

GOAT FARMING MANAGEMENT BASED ON THE INDIVIDUAL CONTROL USING RFID TECHNOLOGY

García Garijo, A.¹; Combados Hernández, G.¹; Alonso García, E.¹;
Escribano García, R.¹; Fernández Martínez, R.²

¹ Universidad de la Rioja, ² Universidad del País Vasco

The individual control of production and feeding in a farm improves the total productivity of the herd, for that in this paper it is developed a low cost system to control milk production of each goat of the herd in order to feed them individually in relation to this production. The system developed is based on the individual control by means of a collar and an RFID tag attached to it that by means of a reader will allow us to identify each animal without need of contacts. Also it has been developed a system of individual feeding and a gauge of daily milk produced without increasing the work of the grazer. All this system has achieved an acceptable margin of the 10% of error measuring the quantity of milk produced by each animal, that after a year controlling 30 animals chosen randomly from the 400 of the herd, has achieved to detect the non-profitable animals. And as final conclusion, it has observed an improvement of the profitability of the studied group by 20% above the average of the rest of the herd.

Keywords: *Goat farming management; Individual control; RFID*

SISTEMA DE GESTIÓN DE UNA GRANJA DE CABRAS BASADO EN EL CONTROL INDIVIDUAL UTILIZANDO TECNOLOGÍA RFID

Un control individual de producción y alimentación en una granja mejora la productividad total del rebaño por lo que en este trabajo se desarrolla un sistema de bajo coste para controlar la producción de leche de cada animal y alimentar individualmente en relación a esta producción. El sistema desarrollado se basa en el control individualizado por medio de un collar y de un tag RFID que por medio de un lector nos permite la identificación de cada animal a unos 15 centímetros sin necesidad de contactos. También se ha desarrollado un sistema de alimentación individual y de cálculo de la cantidad diaria de leche producida, sin aumentar el trabajo del ganadero. Todo este sistema ha conseguido medir la cantidad de leche producida por cada animal dentro de un margen aceptable del 10 por ciento de error permitiendo una alimentación individualizada de cada animal, que después de un año controlando 30 animales elegidos aleatoriamente de entre los 400 del rebaño ha conseguido detectar a los animales que no son rentables. Obteniendo como conclusión final una mejora de la rentabilidad total de grupo estudiado de un 20% por encima de la media del resto del rebaño.

Palabras clave: *Gestión granja de cabras; Control individual; RFID*

1. Introducción

Actualmente los sistemas de control ganadero basados en la informática y la electrónica están siendo instalados con muy buenos resultados en las granjas de todo tipo de animales, El coste de la inversión se amortiza rápidamente gracias a la mejora que aportan a la producción y el manejo en animales como el cerdo, la vaca o el pollo (Frost *et al.*, 1997), pero en las granjas de cabras, debido a que la producción por animal es más pequeña y que los rebaños son poco numerosos, el ganadero no puede afrontar unas inversiones tan elevadas. Por esto el manejo en este tipo de granjas se sigue realizando de una manera tradicional, sin aprovechar las posibles mejoras que nos brindan las nuevas tecnologías.

El mayor problema en este tipo de manejo es el poco control en la producción y la alimentación, basándose fundamentalmente en un control sobre grandes grupos de animales o, cuando el control se realiza en grupos reducidos, es a costa de añadir mucho trabajo en el manejo. Esto baja el rendimiento de las granjas al tener que ajustar la alimentación a un grupo determinado de animales, recibiendo las cabras con más producción la misma alimentación que aquellas con un menor rendimiento, haciendo así que estas empeoren su producción y escondiendo posibles animales con producciones más bajas que la media.

Debido a que no hay datos suficientes con respecto a cada animal, un control basado en grupos anula también la posibilidad de detectar problemas en el ganado salvo que estos sean generalizados y afecten a la producción total del grupo, ya que la única herramienta para detectarlos es comprobar la leche ordeñada y solo un descenso excesivo alerta al ganadero, aunque siempre varios días después de haber sucedido el problema.

Lo mismo ocurre con las posibles deficiencias en la alimentación y el pastoreo, que solo son visibles si estas son generalizadas y siempre una vez transcurridos algunos días desde su origen, pasando desapercibido para el ganadero cualquier problema aislado de algún animal.

La cría en las granjas con los sistemas de control manual está basada en la elección aleatoria de los animales, o como mucho en una elección basada básicamente en la intuición, sin ningún tipo de control posterior de la correcta elección de dicho ganado, empeorando así el conjunto del rebaño generación tras generación.

El sistema de manejo en las granjas de cabras de la zona varía según el ganadero, el más común consiste en separar el rebaño en dos grupos. Cada grupo se gestiona para realizar un ciclo de reproducción cada ocho meses (Peacock, 2008), añadiendo al grupo los machos cinco meses antes de la fecha elegida de parto para que comience la monta, En este ciclo, dos meses antes de la fecha prevista de parto, las cabras bajan rápidamente la producción de leche hasta quedarse secas. Cuando todo el grupo deja de dar leche se les quita la ración de pienso y se deja de pasar el grupo por ordeño. Al acercarse la fecha prevista de parto, las cabras comienzan a producir leche, en ese momento se comienza a pasar todo el grupo por la sala de ordeño, ordeñando las ubres que están más llenas evitando vaciarlas completamente para que el cabrito tenga suficiente alimento después del parto.

Durante el ordeño se suministra a cada animal una dosis nunca superior a medio kilo de pienso, aportando el resto, si hiciera falta, en canales dispuestos en la nave, en los que todas las cabras del grupo acceden a su dosis extra a la vez. Este sistema crea una disputa por el sitio y reparte la comida de forma poco eficiente, recibiendo raciones mayores las más rápidas o las más agresivas (Peacock y Sherman, 2010). Además este sistema de manejo obliga a igualar la dosis de pienso suministrada a cada animal del grupo.

Para solucionar este problema se ha realizado un sistema de control de la producción y un sistema de alimentación totalmente individualizado para cada animal que no aumente el trabajo, y sobre todo, que sea económico y asequible para el ganadero. Permitiendo saber la rentabilidad de cada animal y controlar su alimentación conforme la producción y el momento de gestación en el que se encuentra. Este sistema da la información necesaria para seleccionar las cabras más rentables de nuestro rebaño y así poder elegir una buena cría. Además el control aporta la información necesaria, basándose en la caída de la producción, para detectar problemas individuales y generales causados por enfermedad o por una alimentación insuficiente. Y finalmente, con toda esta información el sistema es capaz de crear un calendario con las fechas más rentables de parición y cierre de las cabras en invierno.

Para ello se ha desarrollado un sistema de identificación individual basado en un collar con un número visible para el ganadero, y un sistema RFID para lectura sin contactos. También se ha fabricado un alimentador, solo accesible por un animal al mismo tiempo que suministra la cantidad de pienso en raciones ajustables. Y además para el control de la producción, y aunque en el mercado existen numerosas herramientas validas para medir la cantidad de leche ordeñada, se ha diseñado un medidor de leche muy económico, por debajo de los 40€, descartando las herramientas comerciales por ser demasiado caras, o por necesitar demasiado trabajo manual (Henningsson *et al.*, 2005; Zaninelli y Tangorra, 2007). Con el medidor desarrollado se pueden realizar 6 mediciones simultaneas, que por medio de una barrera de leds infrarrojos calcula la leche ordeñada a cada cabra sin influir negativamente en el flujo del vacío. Todos estos datos se almacenan en un ordenador central permitiendo calcular las raciones diarias individuales de cada animal, realizar la búsqueda de las mejores cabras del rebaño en la elección de la cría y detectar problemas en la alimentación o en la salud del ganado.

2. Materiales y ensayos

2.1 Identificación

Un sistema de control y alimentación individualizado de forma automática y sin contactos es sumamente útil para el ganadero (Urachada *et al.*, 2007), ya que le permite una identificación inequívoca de cada animal y conocer su iteración con el resto de las máquinas del sistema. Para desarrollar este sistema la tecnología de identificación de radio frecuencia (RFID) en la banda LF es la más indicada por su bajo coste y la media distancia de interrogación que aporta (Bridge y Bonter, 2011).

Para el interrogador se ha creado un modulo basado en el PIC16F876 y el modulo RFID ID2 suministrado por la compañía CoreRFID Ltd, que dependiendo de la antena nos da una distancia de lectura de entre 15 cm a 25 cm (Torrungrueng *et al.*, 2006). Este dispositivo está siempre alimentado, y cuando detecta una tarjeta manda el número de identificación por el puerto serie a 9600 baudios. Cuando el PIC lo recibe por el puerto serie, genera un mensaje con el formato [RFIDXXxxxxxxxx], donde XX es el número del lector que ha leído el mensaje, único entre todos los lectores de la granja. Y xxxxxxxx es el número de identificación leído. Con esto y teniendo en la base de datos a todas las cabras identificadas por medio de sus dos tags tenemos una identificación inequívoca del animal detectado.

Para los tags pasivos se selecciona uno de tipo "ISO-card" por tener la mejor relación precio/distancia de lectura, ya que según Eardprab *et al.* (2008) los que ya llevan instalados no afectaran a nuestro sistema.

Para la identificación del animal se diseña un collar, al que se le graba un número individual y visible a cierta distancia, 20 metros, y al que se le incorporan dos tarjetas RFID. Se crea de plástico semirrígido y se le da una forma elíptica para que el collar, aunque gire, siempre

tienda a estar en una posición vertical para su correcta lectura, dado que las pruebas con collares flexibles dieron mal resultado porque giraban alrededor del cuello, y en demasiadas ocasiones la posición del número y la tarjeta RFID no era legible por el lector. Es por esto que se han colocado tarjetas RFID a ambos lados del collar, para que independientemente de la posición del collar, siempre una de ellas este en una situación óptima para su lectura (Figura 1).

Figura 1: Collar identificativo.



2.2 El módulo de relés

Para controlar relés desde el ordenador central se crean varios módulos basados en el PIC16F876, que son los encargados de analizar las ordenes recibidas por el puerto serie. Cada relé del módulo se controla por medio de una de las salidas del PIC que esta conectada a una etapa que consiste en un transistor PN2222A y las resistencias necesarias para elevar a la potencia necesaria para nuestros relés. Además a cada relé se le conecta un diodo para descargar la bobina cuando éste se abre.

Los dos dispositivos que utilizan relés en este estudio son los motores que controlan la dosis del pienso en el alimentador y el sistema de gestión de antenas del lector RFID en la sala de ordeño. Dado que su funcionamiento y cantidad de relés es distinta, se opta por hacer un módulo distinto para cada mecanismo.

Para los motores, como se debe controlar el sentido de giro, se han utilizado dos relés de doble vía, cada uno de ellos está conectado a masa en su patilla NC y a alimentación, en nuestro caso 12 V en la patilla NA, con la conexión principal conectada al motor.

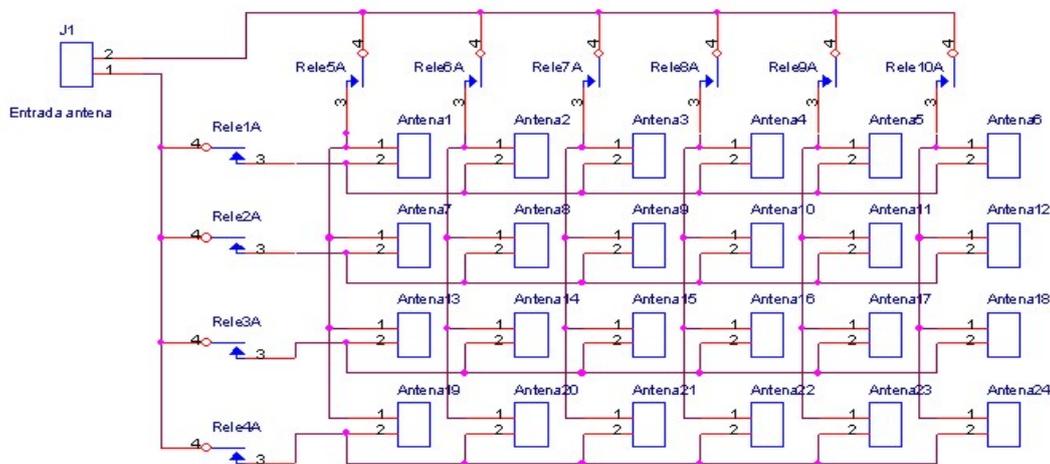
Cuando el módulo recibe una orden dirigida a él, es con el formato:

- [ReleXXT], donde la XX es el número identificativo del módulo, este debe de coincidir con el suyo propio para obedecer la orden. Y la T es el tiempo que debe permanecer la trampilla abierta. Para conseguirlo el módulo una vez recibida la orden y con los dos relés abiertos, que es la posición en la que permanece cuando está en reposo, cierra el relé 1, que da fuerza a la patilla que hace girar el motor para abrirlo, cuando ha pasado la mitad del tiempo, abre este relé, por seguridad espera 2 milisegundos, y cierra el relé 2, lo que alimenta el motor en el sentido contrario y lo hace girar el mismo tiempo que antes, pero a la inversa, y así vuelve a quedar la trampilla cerrada, y los dos relés en reposo.

El otro dispositivo que hace uso de relés es el que selecciona una de las 24 antenas en los amarres durante el ordeño, para usar solo un módulo lector RFID en la identificación durante el ordeño, haciendo así más económico el proyecto. Para la selección de las antenas se ha optado por relés de una sola vía, y como la conexión de la antena se hace con dos

terminales se ha organizado en bloques de 6, así con 10 relés podemos seleccionar la antena elegida de entre las 24 (Figura 2).

Figura 2: Conexión de los relés en el módulo de antenas.



Este módulo está basado también el PIC16F876 que es el encargado de la lectura de la orden. Esta tiene el formato:

- [AntenaXXY], donde XX es el número del módulo, si coincide con el propio del módulo que lee la orden esta será ejecutada, e Y es la antena que debe activar. Lo primero que hace el módulo una vez detectada una orden dirigida a él, es abrir todos los relés. Después para calcular los relés que hay que cerrar, divide el número de la antena a abrir entre 6, el resto de esta división nos da el relé del grupo a cerrar, y el cociente el número del grupo en el que esta la antena. Por seguridad al recibir una orden se desconectan todas las antenas durante 1 segundo, para que no haya posibles lecturas de otras antenas aun activas.

El ordenador central es el encargado de controlar que posiciones están ya identificadas y pasar por el resto de las antenas hasta identificar a todos los animales amarrados.

2.3 El alimentador

Para suministrar el pienso de una forma controlada es necesario un dispensador de pienso, que después de identificar al animal inequívocamente ofrezca la ración de pienso calculada según dicha cabra y las dosis ya ingeridas, y nos garantice que es ese y no otro animal el que se la come.

Para ello, después de comprobar que hay animales que intimidan al que esta comiéndose su ración por medio de empujones y cabezazos, hasta conseguir en muchas ocasiones que abandone el dispensador sin haberse terminado su dosis, se crea un alimentador con paredes y puerta trasera, para que una vez el animal esta dentro sea imposible agredirle y pueda finalizar su dosis sin interferencias externas.

La parte delantera del alimentador es la encargada de soportar el pienso y dar soporte al mecanismo de identificación y al de dispensación de las dosis graduadas. Para ello se utiliza un tubo cilíndrico de PVC rígido de 40 cm de diámetro y 1 cm de espesor. La parte de arriba almacena el pienso y su cabida es proporcional a la altura de este. Además para sostener el pienso se crea una tapa con un agujero de 6 cm de diámetro, donde se dispone una trampilla móvil controlada por un motor que esta gestionado por el módulo de relés, el tiempo que esta trampilla esta abierta es proporcional a la dosis suministrada. Esta no puede ser menor de 100 gr, lo que es suficiente para el sistema.

En la parte inferior se sitúa el plato donde cae el pienso controlado por la trampilla, para que la posición en la que quede el collar cuando la cabra este comiendo sea siempre parecida. También se hace una abertura en el tubo suficiente para que la cabra pueda meter la cabeza holgadamente y no entorpezca la entrada del collar, así la colocación de la antena para la identificación es más sencilla.

Para la identificación se usa el módulo lector RFID creado con una antena de 10 cm de diámetro y 63 vueltas, dando un alcance de lectura de 15 cm. La dosis de pienso cae desde la tolva superior al plato donde la cabra para comérselo siempre adquiere la misma postura con el cuello inclinado y el collar posicionado en frente de la antena para su correcta identificación. En muy pocas ocasiones el collar queda fuera del plato, o en una posición incorrecta y en estos casos como no hay una identificación positiva no se dispensa pienso, así que la cabra al no recibir su ración sale del alimentador al poco tiempo.

Todos los módulos, los motores y los cables situados dentro del tubo se han protegido convenientemente con carcasas y tubos de plástico, dado que las cabras son animales muy propensos a morder y romperlo todo.

2.4 Cálculo de la producción

Los beneficios que genera una cabra son la suma de la leche producida más los cabritos que se venden. Hasta ahora el método elegido para calcular los cabritos vendidos era apuntar el día del parto, la cabra estudiada y la cantidad cabritos paridos.

Para el cálculo de la leche producida existen numerosos medidores de leche durante el ordeño (Ordolff, 2001; Amirante *et al.*, 2005), pero una premisa de este estudio exige que sean económicos y que no aumenten el trabajo del ganadero excesivamente, así que se descartan todos los medidores comerciales y se diseña uno para cumplir las características exigidas, aunque esto pueda aumentar ligeramente el error del sistema.

Los requerimientos mínimos que se necesitan para un control óptimo de animales es un error máximo del 10% (ISO 5725-2, 1994). Para conseguirlo se diseñan 4 tipos de medidores, todos basados en el cálculo del flujo de leche que pasa por los tubos de la máquina de vacío por medio del corte o disminución de la luz que se produce en una barrera infrarroja cuando esta es atravesada por la leche.

Estas barreras se colocan en el tubo sin obstaculizar el flujo del aire. El primero y más simple consta de una sola barrera que se comprueba 8000 veces por segundo. Cuando está bloqueada incrementa el valor de la leche ordeñada, cuando detecta luz hasta un nivel fijado por las resistencias elegidas y el contador no incrementa.

El segundo está compuesto por 4 barreras dispuestas en ángulos distintos del tubo, para abarcar más área del flujo. En este caso cada barrera es comprobada 2000 veces por segundo, y como en el caso anterior cada bloqueo detectado incrementa el contador de leche.

El tercer prototipo es similar al primero, de una sola barrera infrarroja, pero esta vez se lee el índice de luminosidad de la barrera, y este se divide en tramos incrementando el contador de leche proporcionalmente en cuatro tramos, la lectura esta vez es analógica y se realiza 400 veces por segundo.

El cuarto prototipo es también con lectura analógica, pero esta vez con cuatro barreras dispuestas como en el prototipo dos, alrededor del tubo, la velocidad de lectura de cada barrera es de 100 veces por segundo.

La limitación en la velocidad de lectura nos la da la frecuencia del PIC, aunque no se observan mejoras en la precisión de la medida aumentando esta velocidad.

Para el testeo y análisis de los 4 tipos de medidores se hace sobre 30 cabras una medición manual por semana con un medidor volumétrico, que retiene toda la leche ordeñada en un depósito graduado para saber la cantidad de líquido que acumula. Terminada de ordeñar la cabra se calcula visualmente la leche contenida en el depósito, y una vez apuntada la cabra y la medición, se abre manualmente una válvula por la que se succione la leche del depósito. Y cuando este está vacío se vuelve a cerrar dicha válvula para proceder al siguiente ordeño. Durante el resto de la semana se realizan las mediciones sobre estas mismas cabras con los prototipos de medidor a testear, almacenando los valores obtenidos. Para analizar el error cometido se parte de la hipótesis de que la cantidad de leche producida por una cabra durante la semana no varía significativamente, salvo por motivos de alimentación y horario del ordeño (Fernández *et al.*, 2008).

2.5 Ordenador central

El control y gestión de todos los datos del sistema se realiza desde un ordenador central, que es también el encargado de guardar en una base de datos todas las mediciones diarias, con su fecha, cantidad calculada, puesto del medidor, y cabra que se identifica en dicho puesto. También almacena las dosis suministradas a cada animal con su fecha y hora. Se analizan las mediciones semanales de cada animal para calcular la cantidad diaria de pienso que hay que suministrar, racionando la dosis a lo largo del día y teniendo en cuenta el tiempo que ha pasado desde la última ración. Una vez avisado de que este animal está en el alimentador se gestiona la trampilla del alimentador por medio del módulo de relés para suministrar dicha dosis.

También es el encargado de controlar el módulo de relés de las antenas, para conseguir identificar a todos los animales amarrados en la ordeñadora. El proceso para conseguir esto es, dado que una tanda de ordeño de 24 cabras dura aproximadamente 15 minutos, comenzar activando cada puesto durante 5 segundos, si la identificación es positiva apuntar el puesto y la lectura y pasar al siguiente. Después de la primera pasada, comenzar de nuevo rastreando durante 20 segundos los puestos no identificados, y si después de esta pasada aun quedan puestos sin identificar, dejar la antena activa durante 1 minuto en los puestos aun sin lectura positiva. Con este proceso en muy raras ocasiones se dejan animales sin su correcta identificación, salvo en algunos casos en que el collar no se coloca en la posición correcta para su lectura.

Con todos los datos almacenados con relación a la alimentación y la producción de cada animal se pueden analizar las cabras más rentables y así poder escoger una cría eficientemente. También gracias a estos datos se puede seleccionar las fechas de parición más rentables, así como la conveniencia de pastorear en distintas zonas, o de encerrar el rebaño en los meses de frío.

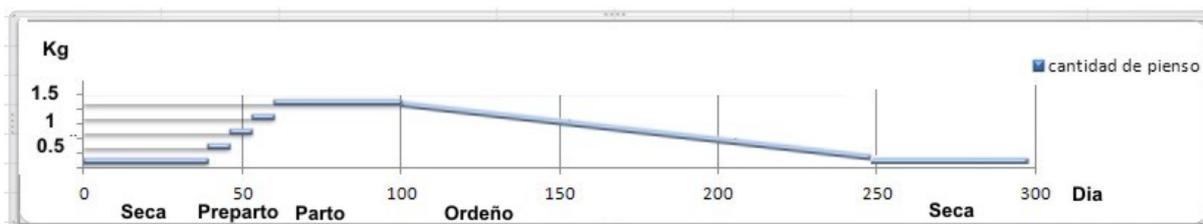
2.6 Ensayo general del sistema

Para comprobar la mejora de la rentabilidad con este sistema se propone seleccionar un grupo de pruebas como en Kawas *et al.* (2010) de 30 cabras: 20 seleccionadas aleatoriamente, 5 elegidas de entre las más productivas y otras 5 de entre las que el ganadero cree que son las menos productivas del rebaño. Este grupo se mantiene identificado para lo cual se le coloca a cada animal uno de los collares desarrollados. Se ordeña aparte del resto del rebaño para medir su producción diariamente con nuestros medidores electrónicos, y mínimo una vez por semana manualmente para saber su producción real sin error. También se mantienen apartadas en un cubículo durante las horas de encierre, con total disposición de un alimentador individualizado, que les suministra las dosis calculadas para cada animal (Morita *et al.*, 1999).

El pastoreo es en conjunto, e igual para todo el rebaño. Al igual que el resto del ganado, el grupo en estudio tiene acceso ad-libitum a la paja durante todo el día.

La ración de pienso se suministra completamente en el alimentador, salvo 50 gramos que son necesarios para engañarlas y que se amarren en el ordeño.

Figura 3: Cantidad de pienso suministrada cada etapa de la gestación.



Esta dosis es, según recomienda el ganadero y otros como Du Toit (2011), dependiente del momento y estado de la cabra. Cuando la cabra no tiene cabritos su dosis es en proporción a la leche producida, medio kilogramo de pienso por cada litro de leche producido hasta que la cabra se queda seca, y entonces no recibe nada de pienso. Se calcula que la cabra vuelve a parir dos meses después de su fecha de secado, así que 3 semanas antes del parto, se aumenta la dosis a 200 gramos, y cada semana se duplica esta hasta que una semana antes de la fecha prevista de parto se le administra 800 gramos. Cuando la cabra pare su dosis se aumenta hasta 1,5 kilogramos, y se mantiene durante los 40 días que ésta amamanta a sus cabritos. Una vez quitados, la dosis de pienso se regula de nuevo conforme a la producción lechera (Figura 3).

3. Resultados y discusión

3.1 Análisis de los medidores

En la Tabla 1 se muestran los datos obtenidos durante 4 meses con los 4 prototipos de medidor. Analizándolos se puede observar la cantidad de errores mayores del 20%, estos errores son a causa de la entrada de aire en las pezoneras durante el ordeño lo que varía el flujo constante de la succión. También, en algunos casos son a causa de la pérdida de presión en la bomba de vacío, habitualmente por tener varias pezoneras abiertas, lo que baja considerablemente la succión.

Para eliminar estos casos y siguiendo la hipótesis de que una cabra no varía más del 20% la producción de leche, salvo que esta esté en una tendencia de subida o se mantenga durante varias ediciones consecutivas, para los cálculos del valor real de la medición de leche ordeñada los casos con errores de más del 20% con respecto a la media de los 7 días anteriores son tomados como inválidos, salvo que estos se repitan 3 días consecutivamente.

Con esta hipótesis se obtienen las Tablas 2, 3 y 4, donde se puede observar que todos los medidores después de anular los datos inválidos generan un valor de la medición electrónica con errores menores del 2 % en la mayoría de los casos, y errores mayores del 10%, en un porcentaje reducido de las muestras.

En caso de usar un único día para calcular la medición el error aumenta considerablemente, y se sale del margen deseado (Tabla 2). Si consideramos la media geométrica de únicamente 3 días el error medio sube al 7% y el máximo se sitúa en un 15% (Tabla 3).

Este estudio muestra que usando la media geométrica de 7 días (Tabla 4) y dando como inválidos todas las mediciones mayores del 20% de la media, cualquiera de los prototipos

cumple con las pretensiones de cometer un error máximo del 10%, así que se utiliza el prototipo 1 por ser este el más económico.

Tabla 1: Error en las mediciones.

Nº mediciones	error < 50%		error < 20%		error < 10%		error < 5%		error < 2%		
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
Prototipo 1	856	781	91,23%	562	65,62%	446	52,14%	412	48,10%	306	35,69%
Prototipo 2	821	741	90,29%	514	62,59%	465	56,59%	457	55,63%	348	42,36%
Prototipo 3	796	698	87,69%	519	65,24%	467	58,69%	427	53,69%	368	46,23%
Prototipo 4	956	881	92,15%	617	64,58%	586	61,25%	560	58,56%	397	41,56%

Tabla 2: Error en las mediciones eliminando los datos inválidos de más del 20% de error.

Nº Validas	error > 10%		10 % > error > 5%		5 % > error > 2%		error < 2%		
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
Prototipo 1	562	115	20,54%	35	6,16%	106	18,91%	306	54,39%
Prototipo 2	514	49	9,59%	8	1,53%	109	21,20%	348	67,68%
Prototipo 3	519	52	10,04%	40	7,66%	59	11,43%	368	70,86%
Prototipo 4	617	32	5,16%	26	4,17%	163	26,32%	397	64,35%

Tabla 3: Error en las mediciones eliminando los datos inválidos de más del 20% de error y haciendo media geométrica de tres días.

Nº Validas	error > 10%		10 % > error > 5%		5 % > error > 2%		error < 2%		
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
Prototipo 1	562	35	6,31%	74	13,26%	30	5,34%	422	75,10%
Prototipo 2	514	15	2,94%	17	3,30%	72	14,01%	410	79,74%
Prototipo 3	519	16	3,08%	86	16,50%	37	7,14%	381	73,27%
Prototipo 4	617	10	1,58%	55	8,97%	166	26,92%	386	62,52%

Tabla 4: Error en las mediciones eliminando los datos inválidos de más del 20% de error y haciendo media geométrica de siete días.

Nº Validas	error > 10%		10 % > error > 5%		5 % > error > 2%		error < 2%		
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
Prototipo 1	562	11	1,94%	48	8,50%	10	1,72%	493	87,84%
Prototipo 2	514	5	0,90%	11	2,12%	23	4,52%	475	92,46%
Prototipo 3	519	5	0,95%	55	10,58%	12	2,30%	448	86,17%
Prototipo 4	617	3	0,49%	35	5,75%	54	8,69%	525	85,08%

3.2 Análisis de la rentabilidad total de la granja

Se observa una gran diferencia en el número de visitas por parte de los animales una vez el periodo de aclimatación ha pasado (Figura 4). Se observa que en unos 20 días las cabras ya siguen un comportamiento bastante repetitivo. La cantidad de visitas con aporte de pienso es de unas 5 al día, y aunque la mayoría de las cabras visitan el alimentador unas 20 veces diarias, 15 de ellas son sin aporte de pienso. Además estas visitas duran menos de 20 segundos. Con este comportamiento se calcula que el alimentador esta libre menos del 20% del tiempo. Que para un rebaño de 400 animales, si el comportamiento es similar al visto en nuestro grupo de pruebas, habría que usar unos 15 a 20 alimentadores, alguna forma de castigar las visitas sin aporte podría ser buena para bajar el número de estas visitas.

Este estudio tiene una duración de un año, y todos los datos de las cabras del grupo se comparan individualmente con los datos globales de todo el rebaño (Figura 5; Tabla 7). Valorando los datos obtenidos se comprueba que las cabras del grupo mejoran su alimentación al recibir las raciones dosificadas durante todo el día. También se gestiona

mejor las dosis según la productividad de cada animal, y esto mejora la relación “pienso gastado”-“leche producida” un 30% con respecto a los datos obtenidos por todo el rebaño. También se observa que en la fase en que las cabras estaban secas se disminuye mucho el consumo de pienso, dado que las cabras se controlan individualmente con respecto a la fecha de secado y de parto, y no como un grupo numeroso de animales.

Figura 4: Visitas y ocupación del alimentador.

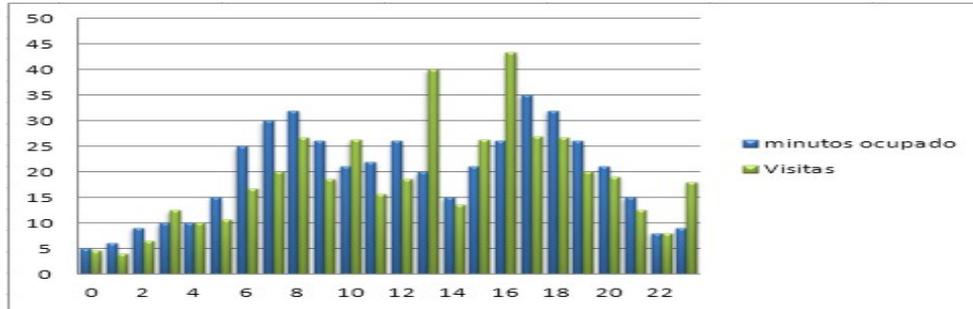
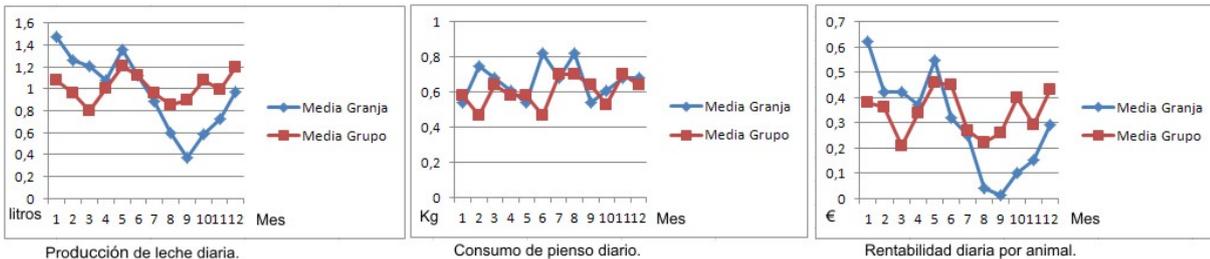


Tabla 5: Comparación entre los datos medios de la granja y los producidos por el grupo.

MES	Media granja diaria			Media grupo		
	Leche	Pienso	Rentabilidad	Leche	Pienso	Rentabilidad
1	1,48	0,54	0,62	1,08	0,58	0,38
2	1,26	0,75	0,42	0,96	0,47	0,36
3	1,21	0,68	0,42	0,80	0,64	0,21
4	1,08	0,61	0,37	1,00	0,58	0,34
5	1,36	0,54	0,55	1,21	0,58	0,46
6	1,12	0,82	0,32	1,12	0,47	0,45
7	0,89	0,68	0,25	0,96	0,70	0,27
8	0,60	0,82	0,04	0,85	0,70	0,22
9	0,37	0,54	0,01	0,90	0,64	0,26
10	0,58	0,61	0,10	1,08	0,53	0,40
11	0,72	0,68	0,15	0,99	0,70	0,29
12	0,97	0,68	0,29	1,20	0,64	0,43
AÑO	353,40	241,80	107,32	368,89	220,01	123,68

Figura 5: Comparación granja y grupo



Gracias a los datos de alimentación y producción recogidos durante todo el año se puede observar el comportamiento de los animales y su rentabilidad individual, así cabras que antes se pensaban muy productivas por la gran cantidad de leche ordeñada, se observa que es más por un exceso de alimentación que por una buena genética. Con estos datos se puede hacer un grupo de los animales más rentables para seleccionar sus crías como animales para vida, y hacerles un seguimiento anual, para comprobar si la elección fue la correcta.

También se observa que con este sistema de alimentación puede ser aconsejable aportar más pienso a las cabras que tienen mayor producción de leche, y quizás reducirlo a algunas que por edad o genética no generan ingresos, salvo los cabritos que tienen, consiguiendo así que todos los animales de la granja sean rentables y no necesitando desviejar animales que aun pueden aportar beneficios.

Todo esto se ha conseguido sin aumentar el trabajo diario del ganadero, e incluso disminuyéndolo, dado que el pienso se suministra automáticamente, y el calculo de la cantidad lo realiza el ordenador gestionando la producción de leche medida para cada animal.

4. CONCLUSIONES

Como se observa, no solo en este estudio, sino en los numerosos análisis realizados en granjas de muchos tipos de animales, actualmente la apuesta por las nuevas tecnologías de la informática y la electrónica dan muy buenos resultados. La mayor limitación para realizar estas inversiones en las granjas con un número elevado de animales es su precio. Pero en este trabajo se observa cómo se puede realizar un sistema de control de la producción barato y suficientemente preciso, para determinar que ración debe suministrarse a cada animal. Además se observa cómo se puede alimentar de forma individual a los animales, y gracias a ello, mejorar la rentabilidad de la explotación en más de un 20% sin aumentar excesivamente el trabajo del ganadero.

Dado que la mayor limitación encontrada en este trabajo es la poca precisión en las mediciones de la leche ordeñada, se realiza un estudio para mejorar el medidor de flujo, con la premisa principal de no aumentar excesivamente su coste. Además se detectan posibles mejoras en el sistema como la incorporación de una báscula en el alimentador, lo que permite detectar los problemas por un descenso inusual del peso del animal. Saber el peso de la cabra ayuda a predecir la fecha exacta del parto, y abre una gran posibilidad para estudiar el comportamiento de los animales en el pastoreo.

También con el sistema desarrollado en este trabajo se ha realizado un estudio de las mejores dietas y sistemas de gestión para un rebaño de cabras, variando las cantidades y horarios de las dosis de pienso, y comparando después los rendimientos de los animales. Además el uso de este sistema da la posibilidad de aportar a la dieta de los animales dosis específicas y controladas de otros tipos de alimentos, como maíz, trigo o cebada, que podrían mejorar la producción con un incremento pequeño del coste de la ración.

5. REFERENCIAS

- Amirante, P., Bianchi, B., & Montel, G.L., (2005). Dynamic tests during milking with different types of milk meters. *Vet. Italiana* 41, 68-78.
- Bridge, E.S., & Bonter, D.N., (2011). A low-cost radio frequency identification device for ornithological research *Journal of Field Ornithology*, 82 (1), 52-59.
- Du Toit, F., (2009). Results of Performance Testing During the Last Six Test Years 2002/2003-2007/2008. *National Milk Recording and Improvement Scheme Newsletter* 14.
- Eardprab, S., Wouchoum, P., Phongcharoenpanich, C., & Torrungrueng, D., (2008). Effects of ruminal magnets in the vicinity of a bolus tag of an LF-RFID system. *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology 2008. ECTI-Con 2008. 5th International Conference on*, 2, 749-752.

- Fernández, C., Pascual, J.J., Piquer, O., Blas, E., & Cervera, C., (2008). Milk production prediction of dairy goats using multiple component system models. *Journal Applied of Animal Research* 34, 127-132.
- Frost, A.R., Schofield, C.P., Beulah, S.A., Mottram, T.T., Lines, J.A., & Wathes, C.M., (1997). A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 17 (2), 139-159.
- Henningsson, M., Ostergren, K., & Dejmek, P., (2005). The electrical conductivity of milk - The effect of dilution and temperature. *International Journal of Food Properties* 8, 15–22.
- ISO 5725-2 (1994). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. *ISO 5725-2*. Switzerland: International Standard.
- Kawas, J.R., Andrade-Montemayor, H., & Lu, C.D., (2010). Strategic nutrient supplementation of free-ranging goats. *Small Rumin. Res.* 89, 234–243.
- Morita, S., Sugita, S., Yamamoto, M., Hoshiba, S., & Uemura, T., (1999). Behavioral investigation of group rearing calves in automatic milk replacer feeding system. *Anim. Sci. J.* 70, 542–546.
- Ordolff, D., (2001). Introduction of electronics into milking technology *Computers and Electronics in Agriculture*, 30 (1-3), 125-149.
- Peacock, C., (2008). Dairy goat development in East Africa: A replicable model for smallholders?, *Small Ruminant Research*, 77, 2, 225-238.
- Peacock, C., & Sherman, D.M., (2010). Sustainable goat production-some global perspectives. *Small Rumin. Res.* 89, 70-80.
- Torrungrueng, D., Phongcharoenpanich, & C., Wouchoum, P., (2006). Design of RFID Antennas for Animal Identification. NECTEC, NSTDA.
- Urachada, K., Mitrpant, C., & Lowjun, P. (2007). Closing digital gap on RFID usage for better farm management. *PICMET 2007 Proceedings*, 1748-1755.
- Zaninelli, M., & Tangorra, F.M., (2007). Development and testing of a “free-flow” conductimetric milk meter. *Computers and Electronics in Agriculture* 57 (2), 166-176.