



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

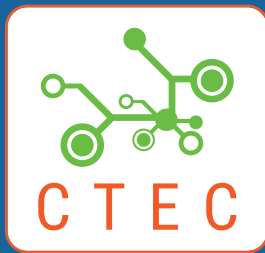
VICERRECTORADO ACADÉMICO

DIRECCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES

MEMORIA DE ARTÍCULOS

DOMINIO 8

NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS AL TERRITORIO



**I Congreso Internacional de Ciencia
y Tecnología UTMACH 2015**





I CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA UTMACH 2015

Memoria de Artículos

centro_de_investigaciones@utmachala.edu.ec



USO DE SENSORES DE EFECTO HALL PARA REGISTRAR LA CINÉTICA DE EMISIÓN DE LECHE: CASO DE ESTUDIO AUTOMATIZACIÓN DEL WB MINI-TEST EN GANADO CAPRINO

Fernando Juan García Diego ¹, Ángel Sánchez Quinche³, Paloma Merello ^{1,2}, Pedro Beltrán ¹, y Cristófol Peris ²
 Universitat Politècnica de Valencia ¹
 Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (IVC+R) ²
 Universidad Técnica de Machala ³
 arsanchez@utmachala.edu.ec

RESUMEN

Se ha diseñado un equipo con sensores de efecto Hall que, instalado en los medidores proporcionales WB Mini-Test, nos permite registrar automáticamente la cinética de emisión y la producción total de leche ordeñada en ganado caprino. El sistema electrónico es de bajo costo (alrededor de 80 euros de material) y ha superado las dificultades que existen en este tipo de medidas (efecto de la composición de la leche, presencia de espuma, transportable, temperatura, lavado etc.). Con la normalización de los datos y, una de las dos calibraciones creadas, se logró una muy buena estimación ($R^2 = 0,9992$; error estándar de estimación = 29,8 ml). El hecho de que el error de estimación no variara según el día y el juego de ordeño, y presentara diferencias de pequeño orden según el volumen de la leche ordeñada, sugiere que podría ser utilizado en el control lechero de las explotaciones de ganado caprino.

Palabras clave: Sensores de efecto Hall, cinética de emisión de leche, regresión múltiple, la posición del imán lineal.

ABSTRACT

We have designed a team with Hall effect sensors, meters installed in proportional WB Mini-Test allows us to automatically record the emission kinetics and the total milk production in goats milked. The electronic system is inexpensive (about 80 euros of material) and has overcome the difficulties that exist in this type of measures (effect of the composition of milk, the presence of foam, transportable, temperature, washing etc.). With the standardization of data, one of the two calibrations created a very good estimate (standard error of estimate = 29.8 ml $R^2 = 0.9992$) was achieved. The fact that the estimation error does not vary depending on the day and the game of milking small differences and present order of the volume of milk obtained, suggesting it could be used in dairy farms control goats.

Keywords: Hall sensors, milk emission kinetics, multiple regression, the linear position of the magnet effect.

INTRODUCCIÓN

El sector caprino en España tiene una fuerte implantación en el sur de la península y Canarias, es el segundo país en importancia dentro de la UE, ya que se producen anualmente más de 420 millones de kilogramos de este tipo de leche y existe un censo de más de dos millones de cabras reproductoras (www.marm.es, 2010). Además, podemos destacar que este censo corresponde casi exclusivamente a razas autóctonas, entre las cuales destaca la raza Murciano-Granadina (MG), ya que es, cuantitativamente, la raza caprina de aptitud láctea más importante de España.

En los programas de mejora también suelen estudiarse otros caracteres, algunos de estos son: la fertilidad de las cabras, la susceptibilidad a la mamitis, la morfología mamaria y, finalmente, la cinética de emisión de leche o velocidad de ordeño.

Aunque no es deseable que los animales tengan un bajo flujo de leche, nuestro objetivo tampoco ha de ser buscar flujos demasiado elevados ya que podrían estar asociados a una mayor susceptibilidad frente a infecciones intramamarias (vacuno: Grindal y col., 1991), (ovino: Barillet, 2001).

Cinética de emisión de leche

En general, el ganado caprino presenta una elevada variabilidad individual con respecto a la aptitud al ordeño y, en particular, en la cinética de emisión de la leche. Esta variabilidad hace del ganado caprino un excelente modelo para llevar a cabo estudios zootécnicos, genéticos y fisiológicos en torno a la glándula mamaria (Marnet y col., 2001). Los resultados publicados en la raza Murciano-Granadina (Peris y col., 1996), (Peris y col., 1999), (Garcés y col., 2000), (Martí y col., 2008), (Vidal y col., 2008) también coinciden en encontrar una amplia variabilidad individual en la cinética del ordeño.

El comité internacional para el registro de datos animales (ICAR)

El ICAR es un organismo internacional no lucrativo que pretende promover el desarrollo y la mejora del registro de datos de producción animal. Desde este organismo se establecen definiciones y normas que deberían cumplir los medidores que se utilizan comercialmente. En concreto, ICAR establece que la media y la desviación estándar del error de medida (referencia- medidor) debe ser inferior al 3% y al 5%, respectivamente (ICAR, 2013).

Los medidores de leche

En la actualidad se comercializan los siguientes tipos de medidores:

- Medidores porcentuales o proporcionales, como el WB Mini-Test, Waikato MK V (QCS, 2013).
- Medidores electrónicos, como el Lactocorder®, MM25SG, Afifree, Afifree 155, Afifree 155i (QCS, 2013).
- Medidores volumétricos, como ejemplo el Esneder 900001 para ovejas (Esneder®, Industrias Berango S.L., Bizcaia-Spain).
- Por peso, montaje rígido JARS y escalas (QCS, 2013).

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En la actualidad, existe un gran interés en automatizar las mediciones de caudal y de producción total de leche en el ordeño del ganado caprino. Con el registro de flujo de leche es posible caracterizar la cinética de emisión de leche, aspecto de interés fisiológico (Billon y col., 1999), que tradicionalmente ha sido realizado de forma manual (Ricordeau y col., 1963). Además, el control de la producción total de leche por animal, variable fundamental en los planes de mejora genética (Barillet, 2007), se lleva a cabo por los organismos oficiales de control lechero utilizando medidores volumétricos, proporcionales o equipos electrónicos.

La automatización del registro de la producción de leche en pequeños rumiantes puede ser una manera de reducir los costos y errores humanos (Ilahi y col., 1999), ocasionados por el gran número de animales ordeñados y la rapidez con que se realiza el control. Aunque existen varios medidores automáticos aprobados por ICAR para el ganado caprino, que registran el flujo y la producción de leche, en numerosos países (como España) apenas se utilizan por los organismos oficiales de control lechero, ya sea porque son fijos y no se pueden transportar rutinariamente a las granjas (Afifree, MM25SG), o debido a su alto coste (Lactocorder = unos 2000 euros).

El objetivo de este trabajo fue el diseño de un medidor de nivel, de bajo coste, para ser utilizado en combinación con el medidor proporcional WB Mini-Test, que permita el registro del caudal y la producción total de leche en el ordeño de las cabras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del automatismo

Matriz de sensores

El sensor de efecto Hall elegido fue el A1301 (Allegro, 2013), estos dispositivos tienen una tensión de salida de reposo (2,5 V en nuestro caso), que es la mitad de la tensión aplicada (5V). El sensor posee

una sensibilidad de salida de 2,5 mV/G.

Se construyó una matriz de 24 sensores (A1301), colocados con una separación lineal de 8 mm Figura 1. La longitud total de la matriz de sensores fue de 194 mm. Debido a razones de construcción, el sensor superior se colocó cerca del borde del dispositivo de medición proporcional. Figura 2.

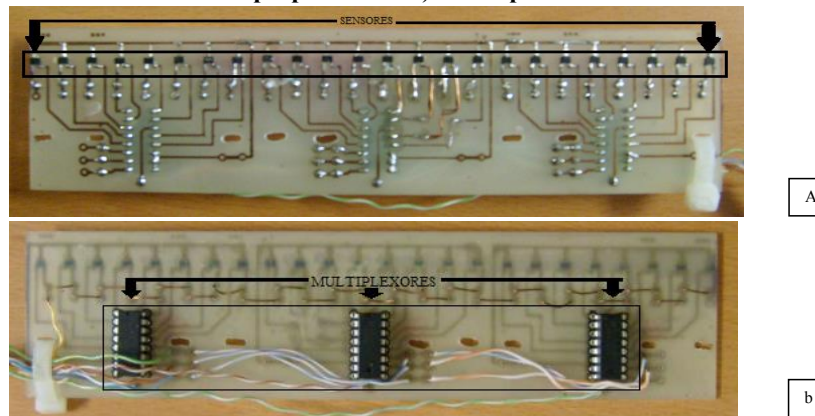
En la Figura 3 se muestra un esquema de los componentes electrónicos utilizados. Las señales de los sensores se multiplexan con cuatro multiplexores de 8 canales analógicos (4051N) con la intención de obtener una única señal. A continuación, esta última es acondicionada utilizando cuatro amplifi-

cadore operacionales (LM324) que se conectan en el siguiente orden: el primero como un seguidor de voltaje, el segundo resta 2,2V a la señal de entrada, el tercero multiplica esta segunda señal por 4 y el último es un seguidor de voltaje. La señal analógica es leída por un ADC de 10-bit (Convertidor Analógico a Digital), de un microcontrolador ATMEGA168 (Atmel, San José, California). Se utilizan cinco pines digitales del microcontrolador para gestionar los multiplexores.

Imán y flotador

Para crear el campo magnético se utilizó un imán de Neodimio, en forma de cilindro (5 mm de diámetro

Figura Matriz de sensores. a) Parte de la matriz que está en contacto con la cara externa del medidor proporcional. b) Parte posterior de la matriz



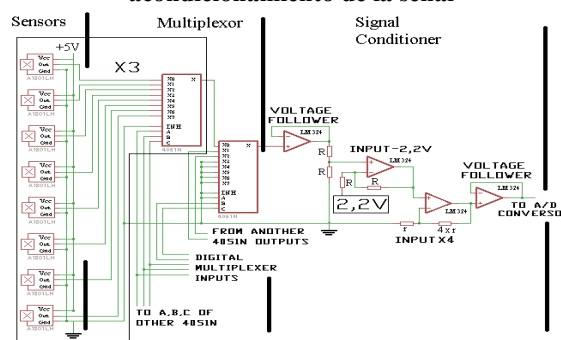
Elaboración propia: Sánchez y col., (2014)

Figura 2. Fotografías del sistema electrónico y de su ubicación en el medidor proporcional, a) una vista de frente, b) vista posterior, mostrando parte de la matriz de sensores de efecto Hall, c) vista lateral



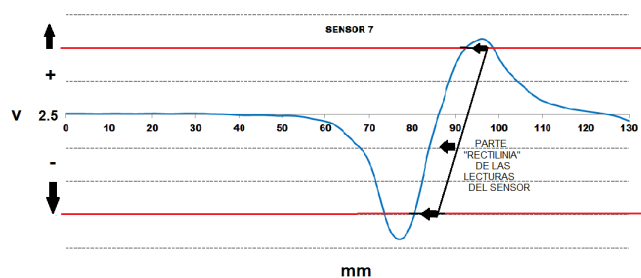
Elaboración propia: Sánchez y col., (2014)

Figura 3. Esquema electrónico de la matriz de sensores, multiplexación y acondicionamiento de la señal



Elaboración propia: Sánchez y col., (2014)

Figura 4. Ejemplo de lecturas del sensor (voltios) según la posición (mm) del flotador



Elaboración propia: Sánchez y col., (2014)

y 8,47 mm de altura) y 1,3 g en peso. Dos de estos imanes se incrustaron dentro de un dispositivo flotante cilíndrico de PVC (50 mm de diámetro y 21 mm de alto) de 23,1 g de peso (peso total -flotador+ 2 imanes- de 25,7 g). El campo magnético creado por un imán ha sido descrito por (Ravaud y col., 2008), (Lemarquand y col., 2009). En nuestro caso, sólo estamos interesados en la componente radial del campo magnético, el cual afectará al flujo del campo magnético que atraviesa a un sensor. Un resultado del sensor superior a 2,5 V se obtiene cuando el imán supera el sensor, y un voltaje de menos de 2,5 V se obtiene cuando el imán está por debajo del sensor, como se muestra en la Figura 4.

Medidor proporcional WB Mini-Test (Tru Test)

Este medidor recoge una proporción de la leche ordeñada (sobre 1/18,3) de un animal en un recipiente cilíndrico (52,8 mm x 167 mm), con una capacidad aproximada de 300 ml. El operario realiza una lectura visual en una escala graduada (escala roja para cabras, negra para vacas) para obtener una estimación de la producción de la leche total ordeñada. La escala roja del medidor proporcional posee una longitud de 140 mm y permite registrar un volumen de leche ordeñada desde 0,1 a 5,5 litros.

Características de la máquina de ordeño y de los animales utilizados

La validación (tercer experimento) se llevó a cabo en la granja experimental de la Universitat Politècnica de Valencia. Se utilizó una sala de ordeño (2x12) con 6 juegos de ordeño (Almatic™ grupo G50, Delaval Agri, Tumba, Suecia) y una tubería de leche a 1,0 m por encima de la plataforma (línea media). Los parámetros de ordeño fueron: frecuencia o velocidad de pulsación = 90 por minuto, nivel de vacío de 40 kPa, y relación de pulsación del 60%. Las cabras utilizadas eran de raza Murciano-Granadina, el número de lactación variaba de 1 a 4, todas se encontraban entre el 6º y 8º mes de lactación y se ordeñaban una sola vez al día. Su nivel productivo variaba entre 1 y 2,5 litros de leche.

Tratamiento de los datos y análisis estadístico

Después de la digitalización realizada por el microprocesador, la señal de los sensores (0 a 5 V) se transforma en un valor proporcional entre 0 y 1023 (10-bit= 210), de modo que el 0 corresponde a una lectura de 0 voltios y el 1023 a 5 V. A continuación estos datos digitalizados se sometieron a una normalización por filas (los registros obtenidos por todos los sensores en un instante dado). Para ello, al valor de cada sensor se le resta la media de la fila y se divide por la desviación estándar de la fila. De este modo se obtiene una nueva variable aleatoria con una distribución Normal (0.1). Este tipo de pre tratamiento de los datos también ayuda a reducir algunos tipos de multicolinealidad (Kutman y col., 2005) y suele utilizarse en los trabajos de análisis multivariante para el control de los procesos químicos (Gallagher y col., 1996), (García y col., 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

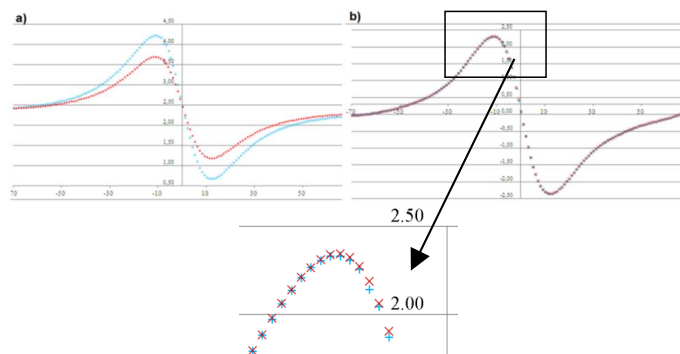
Efecto del tratamiento térmico del imán

El análisis estadístico de los datos, tras su normalización, mostró que el efecto del tratamiento térmico del imán (variable dummy) no fue significativo ($p > 0.05$). En la Figura 5 se han representado las lecturas del imán con y sin tratamiento térmico a partir de los datos "crudos" obtenidos de los sensores (Figura 5a) y de los datos después de haber sido normalizados (Figura 5b).

Figura N° 5. a) Potencial en voltios (eje vertical) como función de la posición (mm) del imán con respecto a un sensor en el centro de la matriz (eje horizontal). Gráfico en azul corresponde al imán sin tratamiento térmico, el rojo corresponde al imán con tratamiento térmico. b) Valor normalizado del potencial para el imán sin tratamiento térmico (azul) y tratado (rojo). Un valor de cero en el eje horizontal indica la coincidencia de posiciones (posición del sensor igual a la posición del imán). Hemos hecho un zoom para ver la diferencia entre ambos puntos

Obtención de las calibraciones A y B

Figura 5. a) Potencial en voltios (eje vertical) como función de la posición (mm) del imán con respecto a un sensor en el centro de la matriz (eje horizontal). Gráfico en azul corresponde al imán sin tratamiento térmico, el rojo corresponde al imán con tratamiento térmico. b) Valor normalizado del potencial para el imán sin tratamiento térmico (azul) y tratado (rojo). Un valor de cero en el eje horizontal indica la coincidencia de posiciones (posición del sensor igual a la posición del imán). Hemos hecho un zoom para ver la diferencia entre ambos puntos



Elaboración propia: Sánchez y col., (2014)

Los resultados de la calibración A, basada en una única ecuación de regresión múltiple para todo el ordeño, teniendo en cuenta las lecturas simultáneas de todos los sensores. El modelo fue significativo ($P < 0,001$), con un coeficiente de determinación (R^2) de 99,86% y un error estándar de la estimación de 1,43 mm.

Para poder concretar el algoritmo de la calibración B, previamente se representaron las lecturas normalizadas de todos los sensores a lo largo del proceso de calibración Figura 6 observándose que:

Figura N° 6. Ejemplo de lecturas normalizadas de los sensores (cada línea) según la posición (mm) del flotador. Estos datos representan sólo una de las 5 calibraciones realizadas

En cada sensor i la fase rectilínea se podía detectar automáticamente cuando se cumplían simultáneamente tres condiciones:

- La lectura del sensor i debía estar entre -3 y $+2$
- La lectura del sensor $i-1$ debía ser superior a $+0,5$
- La lectura del sensor $i+1$ debía ser inferior a $-0,5$

La fase rectilínea de todos los sensores era paralela. Por este motivo se calculó una pendiente media para todos los sensores. Para ello, en cada lectura del sensor se recalculó la altura del flotador (Altura0), referenciándolo a la altura que tenía el flotador cuando se inició la fase rectilínea (ej. si en un sensor i , la altura en la primera lectura de la fase rectilínea fue de 124 mm, esta se transformó en 0, y las alturas pos-

teriores se calcularon respecto a este 0; por ejemplo 130 mm se recalculó como 6 mm de Altura0). Obteniéndose la siguiente ecuación:

$$\text{Altura0} = 5,47 + 2,17 * \text{Lectura Sensor}$$

El modelo fue significativo ($P < 0,001$), con un coeficiente de determinación (R^2) de 97,4%, y un error estándar de la estimación de 0,77 mm.

A continuación la altura estimada, en valor real, se calculó como:

$$\text{Altura estimada} = \text{Altura0} + 8 * (\text{N}^\circ \text{ sensor} - 1)$$

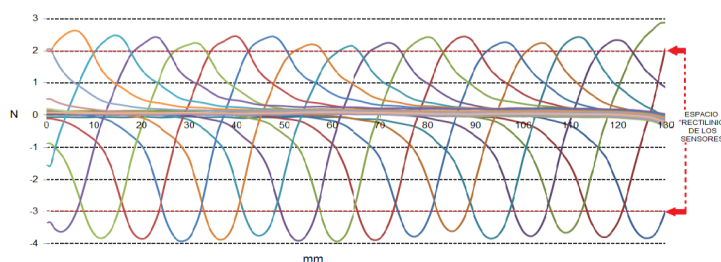
Es decir, se aumentaron 8 mm en cada sensor (estaban situados cada 8 mm). La regresión entre las alturas de referencia y las alturas estimadas fue significativa ($p < 0,001$) y presentó un R^2 de 0.9998 y un error estándar de estimación de 0,53 mm.

Validación en granja de las calibraciones A y B

En la Tabla 1 se presentan los valores medios del ERROR de estimación (referencia-estimado) del volumen de leche con las calibraciones A y B. Se aprecia que la calibración B presentó mejores resultados, ya que tuvo un error medio de tan solo 25 ml y una desviación estándar de 31,86 ml; los errores máximos fueron de -136 y +169 ml. Respecto a la calibración A, el ERROR obtenido fue excesivo, especialmente por la gran variabilidad observada (elevada desviación estándar: 79 a 236 ml). En este caso no cumpliría los criterios del ICAR respecto a la DS Tabla 1, ya que en casi todos los tramos de volumen la DS fue $> 5\%$ de la producción media.

D.EST.= desviación estándar; VOL.= volumen; Mín.= valor mínimo ; Máx.= valor máximo

Figura 6. Ejemplo de lecturas normalizadas de los sensores (cada línea) según la posición (mm) del flotador. Estos datos representan sólo una de las 5 calibraciones realizadas



Elaboración propia: Sánchez y col., (2014)

Tabla 1. Errores de medida del volumen de leche (Referencia-estimada) obtenidos en la validación de las calibraciones A y B, separados por tramos del volumen medido.

a) Calibración A

| Volumen (ml) | N | MEDIA (ml) | MEDIA/VOL. (%) | D. EST. (ml) | D. EST. /VOL. (%) | Mín. (ml) | Máx. (ml) | NIV. SIG. |
|--------------|-----|------------|----------------|--------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| <500 | 101 | 269 | 107,60 | 136,33 | 54,53 | 20 | 500 | *** |
| 500-1000 | 107 | 361 | 48,13 | 79,14 | 10,55 | 128 | 550 | *** |
| 1000-2000 | 291 | -24 | -1,60 | 192,53 | 12,84 | -473 | 342 | * |
| 2000-3000 | 176 | -15 | -0,60 | 115,24 | 4,61 | -283 | 315 | NS |
| >3000 | 132 | -86 | -2,46 | 267,19 | 7,63 | -593 | 650 | *** |
| TOTAL | 807 | 55 | - | 236,06 | - | -593 | 650 | *** |

Elaboración propia: Sánchez y col., (2014)

b) Calibración B

| Volumen (ml) | N | MEDIA (ml) | MEDIA/VOL. (%) | D. EST. (ml) | D. EST. /VOL. (%) | Mín. (ml) | Máx. (ml) | NIV. SIG. |
|--------------|-----|------------|----------------|--------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| <500 | 101 | 5 | 2,0 | 49,38 | 19,75 | -136 | 94 | NS |
| 500-1000 | 107 | 27 | 3,6 | 31,12 | 4,15 | -50 | 149 | *** |
| 1000-2000 | 291 | 16 | 1,1 | 22,98 | 1,53 | -38 | 169 | *** |
| 2000-3000 | 176 | 35 | 1,4 | 24,17 | 0,97 | -83 | 127 | *** |
| >3000 | 132 | 48 | 1,4 | 22,60 | 0,65 | -6 | 133 | *** |
| TOTAL | 807 | 25 | - | 31,86 | - | -136 | 169 | *** |

Elaboración propia: Sánchez y col., (2014)

NIV. SIG. = si la media del error difiere significativamente de 0. * $p < 0.05$ *** $p < 0.001$

MEDIA/VOL. : si es $< 3\%$ cumple criterio ICAR

D. EST/VOL. : si es $< 5\%$ cumple criterio ICAR

Los factores Día y Juego de ordeño no afectaron significativamente a los errores de medida de ambas calibraciones Tabla 2.

Tabla N° 2. Efecto del Día, Juego de ordeño y Volumen de leche sobre el error medio cometido en cada una de las calibraciones ensayadas en el proceso de validación en granja experimental

CONCLUSIONES

1. Se ha diseñado un equipo con sensores de efecto Hall que, instalado en los medidores

proporcionales WB Mini-Test, nos permite registrar automáticamente la cinética de emisión de leche y la producción total de leche ordeñada en ganado caprino. El sistema electrónico es de bajo coste (alrededor de 80 euros de material) y ha superado las dificultades que existen en este tipo de medidas (efecto de la composición de la leche, presencia de espuma, transportable, temperatura, lavado etc.). Con el tratamiento que se ha realizado de los datos (normalización por filas) y la calibración B creada, se han logrado una muy buena estimación de la producción de leche que se obtiene a lo largo del ordeño ($R^2 = 0,9992$; error estándar de estimación = 29,8 ml). El hecho de que el error de estimación no variara según el día y el juego de ordeño,

Tabla 2. Efecto del Día, Juego de ordeño y Volumen de leche sobre el error medio cometido en cada una de las calibraciones ensayadas en el proceso de validación en granja experimental

| FACTOR | | CALIBRACION A | CALIBRACION B |
|---------|--------------|---------------|---------------|
| DÍA | 1 | 147 ± 52 | 30 ± 8 |
| | 2 | 83 ± 52 | 21 ± 8 |
| | 3 | 100 ± 52 | 30 ± 8 |
| | Niv. Signif. | NS | NS |
| JUEGO | 1 | 164 ± 42 | 34 ± 6 |
| | 2 | 56 ± 42 | 20 ± 6 |
| | Niv. Signif. | NS | NS |
| VOLUMEN | <500 | 275 ± 33 a | 6 ± 5 a |
| | 500-1000 | 373 ± 32 b | 29 ± 5 b |
| | 1000-2000 | 4 ± 31 c | 18 ± 5 c |
| | 2000-3000 | 4 ± 32 c | 37 ± 5 d |
| | >3000 | 104 ± 32 d | 46 ± 5 e |
| | Niv. Signif. | *** | *** |

Elaboración propia: Sánchez y col., (2014)

y presentara diferencias de pequeño orden según el volumen de la leche ordeñada, sugiere que podría ser utilizado en el control lechero de las explotaciones de ganado caprino.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Allegro, (2013). Continuous-Time Ratiometric Linear Hall Effect Sensor ICs. Disponible en internet: www.allegromicro.com/~-/media/Files/Datasheets/A1301-2-Datasheet.ashx
- Barillet, F. (2007). Genetic improvement for dairy production in sheep and goats. *Small Ruminant Res.*, 70.
- Barillet, F., Rupp, R., Mignon, S., Astruc, J., & Jacquin, M. (2001). Genetic analysis of mastitis resistance and somatic cell score in French Lacaune dairy sheep. *Genet. Sel. Evol.* 33.
- Billon, P., Chastin, P., Baritoux, B., Bouvier, F., Ilahi, H., Manfredi, E. & Marnet, P. (1999). La cinétique d'émission du lait chez les chèvres. In *Milking and Milk Production of Dairy Sheep and Goats*, Zervas, N., Barillet, F., Eds., EAAP Publication Wageningen Pers, Wageningen, Netherlands, Vol. 95.
- Gallagher, N., Wise, B. & Stewart, C. (1996). Application of multi-way principal components analysis to nuclear waste storage tank monitoring. *Comput. Chem. Eng.*, 20.
- Garcés, C., Rubert, J., Fernández, C., Díaz, J. R., Sánchez, A. & Muelas, R. (2000). Caracterización de la cinética de emisión del lacte de chèvre Murciano-Granadina. 7 Recontres Recherches Ruminants. INRA-Institut de L'Élevage. Paris, Francia.
- García, D. & Zarzo, M. (2010). Microclimate monitoring by multivariate statistical control: The renaissance frescoes of the Cathedral of Valencia (Spain). *J Cult Herit.*
- Grindal, R., Walton, A. & Hillerton, J. (1991). Influence of milk flow rate and streak canal length on new intramammary infection in dairy cows. *J. Dairy Res.*, 58.
- ICAR. (2013). International Committee for Animal Recording. Limits of error for milk yield and milk composition. Section 11.3.7.
- Ilahi, H., Chastin, P., Bouvier, F., Arhainx, J., Ricard, E. & Manfredi, E. (1999). Milking characteristics of dairy goats. *Small Ruminant Res.*, 34.
- Kutman, M., Nachtsheim, J., Nefer, J. & Li, W. (2005). *Applied Linear Statistical Models*. McGraw Hill: New York, NY, USA.
- Lemarquand, G., Lemarquand, V., Babic, S. & Akyel, C. (2009). Magnetic field created by thin wall solenoids and axially magnetized cylindrical permanent magnets. In *Progress In Electromagnetics Research, Proceedings of PIERS, Moscow, Russia*, 88.
- MARM, (2010). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. España. Disponible en internet: www.marm.es
- Marnet, P. & Mckusick, B. (2001). Regulation of milk ejection and milkability in small ruminants. *Livestock Production Science*, 70.
- Martí, J., Vidal, G., Martínez, B., Gómez, E. & Peris, C. (2008). Efecto del número de ordeños sobre la cinética de emisión de leche en ganado caprino de raza Murciano-Granadina.

dina. XXXIII Jornadas de la SEOC, Almería.

- Peris, S., Caja, G. & Such, X. (1999). Relationships between udder and milking traits in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Ruminants Research* 33.
- Peris, S., Such, X. & Caja, G. (1996). Milkability of Murciano-Granadina dairy goats. Milk partitioning and flow rate during machine milking according to parity, prolificacy and mode of suckling. *J. Dairy Res.*
- QCS. (2013). Quality Certification Services Inc. Approved Measuring Devices. ICAR Approved List. Disponible en internet: http://www.quality-certification.com/approved_devices.asp
- Ravaud, R., Lemarquand, G., Lemarquand, V. & Depollier, C. (2008). The three exact components of the magnetic field created by a radially magnetized tile permanent magnet. *Progress In Electromagnetics Research*, 88.
- Ricordeau, G., Martinet, J., & Denamur, R. (1963). Traite à la machine des brebis Préalpes du Sud. Importance des différentes opérations de la traite. *Ann. Zootech.*, 12.
- Vidal, G., Gómez, E., Martínez, B., Mehdid, M. & Peris (2008). La velocidad de ordeño en cabras Murciano-Granadinas. XXXIII Jornadas de la SEOC, Almería.