar los animales según el Mérito Productivo Más Probable Modi-



ficado (MPMPM). Este procedimiento puede representar una herramienta muy útil para la mejora de la raza en general y el incremento de la productividad de los rebaños en particular.

AGRADECIMIENTOS

Parte de los ejemplos incluidos en este trabajo han sido obtenidos en el ámbito del proyecto de investigación INIA-RTA-03085 (Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias del INIA). Nuestro agradecimiento al personal técnico de TECNOCOVAP, y al grupo de productores de caprino CAPRICOVAP y a la Asociación Nacional de Criadores de Cabras Murciano-Granadinas con sede en Albolote (Granada), por la cesión de los controles productivos y genealógicos y la ayuda en la depuración de los mismos.

REFERENCIAS

- Analla M., I. Jiménez-Gamero, A. Muñoz-Serrano, J.M. Serradilla and A. Falagan, 1996. Estimation of genetic parameters for milk yield and fat and protein contents of milk from Murciana-Granadina goats. *J. Dairy Sci.*, 79: 1895-1898.
- Delgado J.V., J.M. León, L.T. Gama, J. Lozano, J. Quiroz and M.E. Camacho, 2006. Genetic parameters for milk yield traits in Murciano Granadina goats in the high lands. 8th World Cong. Genet. Appl. Livest. Prod. August 13-18, Belo Horizonte MG. Brasil, 3 pag.
- Gilmour, A. R., B. R. Cullis, S. J. Welham and R. Thompson. 2000. ASREML Reference Manual. NSW Agric. Biom. Bull. NSW Agriculture, Locked Bag, Orange, NSW 2800, Australia.
- Olivier J.J., S.W.P. Cloete, S.J. Scheman and C.J.C. Muller, 2005. Performance testing and recording in meat and dairy goats. *Small Rum. Res.* 60: 83-93.